

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2549 [online]. แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th/statistic/yearbook49/> [17 มีนาคม 2551]

คณะกรรมการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร. 2545. พลังงานทดแทน เอทานอล และไบโอดีเซล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: แปลน พรินต์ติ้ง.

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวง. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.). 2549. รอบรู้...เรื่องราว ไบโอดีเซล. พิมพ์ครั้งที่ 1. สมุทรปราการ: พิมพ์พินิจ การพิมพ์.

ภาษาอังกฤษ

Ayesta, C.G., Carelli, A.A., and Ferreira, M.L. 2007. Relation between lipase structures and their catalytic ability to hydrolyse triglycerides and phospholipids. Enzyme and Microbial Technology 41: 35-43.

Balcao, V.M., Paiva, A.L., and Malcata, F.X. 1996. Review - Bioreactors with immobilized lipases: State of the art. Enzyme and Microbial Technology 18: 392-416.

Barnwal, B.K., and Sharma, M.P. 2005. Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India. Renewable & Sustainable Energy Reviews 9: 363-378.

Chang, S.W., Shawa, J.F., Yang, C.K., and Shieh, C.J. 2007. Optimal continuous biosynthesis of hexyl laurate by a packed bed bioreactor. Process Biochemistry 42: 1362-1366.

Chulalaksananukul, S., Chulalaksananukul, W., Rodriguez, P.L., and Combes, D. 2002. Long-term continuous synthesis of geranyl acetate in a column reactor with an immobilized lipase. Thai Journal of Agricultural Science 35: 9-16.

- Du, W., Xu, Y., Liu, D., and Zeng, J. 2004. Comparative study on lipase-catalyzed transformation of soybean oil for biodiesel production with different acyl acceptors. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic 30: 125-129.
- Dossat, V., Combes, D., and Marty, A. 1999. Continuous enzymatic transesterification of high oleic sunflower oil in a packed bed reactor: influence of the glycerol production. Enzyme and Microbial Technology 25: 194-200.
- Fogler, H.S. 2006. Elements of chemical reaction engineering. 4th edition. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Fukuda, H., Kondo, A., and Noda, H. 2001. Review - Biodiesel fuel production by transesterification of oils. Journal of Bioscience and Bioengineering 92, 5: 405-416.
- Gandhi, N.N. 1997. Review - Applications of lipase. Journal of the American Oil Chemists' Society 74: 621-634.
- Hama, S., Yamaji, H., Fukumizu, T., Numata, T., Tamalampudi, S., Kondo, A., Noda, H., and Fukuda, H. 2007. Biodiesel-fuel production in a packed-bed reactor using lipase-producing *Rhizopus oryzae* cells immobilized within biomass support particles. Biochemical Engineering Journal 34: 273-278.
- Martin, E.H., and Otero, C. 2008. Different enzyme requirements for the synthesis of biodiesel: Novozym 435 and Lipozyme TL IM. Bioresource Technology 99: 277-286.
- Kang, S.H., Lee, G.M., and Kim, B.G. 2000. Justification of continuous packed-bed reactor for retroviral vector production from amphotropic Ψ CRIP murine producer cell. Cytotechnology 34: 151-158.
- Kose, O., Tuter, M., and Aksoy, H.A. 2002. Immobilized *Candida antarctica* lipase-catalyzed alcoholysis of cotton seed oil in a solvent-free medium. Bioresource Technology 83: 125-129.
- Lai, C.C., Zullaikah, S., Vali, S.R., and Ju, Y.H. 2005. Lipase-catalyzed production of biodiesel from rice bran oil. Journal of Chemical Technology and Biotechnology 80: 331-337.

- Levenspiel, O. 1999. Chemical reaction engineering. 3rd edition. New York: John Wiley & Sons.
- Ma, F., and Hanna, M.A. 1999. Biodiesel production: a review. Bioresource Technology 70: 1-15.
- Marchetti, J.M., Miguel, V.U., and Errazu, A.F. 2007. Possible methods for biodiesel production. Renewable and Sustainable Energy Reviews 11: 1300-1311.
- Meher, L.C., Sagar, D.V., and Naik, S.N. 2006. Technical aspects of biodiesel production by transesterification-a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 10: 248-268.
- Nelson, L.A., Foglia, T.A., and Marmer, W.N. 1996. Lipase-catalyzed production of biodiesel. Journal of Chemical Technology and Biotechnology 73: 1191-1195.
- Ni, J., and Meunier, F.C. 2007. Esterification of free fatty acids in sunflower oil over solid acid catalysts using batch and fixed bed-reactors. Applied Catalysis A: General 333: 122-130.
- Nie, K., Xie, F., Wang, F., and Tan, T. 2006. Lipase catalyzed methanolysis to produce biodiesel: Optimization of the biodiesel production. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic 43: 142-147.
- Novozymes. 2008. PRODUCTS & SOLUTIONS: NOVOZYM® 435 [online]. แหล่งที่มา: <http://www.novozymes.com/en/MainStructure/ProductsAndSolutions/Oils+and+fats/Oil+based+specialties/Novozym+435/Novozym+435.htm> [17 มีนาคม 2551]
- Pinto, A.C., Guarieiro, L.L.N., Rezende, M.J.C., Ribeiro, N.M., Torres, E.A., Lopes, W.A., Pereira, P.A.P., and Andrade, J.B. 2005. Biodiesel: An Overview. Journal of the Brazilian Chemical Society 16: 1313-1330.
- Pleiss, J., Fischer, M., and Schmid, R.D. 1998. Anatomy of lipase binding sites: the scissile fatty acid binding site. Chemistry and Physics of Lipids 93: 67-80.

- Royon, D., Daz, M., Ellenrieder, G., and Locatelli, S. 2007. Enzymatic production of biodiesel from cotton seed oil using *t*-butanol as a solvent. Bioresource Technology 98: 648-653.
- SaFilho, H.L., Rotenberg, B., Albuquerque, S.F., Mendonca, M.C.G., and Medeiros, P.R.S. 1979. Informativo do INT 12: 29. Cited in Pinto, A.C., Guarieiro, L.L.N., Rezende, M.J.C., Ribeiro, N.M., Torres, E.A., Lopes, W.A., Pereira, P.A.P., and Andrade, J.B. 2005. Biodiesel: An overview. Journal of the Brazilian Chemical Society 16: 1313-1330.
- Schuchardt, U., Sercheli, R., and Vargas, R.M. 1998. Transesterification of vegetable oils: a review. Journal of the Brazilian Chemical Society 9: 199-210.
- Shimada, Y., Watanabe, Y., Samukawa, T., Sugihara, A., Noda, H., Fukuda, H., and Tominaga, Y. 1999. Conversion of vegetable oil to biodiesel using immobilized *Candida antarctica* lipase. Journal of the American Oil Chemists' Society 76: 789-793.
- Srivastava, A. and Prasad, R. 2000. Triglycerides-based diesel fuels. Renewable and Sustainable Energy Reviews 4: 111-133.
- Suppes, G.J., Dasari, M.A., Doslak, E.J., Mankidy, P.J., and Goff, M.J. 2004. Transesterification of soybean oil with zeolite and metal catalysts. Applied Catalysis A: General 257: 213-223.
- Villeneuve, P., Muderhwa, J.M., Graille, J., and Haas, M.J. 2000. Review - Customizing lipases for biocatalysis: a survey of chemical, physical and molecular biological approaches. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic 9: 113-148.
- Wang, L., Du, W., Liu, D, Li, L., and Dai, N. 2006. Lipase-catalyzed biodiesel production from soybean oil deodorizer distillate with absorbent present in *tert*-butanol system. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic 43: 29-32.

- Watanabe, Y., Shimada, Y., Sugihara, A., Noda, H., Fukuda, H., and Tominaga, Y. 2000. Continuous production of biodiesel fuel from vegetable oil using immobilized *Candida antarctica* lipase. Journal of the American Oil Chemists' Society 77: 355-360.
- Watanabe, Y., Miyawaki, Y., Adachi, S., Nakanishi, K., and Matsuno, R. 2001. Continuous production of acyl mannosides by immobilized lipase using a packed-bed reactor and their surfactant properties. Biochemical Engineering Journal 8: 213-216.
- Watanabe, Y., Shimada, Y., Sugihara, A., and Tominaga, Y. 2001. Enzymatic conversion of waste edible oil to biodiesel fuel in a fixed-bed bioreactor. Journal of the American Oil Chemists' Society 78: 703-707.
- Watanabe, Y., Shimada, Y., Sugihara, A., and Tominaga, Y. 2002. Conversion of degummed soybean oil to biodiesel fuel with immobilized *Candida antarctica* lipase. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic 17: 151-155.
- Winayanuwattikun, P., Kaewpiboon, C., Piriyananon, K., Tantong, S., Thakernkarnkit, W., Chulalaksananukul, W., and Yongvanich, T. 2008. Potential Plant Oil Feedstock for Lipase-catalyzed Biodiesel Production in Thailand. Biomass and Bioenergy (accepted for publication on 20th March 2008).

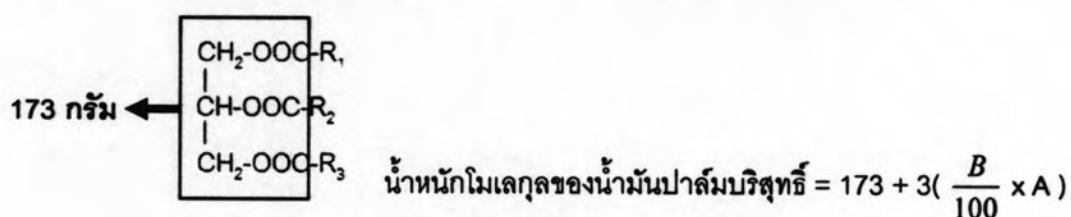
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การคำนวณ

1. การคำนวณน้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

การคำนวณน้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์นั้น คำนวณจากน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ตามสมการข้างล่าง



เมื่อ A คือ น้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันแต่ละชนิด - 45

B คือ เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันแต่ละชนิด

ตัวอย่าง

จากตารางที่ ข-1 แทนค่าเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันแต่ละชนิดในน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์} &= 173 + 3 \left[\left(\frac{0.59}{100} \times 155.29 \right) + \left(\frac{0.96}{100} \times 183.35 \right) + \right. \\ &\quad \left(\frac{38.67}{100} \times 211.40 \right) + \left(\frac{0.11}{100} \times 209.38 \right) + \\ &\quad \left(\frac{3.32}{100} \times 239.17 \right) + \left(\frac{45.45}{100} \times 237.43 \right) + \\ &\quad \left(\frac{10.87}{100} \times 235.42 \right) + \left(\frac{0.20}{100} \times 233.40 \right) + \\ &\quad \left. \left(\frac{0.23}{100} \times 267.19 \right) + \left(\frac{0.02}{100} \times 295.21 \right) \right] \\ &= 854.72 \end{aligned}$$

ดังนั้น น้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ = 854.72 กรัม

ตารางที่ ก-1 องค์ประกอบของกรดไขมัน ค่าการเกิดสบู่ (Saponification Number, SN) ค่าไอโอดีน (Iodine Value, IV) และค่าซีเทน (Cetane Number, CN) ของไบโอดีเซล (FAME) จากน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดพืชที่สามารถรับประทานได้ (Winayanuwattikun และคณะ, 2008)

ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	SN	IV	CN	องค์ประกอบของกรดไขมันอิสระ (%)
ปาล์ม (palm)	<i>Elaeis guineensis</i>	207	60.07	59.11	12:0(0.59), 14:0(0.96), 16:0(38.67), 16:1(0.11), 18:0(3.32), 18:1(45.45), 18:2(10.87), 18:3(0.20), 20:0(0.23), 22:0(0.02)

2. การคำนวณอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อเมทานอล

หาน้ำหนักของเมทานอล จากสูตร
$$Y = \frac{(A)(B)(MW_{MeOH})}{MW_{RPO}}$$

เมื่อ Y คือ น้ำหนักของเมทานอล

A คือ น้ำหนักของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์จากการชั่ง

B คือ อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอล

MW_{RPO} คือ น้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ เท่ากับ 854.72 กรัม

MW_{MeOH} คือ น้ำหนักโมเลกุลของเมทานอล เท่ากับ 32.04 กรัม

ตัวอย่าง 2.1 กำหนดอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อเมทานอล เท่ากับ 1 : 3 จากนั้นชั่งน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ประมาณ 300 มิลลิลิตรหนัก 258.55 กรัม

จะได้
$$Y = \frac{(258.55)(3)(32.04)}{854.72} = 29.08$$

ดังนั้น น้ำหนักของเมทานอล เท่ากับ 29.08 กรัม

หาปริมาตรของเมทานอล จากสูตร
$$Z = \frac{Y}{D}$$

เมื่อ Z คือ ปริมาตรของเมทานอล

Y คือ น้ำหนักของเมทานอล

D คือ ค่าความหนาแน่นของเมทานอล เท่ากับ 791 กรัมต่อลิตร

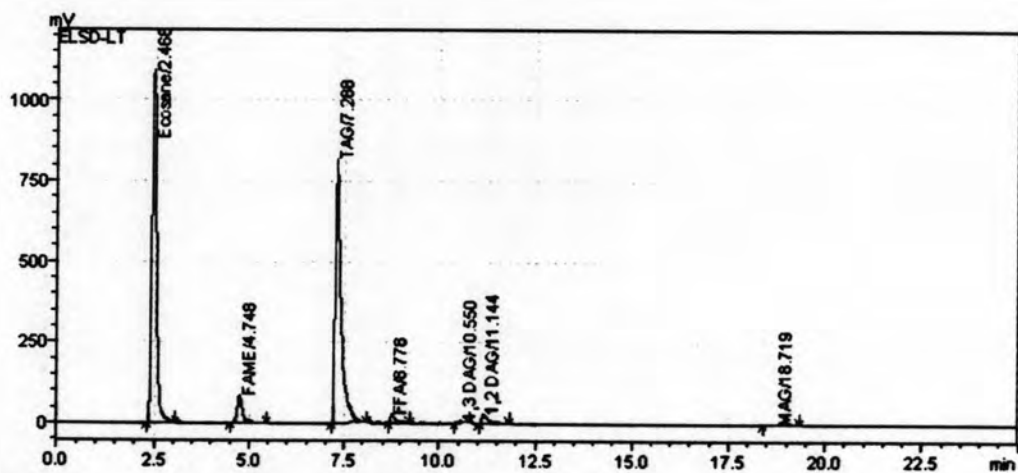
ตัวอย่าง 2.2 จากตัวอย่าง 2.1 ได้น้ำหนักของเมทานอล เท่ากับ 29.08 กรัม

$$\text{จะได้} \quad Z = \frac{(29.08)(1000)}{791} = 36.76$$

ดังนั้น ปริมาตรของเมทานอล เท่ากับ 36.76 มิลลิลิตร

3. การคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์

ตัวอย่าง 3.1 จากการทดลองเรื่องการผลิตไบโอดีเซลอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์กับ เมทานอลที่เร่งปฏิกิริยาด้วยโนโวไซม์ 435 ตรังรูป ในเครื่องปฏิกรณ์แบบคอลัมน์แบบบรรจุ 3 คอลัมน์ ณ เวลาการผลิตชั่วโมงที่ 83.33 ของคอลัมน์ที่ 3



รูปที่ ก-1 โครมาโทแกรมขององค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทรานส์-เอสเตอร์ฟิเคชันของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์กับเมทานอลที่เร่งโดยโนโวไซม์ 435 ตรังรูป ด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบคอลัมน์แบบบรรจุ ซึ่งมีปัจจัยควบคุม คือ ลักษณะของเครื่องปฏิกรณ์แบบคอลัมน์แบบบรรจุเป็นการบรรจุคอลัมน์แบบผสมโนโวไซม์ 435 และเม็ดแก้ว อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อ เมทานอล เท่ากับ 1 : 1 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา เท่ากับ 50 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของสารละลายผสมของสารตั้งต้น เท่ากับ 0.20 มิลลิลิตรต่ออนาที และปริมาณ

โนโวไซม์ 435 เท่ากับ 0.5 กรัม โดยมีอัตราส่วนโดยน้ำหนักของปริมาณโนโวไซม์ 435 ต่อเม็ดแก้ว เป็น 1 : 4

ตารางที่ ก-2 ข้อมูลจากโครมาโทแกรมในรูปที่ ก-1

พีคลำดับที่	ชื่อสาร	รีเทนชัน ไทม์ (นาที)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)	พื้นที่ใต้กราฟ
1	Ecosane	2.468	-	9,745,656
2	FAME	4.748	2.5032	797,319
3	TAG	7.288	2.2105	8,830,028
4	FFA	8.778	0.0000	251,450
5	1,3 DAG	10.550	0.0247	62,683
6	1,2 DAG	11.144	0.1518	300,744
7	MAG	18.719	0.0873	19,906

แทนค่าจากตารางที่ ก-2 ในสมการต่อไปนี้

$$\% \text{ Conversion} = \frac{[\text{FAME}] \times 100}{3[\text{TAG}] + 2[1, 3 \text{ DAG}] + 2[1, 2 \text{ DAG}] + [\text{MAG}] + [\text{FFA}] + [\text{FAME}]}$$

- เมื่อ % Conversion คือ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์
- [FAME] คือ ความเข้มข้นของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันจากโครมาโทแกรม
- [TAG] คือ ความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์จากโครมาโทแกรม
- [1, 3 DAG] คือ ความเข้มข้นของ 1, 3 ไดกลีเซอไรด์จากโครมาโทแกรม
- [1, 2 DAG] คือ ความเข้มข้นของ 1, 2 ไดกลีเซอไรด์จากโครมาโทแกรม
- [MAG] คือ ความเข้มข้นของโมโนกลีเซอไรด์จากโครมาโทแกรม
- [FFA] คือ ความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระจากโครมาโทแกรม

$$\text{ได้ } \% \text{ Conversion} = \frac{2.5032 \times 100}{3(2.2105) + 2(0.0247) + 2(0.1518) + 0.0873 + 0 + 2.5032}$$

$$= 26.14$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ คือ 26.14 เปอร์เซ็นต์

4. การคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไตรกลีเซอไรด์ 1, 3 ไคกลีเซอไรด์ 1, 2 ไคกลีเซอไรด์ โมโน-
กลีเซอไรด์ และกรดไขมันอิสระ คำนวณได้จากสมการ

$$\% \text{ Conversion} = \frac{3[\text{TAG}] \text{ หรือ } 2[1, 3 \text{ DAG}] \text{ หรือ } 2[1, 2 \text{ DAG}] \text{ หรือ } [\text{MAG}] \text{ หรือ } [\text{FFA}] \times 100}{3[\text{TAG}] + 2[1, 3 \text{ DAG}] + 2[1, 2 \text{ DAG}] + [\text{MAG}] + [\text{FFA}] + [\text{FAME}]}$$

เมื่อ % Conversion	คือ	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง
[FAME]	คือ	ความเข้มข้นของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันจากโครมาโทแกรม
[TAG]	คือ	ความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์จากโครมาโทแกรม
[1, 3 DAG]	คือ	ความเข้มข้นของ 1, 3 ไคกลีเซอไรด์จากโครมาโทแกรม
[1, 2 DAG]	คือ	ความเข้มข้นของ 1, 2 ไคกลีเซอไรด์จากโครมาโทแกรม
[MAG]	คือ	ความเข้มข้นของโมโนกลีเซอไรด์จากโครมาโทแกรม
[FFA]	คือ	ความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระจากโครมาโทแกรม

ตัวอย่าง 4.1 จากข้อมูลในตารางที่ ก-2 แทนค่าหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไตรกลีเซอไรด์ได้
จากสมการข้างต้น

$$\begin{aligned} \text{ได้ } \% \text{ Conversion} &= \frac{3(2.2105) \times 100}{3(2.2105) + 2(0.0247) + 2(0.1518) + 0.0873 + 0 + 2.5032} \\ &= 69.26 \end{aligned}$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไตรกลีเซอไรด์ คือ 69.26 เปอร์เซ็นต์

5. การคำนวณอัตราการผลิต

$$\text{คำนวณได้จากสูตร} \quad P = \left(\frac{\text{FAME}_{\text{ave}} \times D}{10^3} \right) \left(\frac{\text{FR} \times 60}{E} \right)$$

เมื่อ P คือ อัตราการผลิต (มิลลิโมลต่อกรัมต่อชั่วโมง)

FAME_{ave} คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (มิลลิโมลาร์)

D คือ Dilution factor จากการวิเคราะห์ด้วย HPLC เท่ากับ 500/3

FR คือ อัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อนาที)

E คือ ปริมาณโนโวไซม์ 435 (กรัม)

ตัวอย่าง 5.1 จากการทดลองเรื่องการผลิตไบโอดีเซลอย่างต่อเนื่อง โดยใช้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์กับเมทานอลที่เร่งปฏิกิริยาด้วยโนโวไซม์ 435 ตรังรูป ในเครื่องปฏิกรณ์แบบคอลัมน์เบดบรรจุ 3 คอลัมน์ ณ เวลาการผลิตชั่วโมงที่ 83.33 ของคอลัมน์ที่ 3 ได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ ก-3

ตารางที่ ก-3 ข้อมูลจากการทดลองเรื่องการผลิตไบโอดีเซลอย่างต่อเนื่อง โดยใช้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์กับเมทานอลที่เร่งปฏิกิริยาด้วยโนโวไซม์ 435 ตรังรูป ในเครื่องปฏิกรณ์แบบคอลัมน์เบดบรรจุ 3 คอลัมน์ ณ เวลาการผลิตชั่วโมงที่ 83.33 ของคอลัมน์ที่ 3

เวลา (นาที)	เวลา (ชั่วโมง)	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์	ความเข้มข้นของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (มิลลิโมลาร์)
0.0000	0.0000	17.3772	2.1037
10.0000	0.1667	20.8021	2.3662
20.0000	0.3333	23.1569	2.5455
30.0000	0.5000	27.1010	3.0829
40.0000	0.6667	24.8663	2.2638
50.0000	0.8333	23.4982	2.2744

ตารางที่ ก-3 (ต่อ)

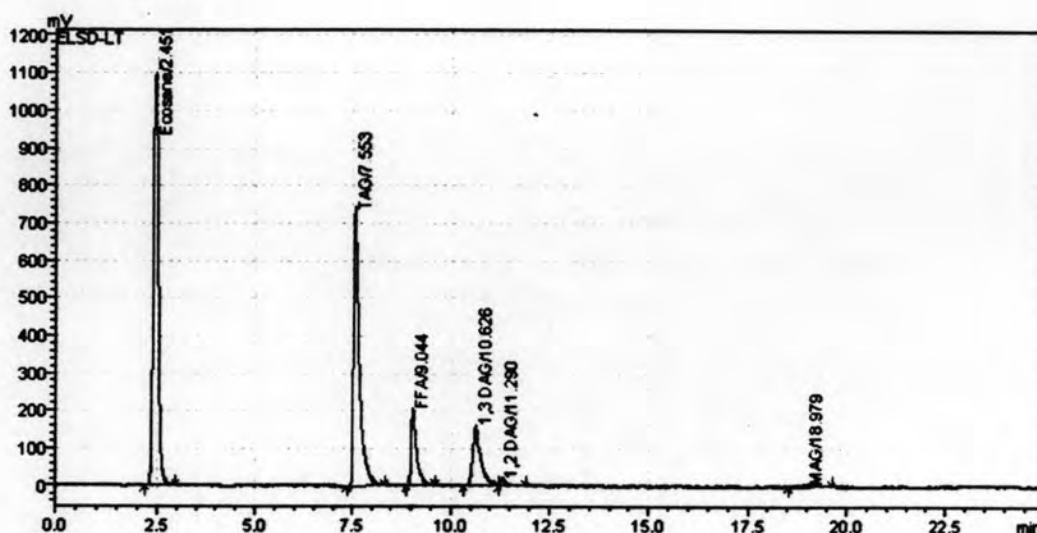
เวลา (นาทีก)	เวลา (ชั่วโมง)	เปอร์เซ็นต์การ เปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์	มิลลิโมลของเมทิล เอสเทอร์ของ กรดไขมันต่อลิตร
	1.0000	21.6311	2.3629
	1.5000	21.8529	2.5575
	2.0000	20.9138	2.4938
	2.5000	22.5280	2.4089
	3.0000	24.2906	2.5721
	5.0000	24.9558	2.4067
	9.0000	21.6608	2.4962
	16.0000	21.9365	2.4647
	24.0000	22.6904	2.4841
	36.0000	24.8567	2.6135
	48.0000	24.2499	2.4657
	60.0000	23.7024	2.8806
	72.0000	24.0816	2.5480
	83.3333	26.1431	2.5032
ค่าเฉลี่ยรวม		23.4167	2.5153

ดังนั้น

$$P = \frac{(2.5153)(500)(0.20)(60)}{(10^3)(3)(0.5)}$$

$$= 10.06 \text{ มิลลิโมลต่อกรัมต่อชั่วโมง}$$

5. โครมาโทแกรม



รูปที่ ก-2 โครมาโทแกรมของสิ่งจุดต้นจากคอลัมน์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์กับเมทานอลที่เร่งโดยไนโอไซม์ 435 ตรังรูป ด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบคอลัมน์เบดบรรจุ ซึ่งมีปัจจัยควบคุม คือ ลักษณะของเครื่องปฏิกรณ์แบบคอลัมน์เบดบรรจุเป็นการบรรจุคอลัมน์แบบผสมไนโอไซม์ 435 และเม็ดแก้ว อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อเมทานอล เท่ากับ 1 : 1 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา เท่ากับ 50 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของสารละลายผสมของสารตั้งต้น เท่ากับ 0.06 มิลลิลิตรต่อนาที และปริมาณไนโอไซม์ 435 เท่ากับ 1 กรัม โดยมีอัตราส่วนโดยน้ำหนักของปริมาณไนโอไซม์ 435 ต่อเม็ดแก้ว เป็น 1 : 4

ตารางที่ ก-4 ข้อมูลจากโครมาโทแกรมในรูปที่ ก-2

พีคลำดับที่	ชื่อสาร	รีเทนชัน ไทม์ (นาที)	ความเข้มข้น (มิลลิโมล)	พื้นที่ใต้กราฟ
1	Ecosane	2.463	-	10,059,860
2	FAME	4.545	-	-
3	TAG	7.249	1.8697	7,674,029
4	FFA	8.556	0.9142	2,031,449
5	1,3 DAG	10.756	0.9867	2,222,313
6	1,2 DAG	11.285	0.1269	262,046
7	MAG	19.731	0.1890	153,410

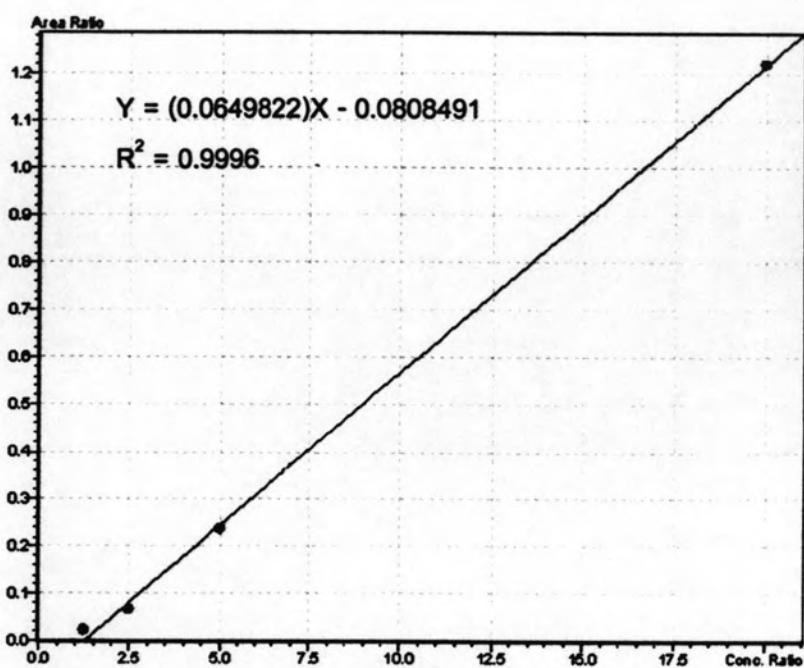
ภาคผนวก ข

HPLC

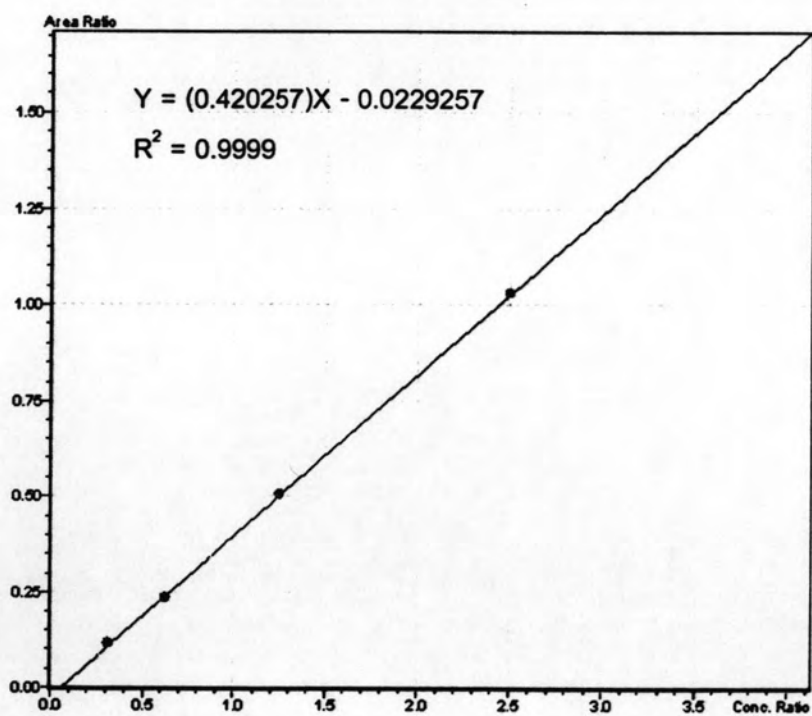
เตรียมสารละลายมาตรฐานของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (เมทิลปาล์มมิเตต เมทิลลิโนเลอิต เมทิลสเตียเรต และเมทิลโอเลอิต) ไตรกลีเซอไรด์ (ไตรโอเลอีน) 1, 3 ไดกลีเซอไรด์ (1, 3 ไดโอเลอีน) 1, 2 ไดกลีเซอไรด์ (1, 2 ไดโอเลอีน) โมโนกลีเซอไรด์ (โมโนโอเลอีน) และกรดไขมันอิสระ (กรดปาล์มมิติก กรดลิโนเลอิก กรดสเตียริก และกรดโอเลอิก) ดังในตารางที่ ข-1 โดยใช้อิโคเซนเป็นสารละลายมาตรฐานภายใน ใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย กราฟมาตรฐานแสดงในรูปที่ ข-1 – ข-6 และโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานภายในแสดงในรูปที่ ข-7

ตารางที่ ข-1 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานทั้งหมด

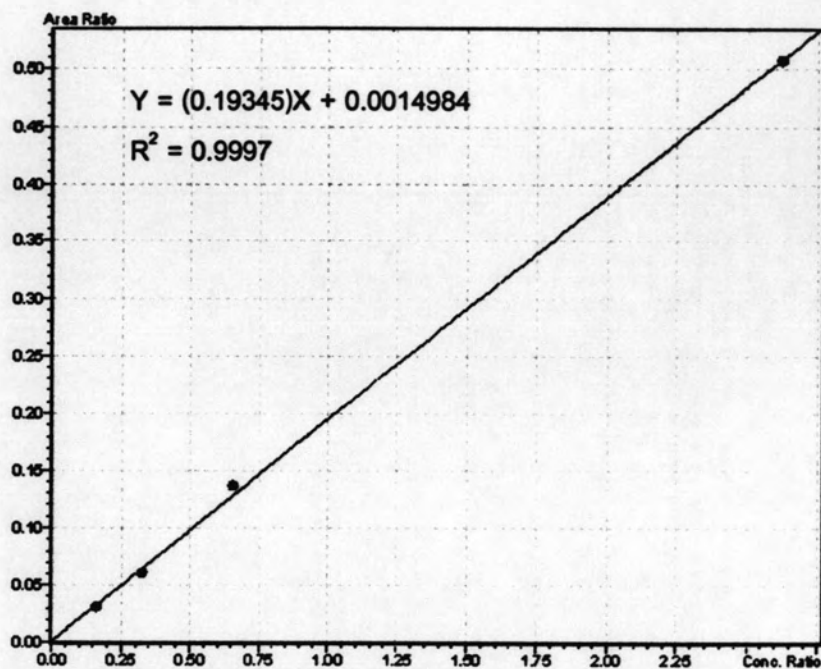
สารละลายมาตรฐาน	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)				
	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าที่ 4	ค่าที่ 5
อิโคเซน	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน	1.2500	2.5000	5.0000	10.0000	20.0000
ไตรกลีเซอไรด์	0.3125	0.6250	1.2500	2.5000	5.0000
กรดไขมันอิสระ	0.6250	1.2500	2.5000	5.0000	10.0000
1, 3 ไดกลีเซอไรด์	0.1328	0.2656	0.5313	1.0625	2.1250
1, 2 ไดกลีเซอไรด์	0.1641	0.3281	0.6563	1.3125	2.6250
โมโนกลีเซอไรด์	0.3125	0.6250	1.2500	2.5000	5.0000



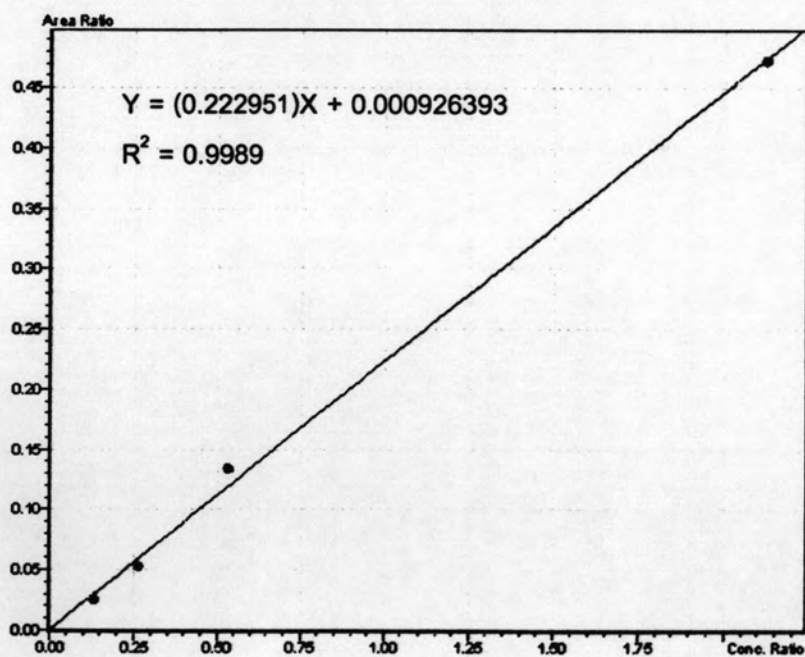
รูปที่ ข-1 กราฟมาตรฐานของเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน



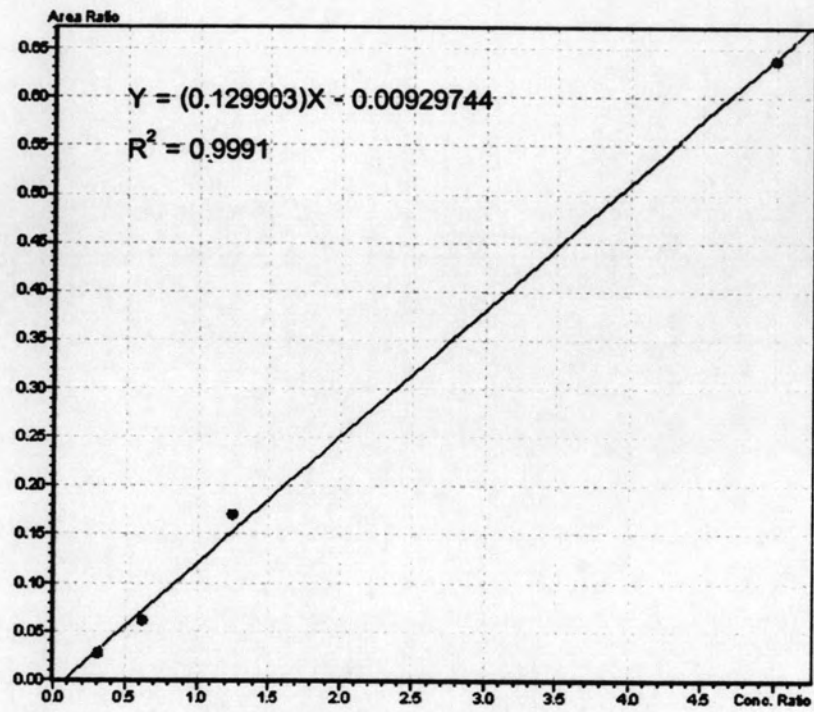
รูปที่ ข-2 กราฟมาตรฐานของไตรกลีเซอไรด์



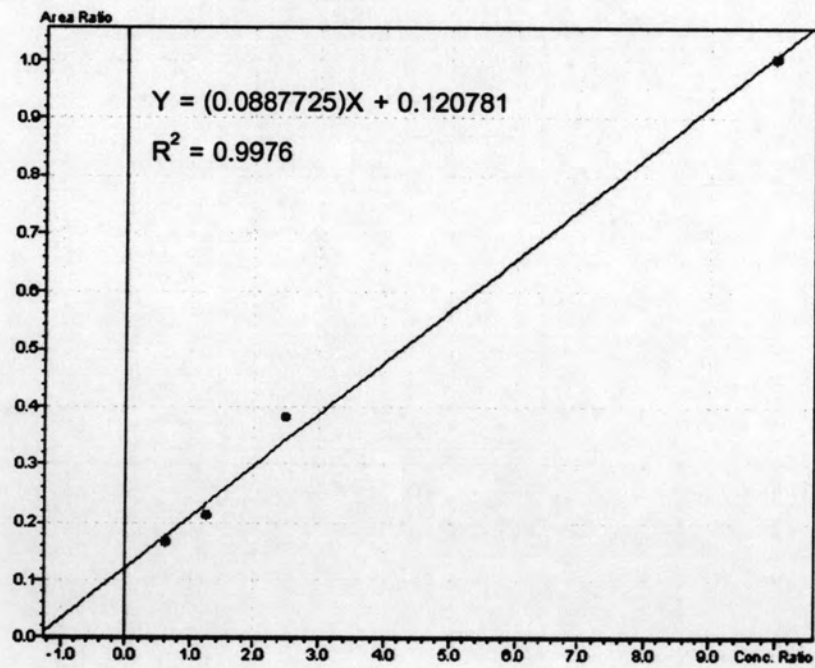
รูปที่ ข-3 กราฟมาตรฐานของ 1, 3 ไดกสิเซอไรด์



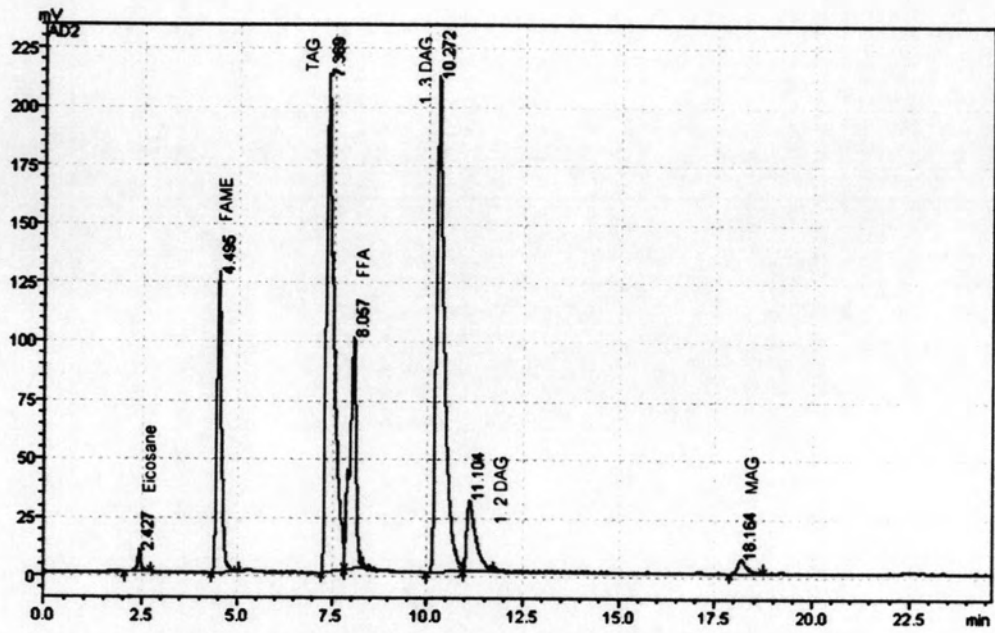
รูปที่ ข-4 กราฟมาตรฐานของ 1, 2 ไดกสิเซอไรด์



รูปที่ ข-5 กราฟมาตรฐานของโมโนคลอรีเอท



รูปที่ ข-6 กราฟมาตรฐานของกรดไคลโมนอสิส



รูปที่ ข-7 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน

ภาคผนวก ค

ข้อมูล

ตารางที่ ค-1 ข้อมูลจากการศึกษาประเภทของการบรรจุคอด้มน์

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไดกลีเซอไรด์	1, 3 ไดกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(ก.1)	0.1667	1.2635	0.0872	0.0624	0.0655	4.4045	0.0000	8.5257
	0.3333	1.3521	0.0962	0.1250	0.0764	3.3268	0.0000	11.4283
	0.5000	1.3817	0.0942	0.1456	0.1012	3.3437	0.0000	11.5133
	0.6667	1.3629	0.0909	0.1124	0.0947	3.2525	0.0000	11.7236
	0.8333	1.3795	0.0931	0.1674	0.1328	4.3568	0.0000	9.1094
	1.0000	1.4150	0.0903	0.1436	0.1191	3.6801	0.0000	10.8253
	1.5000	1.4908	0.0943	0.1307	0.0898	3.7301	0.0000	11.2796
	2.0000	1.4555	0.0938	0.1412	0.0798	3.7337	0.0000	11.0330
	2.5000	1.4432	0.0886	0.1451	0.0805	3.8416	0.0000	10.6841
	3.0000	1.4264	0.0865	0.1391	0.0807	3.4723	0.0000	11.5318
	5.0000	1.5112	0.0904	0.1449	0.0911	3.3237	0.0000	12.5464
	9.0000	1.4733	0.0867	0.1423	0.0747	3.5152	0.0000	11.7490
	16.0000	1.3683	0.0892	0.1309	0.0840	3.2499	0.0000	11.7581
	24.0000	1.4305	0.0900	0.1478	0.0987	3.5097	0.0000	11.4049
(ก.2)	0.1667	1.3165	0.0904	0.1691	0.0962	3.5873	0.0000	10.3669

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไดกลีเซอไรด์	1, 3 ไดกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(ก.2)	0.3333	1.3903	0.0895	0.1714	0.1120	3.4405	0.0000	11.2412
	0.5000	1.4829	0.0866	0.1772	0.1506	3.5652	0.0000	11.4771
	0.6667	1.4532	0.0846	0.1982	0.1395	3.4144	0.0000	11.6667
	0.8333	1.4980	0.0859	0.2612	0.1840	4.3977	0.0000	9.5615
	1.0000	1.4789	0.0877	0.2162	0.1469	3.7952	0.0000	10.8117
	1.5000	1.5342	0.0840	0.1817	0.1068	3.4991	0.0000	12.0875
	2.0000	1.6321	0.1000	0.2030	0.1217	5.4091	0.0000	9.7706
	2.5000	1.5896	0.0881	0.1912	0.0783	3.7792	0.0000	11.7278
	3.0000	1.5336	0.0911	0.1523	0.0548	3.3773	0.0000	12.6002
	5.0000	1.4964	0.0826	0.1478	0.0550	3.4959	0.0000	11.9976
	9.0000	1.7283	0.0925	0.2162	0.1107	4.5984	0.0000	10.6228
	16.0000	1.6373	0.0944	0.2445	0.1540	5.1285	0.0000	9.1397
	24.0000	1.4562	0.0831	0.1296	0.0771	3.3239	0.0000	12.2121

หมายเหตุ (ก.1) คือ การบรรจุคอแลมน์แบบแยกโนโวไซม์ 435 และเม็ดแก้ว

(ก.2) คือ การบรรจุคอแลมน์แบบผสมโนโวไซม์ 435 และเม็ดแก้ว

ตารางที่ ค-2 ข้อมูลจากการศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อเมทานอล

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไตรกลีเซอไรด์	1, 3 ไตรกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(ข.1)	0.1667	1.3165	0.0904	0.1691	0.0962	3.5873	0.0000	10.3669
	0.3333	1.3903	0.0895	0.1714	0.1120	3.4405	0.0000	11.2412
	0.5000	1.4829	0.0866	0.1772	0.1506	3.5652	0.0000	11.4771
	0.6667	1.4532	0.0846	0.1982	0.1395	3.4144	0.0000	11.6667
	0.8333	1.4980	0.0859	0.2612	0.1840	4.3977	0.0000	9.5615
	1.0000	1.4789	0.0877	0.2162	0.1469	3.7952	0.0000	10.8117
	1.5000	1.5342	0.0840	0.1817	0.1068	3.4991	0.0000	12.0875
	2.0000	1.6321	0.1000	0.2030	0.1217	5.4091	0.0000	8.7706
	2.5000	1.5896	0.0881	0.1912	0.0783	3.7792	0.0000	11.7278
	3.0000	1.5336	0.0911	0.1523	0.0548	3.3773	0.0000	12.6002
	5.0000	1.4964	0.0826	0.1478	0.0550	3.4959	0.0000	11.9976
	9.0000	1.7283	0.0925	0.2162	0.1107	4.5984	0.0000	10.6228
	16.0000	1.6373	0.0944	0.2445	0.1540	5.1285	0.0000	9.1397
	24.0000	1.4562	0.0831	0.1296	0.0771	3.3239	0.0000	12.2121
(ข.2)	0.1667	1.4932	0.1060	0.0676	0.1425	3.5672	0.0000	11.7379
	0.3333	1.7614	0.1236	0.2098	0.2363	4.2995	0.0000	11.2363
	0.5000	2.0715	0.1013	0.2141	0.2016	5.1012	0.0000	11.3150
	0.6667	2.5019	0.0912	0.1412	0.1089	2.9692	0.0000	14.5081
	0.8333	2.7377	0.0933	0.1570	0.0872	3.1764	0.0000	16.4787
	1.0000	2.5803	0.0949	0.1483	0.0758	2.8383	0.0000	15.4958

ตารางที่ ค-2 (ต่อ)

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไดกลีเซอไรด์	1, 3 ไดกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(ข.2)	1.5000	3.1528	0.0967	0.0792	0.0362	2.8498	0.0000	17.0368
	2.0000	1.9864	0.0760	0.2286	0.0000	3.9187	0.0000	17.7910
	2.5000	1.7145	0.0000	0.1839	0.0000	2.7708	0.0000	16.4942
	3.0000	1.6140	0.0000	0.1981	0.0000	3.0163	0.0000	14.5945
	5.0000	1.4952	0.0000	0.1778	0.0000	2.8715	0.0000	14.2875
	9.0000	1.4873	0.0000	0.1800	0.0000	2.9384	0.0000	13.9488
	16.0000	1.4525	0.0774	0.2319	0.0000	3.1368	0.0000	12.7369
	24.0000	1.4328	0.0808	0.3180	0.0017	3.0938	0.0000	12.5308
(ข.3)	0.1667	1.3497	0.0836	0.0586	0.0610	3.4659	0.0000	11.1820
	0.3333	1.5533	0.0834	0.1055	0.0400	2.5461	0.0000	14.1402
	0.5000	1.6158	0.0870	0.2298	0.0434	4.5631	0.0000	16.2371
	0.6667	1.6350	0.0794	0.2913	0.0151	4.3731	0.0000	17.0505
	0.8333	1.9339	0.0764	0.2194	0.0130	3.2581	0.0000	13.5423
	1.0000	1.8400	0.0791	0.3026	0.0169	3.7356	0.0000	12.0575
	1.5000	1.5285	0.0798	0.3208	0.0198	3.7877	0.0000	11.8960
	2.0000	1.4799	0.0796	0.3242	0.0256	4.0350	0.0000	11.7560
	2.5000	1.3708	0.0793	0.2470	0.0294	3.4090	0.0000	11.1959
	3.0000	1.2763	0.0838	0.2538	0.0938	3.2422	0.0000	10.8323
	5.0000	0.0000	0.0767	0.1798	0.1430	3.2685	0.0000	0.0000
	9.0000	0.0000	0.0000	0.1091	0.1131	2.9711	0.0000	0.0000

ตารางที่ ค-2 (ต่อ)

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไดกลีเซอไรด์	1, 3 ไดกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(ข.4)	16.0000	0.0000	0.0000	0.1058	0.1143	2.8791	0.0000	0.0000
	24.0000	0.0000	0.0000	0.0837	0.1081	2.9371	0.0000	0.0000
	0.1667	1.4095	0.0938	0.1904	0.0698	5.2444	0.0000	7.9379
	0.3333	1.6579	0.0871	0.1639	0.0319	3.3035	0.0000	13.7619
	0.5000	1.8355	0.0000	0.1883	0.0139	3.3712	0.0000	14.8581
	0.6667	1.6832	0.0000	0.2067	0.0099	3.2024	0.0000	14.3574
	0.8333	1.5743	0.0000	0.2790	0.0140	3.2604	0.0000	13.1831
	1.0000	1.4445	0.0000	0.2147	0.0253	3.0886	0.0000	12.9089
	1.5000	1.4606	0.0000	0.3668	0.0419	4.2784	0.0000	9.6644
	2.0000	1.3061	0.0000	0.2531	0.1001	3.5488	0.0000	10.3179
	2.5000	0.0000	0.0000	0.2276	0.1306	3.7993	0.0000	0.0000
	3.0000	0.0000	0.0000	0.3008	0.2242	5.0945	0.0000	0.0000
	5.0000	0.0000	0.0000	0.1657	0.1359	3.4209	0.0000	0.0000
	9.0000	0.0000	0.0000	0.1058	0.1151	2.9358	0.0000	0.0000
	16.0000	0.0000	0.0000	0.1572	0.1773	3.9824	0.0000	0.0000
	24.0000	0.0000	0.0000	0.1176	0.1474	3.2710	0.0000	0.0000
(ข.5)	0.1667	1.3053	0.0813	0.1721	0.0226	4.0196	0.0000	9.4347
	0.3333	1.4492	0.0749	0.1716	0.0188	3.0462	0.0000	13.1224
	0.5000	1.4169	0.0835	0.1934	0.0360	3.0443	0.0000	12.7738
	0.6667	1.3068	0.0803	0.2187	0.0609	3.7152	0.0000	9.9819

ตารางที่ ค-2 (ต่อ)

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไตรกลีเซอไรด์	1, 3 ไตรกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(ข.5)	0.8333	1.2696	0.0795	0.1823	0.0634	3.0613	0.0000	11.5167
	1.0000	1.2555	0.0805	0.1851	0.0771	3.1397	0.0000	11.1309
	1.5000	0.0000	0.0000	0.0857	0.0636	2.2660	0.0000	0.0000
	2.0000	0.0000	0.0000	0.0681	0.0613	2.3850	0.0000	0.0000
	2.5000	0.0000	0.0000	0.0753	0.1019	2.7378	0.0000	0.0000
	3.0000	0.0000	0.0000	0.0751	0.0758	2.3114	0.0000	0.0000
	5.0000	0.0000	0.0000	0.0696	0.0859	2.4807	0.0000	0.0000
	9.0000	0.0000	0.0000	0.0676	0.0859	2.4397	0.0000	0.0000
	16.0000	0.0000	0.0000	0.0998	0.1462	4.0199	0.0000	0.0000
	24.0000	0.0000	0.0000	0.1199	0.1567	3.4149	0.0000	0.0000

หมายเหตุ (ข.1) คือ อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อเมทานอล เท่ากับ 1 : 0.5

(ข.2) คือ อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อเมทานอล เท่ากับ 1 : 1

(ข.3) คือ อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อเมทานอล เท่ากับ 1 : 1.5

(ข.4) คือ อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อเมทานอล เท่ากับ 1 : 2

(ข.5) คือ อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อเมทานอล เท่ากับ 1 : 3

ตารางที่ ค-3 ข้อมูลจากการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการทำปฏิกิริยา

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไดกลีเซอไรด์	1, 3 ไดกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(ค.1)	0.1667	1.3053	0.0813	0.1721	0.0226	4.0196	0.0000	9.4347
	0.3333	1.4492	0.0749	0.1716	0.0188	3.0462	0.0000	13.1224
	0.5000	1.4169	0.0835	0.1934	0.0360	3.0443	0.0000	12.7738
	0.6667	1.3068	0.0803	0.2187	0.0609	3.7152	0.0000	9.9819
	0.8333	1.2696	0.0795	0.1823	0.0634	3.0613	0.0000	11.5167
	1.0000	1.2555	0.0805	0.1851	0.0771	3.1397	0.0000	11.1309
	1.5000	0.0000	0.0000	0.0857	0.0636	2.2660	0.0000	0.0000
	2.0000	0.0000	0.0000	0.0681	0.0613	2.3850	0.0000	0.0000
	2.5000	0.0000	0.0000	0.0753	0.1019	2.7378	0.0000	0.0000
	3.0000	0.0000	0.0000	0.0751	0.0758	2.3114	0.0000	0.0000
	5.0000	0.0000	0.0000	0.0696	0.0859	2.4807	0.0000	0.0000
	9.0000	0.0000	0.0000	0.0676	0.0859	2.4397	0.0000	0.0000
	16.0000	0.0000	0.0000	0.0998	0.1462	4.0199	0.0000	0.0000
	24.0000	0.0000	0.0000	0.1199	0.1567	3.4149	0.0000	0.0000
(ค.2)	0.1667	1.3830	0.0893	0.1298	0.0307	2.7984	0.0000	13.5745
	0.3333	1.6799	0.0882	0.1382	0.0194	2.4997	0.0000	17.5316
	0.5000	1.7668	0.0847	0.1472	0.0062	2.2008	0.0000	20.1670
	0.6667	1.4387	0.0891	0.1516	0.0218	2.0165	0.0000	18.1566
	0.8333	1.3861	0.0982	0.2179	0.0611	2.8476	0.0000	13.0948
	1.0000	1.3201	0.0957	0.1523	0.0554	2.1846	0.0000	15.7441
	1.5000	0.0000	0.0777	0.1145	0.0950	2.2071	0.0000	0.0000

ตารางที่ ค-3 (ต่อ)

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเฮลเทอริของกรดไขมัน	โมนอกลิเซอไรด์	1, 2 ไดกลีเซอไรด์	1, 3 ไดกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(ค.2)	2.0000	0.0000	0.0000	0.0653	0.0848	1.8464	0.0000	0.0000
	2.5000	0.0000	0.0757	0.0862	0.0633	1.7662	0.0000	0.0000
	3.0000	0.0000	0.0746	0.0912	0.1172	2.4347	0.0000	0.0000
	5.0000	0.0000	0.0000	0.0761	0.1174	2.1538	0.0000	0.0000
	9.0000	0.0000	0.0000	0.0623	0.0959	2.3472	0.0000	0.0000
	16.0000	0.0000	0.0000	0.0680	0.1146	2.3698	0.0000	0.0000
	24.0000	0.0000	0.0000	0.0848	0.1414	2.4519	0.0000	0.0000
(ค.3)	0.1667	1.3830	0.0893	0.1298	0.0307	2.7984	0.0000	13.5745
	0.3333	1.6799	0.0882	0.1382	0.0194	2.4997	0.0000	17.5316
	0.5000	1.7668	0.0847	0.1472	0.0062	2.2008	0.0000	20.1670
	0.6667	1.4387	0.0891	0.1516	0.0218	2.0165	0.0000	18.1566
	0.8333	1.3861	0.0982	0.2179	0.0611	2.8476	0.0000	13.0948
	1.0000	1.3201	0.0957	0.1523	0.0554	2.1846	0.0000	15.7441
	1.5000	0.0000	0.0777	0.1145	0.0950	2.2071	0.0000	0.0000
	2.0000	0.0000	0.0000	0.0653	0.0848	1.8464	0.0000	0.0000
	2.5000	0.0000	0.0757	0.0862	0.0633	1.7662	0.0000	0.0000
	3.0000	0.0000	0.0746	0.0912	0.1172	2.4347	0.0000	0.0000
	5.0000	0.0000	0.0000	0.0761	0.1174	2.1538	0.0000	0.0000
	9.0000	0.0000	0.0000	0.0623	0.0959	2.3472	0.0000	0.0000
	16.0000	0.0000	0.0000	0.0680	0.1146	2.3698	0.0000	0.0000
	24.0000	0.0000	0.0000	0.0848	0.1414	2.4519	0.0000	0.0000

ตารางที่ ค-3 (ต่อ)

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไดกลีเซอไรด์	1, 3 ไดกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(ค.4)	0.1667	1.4592	0.1096	0.1445	0.0747	3.1318	0.0000	12.7974
	0.3333	1.8452	0.1108	0.1489	0.0918	2.4291	0.0000	18.9741
	0.5000	2.0558	0.1017	0.1654	0.0719	2.3515	0.0000	21.2236
	0.6667	2.0895	0.0955	0.1595	0.0436	2.2662	0.0000	22.2532
	0.8333	1.7238	0.0863	0.2006	0.0459	3.0217	0.0000	15.1638
	1.0000	1.7070	0.1137	0.1897	0.1955	3.1595	0.0000	14.1433
	1.5000	1.2544	0.0000	0.1132	0.1429	2.6737	0.0000	12.8163
	2.0000	0.0000	0.0000	0.0869	0.1564	2.7307	0.0000	0.0000
	2.5000	0.0000	0.0000	0.0599	0.0895	2.0137	0.0000	0.0000
	3.0000	0.0000	0.0000	0.0833	0.1343	2.3458	0.0000	0.0000
	5.0000	0.0000	0.0000	0.0946	0.1728	3.1789	0.0000	0.0000
	9.0000	0.0000	0.0000	0.0738	0.1191	2.4745	0.0000	0.0000
	16.0000	0.0000	0.0000	0.0919	0.1416	2.6011	0.0000	0.0000
	24.0000	0.0000	0.0000	0.0624	0.1142	2.2070	0.0000	0.0000
(ค.5)	0.1667	1.3938	0.0778	0.1474	0.0958	2.4996	0.0000	14.7383
	0.3333	1.8774	0.1030	0.1715	0.1349	2.2682	0.0000	19.9777
	0.5000	1.9621	0.0906	0.1458	0.0709	2.3260	0.0000	20.7320
	0.6667	2.0517	0.0848	0.1816	0.0526	2.5755	0.0000	19.8593
	0.8333	1.2912	0.0771	0.1231	0.1201	2.5259	0.0000	13.6892
	1.0000	1.2668	0.0000	0.1477	0.1771	3.1584	0.0000	11.1204
	1.5000	0.0000	0.0000	0.1090	0.1806	3.3878	0.0000	0.0000

ตารางที่ ค-3 (ต่อ)

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไตรกลีเซอไรด์	1, 3 ไตรกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(ค.5)	2.0000	0.0000	0.0000	0.0721	0.1259	2.4618	0.0000	0.0000
	2.5000	0.0000	0.0000	0.0536	0.0969	2.2337	0.0000	0.0000
	3.0000	0.0000	0.0000	0.0638	0.1225	2.4311	0.0000	0.0000
	5.0000	0.0000	0.0000	0.0653	0.1211	2.4012	0.0000	0.0000
	9.0000	0.0000	0.0000	0.0794	0.1468	2.8802	0.0000	0.0000
	16.0000	0.0000	0.0000	0.1128	0.1765	3.3101	0.0000	0.0000
	24.0000	0.0000	0.0000	0.0918	0.1433	3.0430	0.0000	0.0000

หมายเหตุ (ค.1) คือ การควบคุมสารละลายผสมของสารตั้งต้นที่อุณหภูมิห้อง

(ค.2) คือ การควบคุมสารละลายผสมของสารตั้งต้นที่อุณหภูมิเดียวกันกับเครื่องปฏิกรณ์แบบคอลัมน์เบดบรรจุ

(ค.3) คือ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

(ค.4) คือ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

(ค.5) คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ตารางที่ ค-4 ข้อมูลจากการศึกษาผลของอัตราการใช้ปุ๋ยต่อการทำปฏิกิริยา

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไตรกลีเซอไรด์	1, 3 ไตรกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(ง.1)	0.1667	1.5796	0.1345	0.5311	0.6053	4.4600	0.7486	8.7196
	0.3333	1.5147	0.1021	0.4191	0.5440	3.2149	0.0000	11.4858
	0.5000	1.5635	0.0886	0.4656	0.5356	3.6848	0.0000	10.6295
	0.6667	1.5933	0.0844	0.4912	0.5985	3.9177	0.0000	10.2070
	0.8333	1.7188	0.0828	0.6052	0.6819	5.1867	0.0000	8.6217
	1.0000	1.6396	0.0815	0.4327	0.5215	4.5095	0.0000	9.5560
	1.5000	2.2558	0.0885	0.6519	0.7656	5.2402	0.0000	10.7935
	2.0000	1.8256	0.0847	0.4373	0.5341	4.0241	0.0000	11.4632
	2.5000	1.7887	0.0827	0.5110	0.6111	3.4492	0.0000	12.3674
(ง.2)	0.1667	1.2760	0.1116	0.2709	0.2480	2.5199	0.0000	12.7791
	0.3333	1.3009	0.0911	0.2682	0.3017	2.3986	0.0000	13.3734
	0.5000	1.3384	0.0854	0.4280	0.4864	3.1388	0.0000	10.5642
	0.6667	1.3474	0.0824	0.3496	0.4099	3.1684	0.0000	10.8191
	0.8333	1.3590	0.0777	0.3241	0.3681	2.8385	0.0000	11.9874
	1.0000	1.3496	0.0737	0.2748	0.3136	2.8208	0.0000	12.1999
	1.5000	1.3870	0.0775	0.2765	0.3036	2.7256	0.0000	12.8411
	2.0000	1.3868	0.0790	0.3180	0.3641	2.6426	0.0000	12.8912
	2.5000	1.3786	0.0815	0.2646	0.3397	2.6055	0.0000	13.1487
	3.0000	1.4179	0.0840	0.3117	0.3462	2.6668	0.0000	13.1066
	5.0000	1.3404	0.0908	0.2753	0.3232	2.2542	0.0000	14.2735

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไตรกลีเซอไรด์	1, 3 ไตรกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(ง.2)	9.0000	1.3312	0.0842	0.3144	0.3596	2.5131	0.0000	12.9210
	16.0000	1.3374	0.1831	0.5814	0.8600	1.7371	0.0000	13.9104
	24.0000	1.4044	0.0804	0.1758	0.0976	2.9188	0.0000	13.0183
(ง.3)	0.1667	1.3074	0.0971	0.2301	0.1786	2.6869	0.0000	12.7144
	0.3333	1.4128	0.0834	0.2406	0.1887	2.5285	0.0000	14.2131
	0.5000	1.4819	0.0849	0.2322	0.2040	2.3788	0.0000	15.4754
	0.6667	1.4756	0.0883	0.2282	0.1781	2.5553	0.0000	14.6938
	0.8333	1.6452	0.0811	0.2538	0.1974	2.6240	0.0000	15.6675
	1.0000	1.6025	0.0825	0.2273	0.1609	2.5706	0.0000	15.7522
	1.5000	1.7020	0.0907	0.2684	0.1554	2.6430	0.0000	16.1032
	2.0000	1.6060	0.1063	0.2086	0.1584	2.2116	0.0000	17.6851
	2.5000	1.5595	0.0934	0.1616	0.1069	2.3115	0.0000	17.0911
	3.0000	1.5183	0.0878	0.1729	0.0868	2.1207	0.0000	17.8882
	5.0000	1.6020	0.0958	0.2392	0.1671	3.0902	0.0000	13.5985
	9.0000	1.3798	0.1044	0.2879	0.2689	3.0418	0.0000	11.7701
	16.0000	1.4876	0.1062	0.3130	0.2838	3.2301	0.0000	11.9219
	24.0000	1.2899	0.1251	0.3773	0.3936	3.0703	0.0000	10.6012

หมายเหตุ (ง.1) คือ อัตราการไหล 0.06 มิลลิลิตรต่อนาที

(ง.2) คือ อัตราการไหล 0.12 มิลลิลิตรต่อนาที

(ง.3) คือ อัตราการไหล 0.20 มิลลิลิตรต่อนาที

ตารางที่ ค-5 ข้อมูลจากการศึกษาปริมาณเอนไซม์

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไตรกลีเซอไรด์	1, 3 ไตรกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(จ.1)	0.1667	1.3546	0.0926	0.2255	0.1455	3.8452	0.0000	9.8695
	0.3333	1.3871	0.0905	0.2169	0.1222	4.3850	0.0000	9.0593
	0.5000	1.4303	0.0859	0.1851	0.0863	3.8837	0.0000	10.4322
	0.6667	1.3467	0.0855	0.1734	0.0838	3.3480	0.0000	11.2310
	0.8333	1.3037	0.0803	0.1622	0.0718	3.3819	0.0000	10.8664
	1.0000	1.2879	0.0772	0.1476	0.0804	3.2139	0.0000	11.2355
	1.5000	1.2949	0.0786	0.1567	0.0874	3.4907	0.0000	10.4988
	2.0000	1.2853	0.0822	0.1751	0.0910	3.4501	0.0000	10.4924
	2.5000	1.3178	0.0784	0.2017	0.0956	4.3560	0.0000	8.7512
	3.0000	1.3380	0.0884	0.2156	0.1046	3.3573	0.0000	9.4269
	5.0000	1.3459	0.0000	0.1298	0.0701	2.7748	0.0000	10.4865
	9.0000	1.4415	0.0882	0.1354	0.0702	2.7632	0.0000	8.4497
	16.0000	1.2966	0.1607	0.1681	0.0593	3.2174	0.0000	9.1149
	24.0000	1.3213	0.1404	0.1435	0.0841	3.2232	0.0000	10.3156
(จ.2)	0.1667	1.3074	0.0971	0.2301	0.1786	2.6869	0.0000	12.7144
	0.3333	1.4128	0.0834	0.2406	0.1887	2.5285	0.0000	14.2131
	0.5000	1.4819	0.0849	0.2322	0.2040	2.3788	0.0000	15.4754
	0.6667	1.4756	0.0883	0.2282	0.1781	2.5553	0.0000	14.6938
	0.8333	1.6452	0.0811	0.2538	0.1974	2.6240	0.0000	15.6675
	1.0000	1.6025	0.0825	0.2273	0.1609	2.5706	0.0000	15.7522
	1.5000	1.7020	0.0907	0.2684	0.1554	2.6430	0.0000	16.1032

ตารางที่ ค-5 (ต่อ)

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไดกลีเซอไรด์	1, 3 ไดกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(จ.2)	2.0000	1.6060	0.1063	0.2086	0.1584	2.2116	0.0000	17.6851
	2.5000	1.5595	0.0934	0.1616	0.1069	2.3115	0.0000	17.0911
	3.0000	1.5183	0.0878	0.1729	0.0868	2.1207	0.0000	17.8882
	5.0000	1.6020	0.0958	0.2392	0.1671	3.0902	0.0000	13.5985
	9.0000	1.3798	0.1044	0.2879	0.2689	3.0418	0.0000	11.7701
	16.0000	1.4876	0.1062	0.3130	0.2838	3.2301	0.0000	11.9219
	24.0000	1.2899	0.1251	0.3773	0.3936	3.0703	0.0000	10.6012
(จ.3)	0.1667	1.2932	0.0983	0.2291	0.2316	2.6038	0.0000	12.3755
	0.3333	1.3013	0.0886	0.2913	0.3057	2.6500	0.0000	13.2187
	0.5000	1.3593	0.0822	0.2509	0.2865	2.5591	0.0000	12.0765
	0.6667	1.3727	0.0762	0.2834	0.2678	2.9174	0.0000	13.2632
	0.8333	1.5300	0.0748	0.2823	0.3185	3.1560	0.0000	13.0252
	1.0000	1.4458	0.0764	0.2540	0.2863	2.7211	0.0000	14.7742
	1.5000	1.7338	0.0857	0.2900	0.3137	2.7662	0.0000	16.1052
	2.0000	1.7971	0.0810	0.2615	0.2642	2.3843	0.0000	14.8669
	2.5000	1.7824	0.0869	0.3121	0.3236	2.5399	0.0000	16.5239
	3.0000	1.8851	0.0907	0.2886	0.2957	2.5333	0.0000	17.5456
	5.0000	1.8630	0.0937	0.3232	0.2737	2.5308	0.0000	17.3414
	9.0000	1.8938	0.0940	0.3360	0.3150	2.7013	0.0000	17.9844
	16.0000	1.7788	0.0862	0.1037	0.0557	2.7130	0.0000	17.3466

ตารางที่ ค-5 (ต่อ)

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไดกลีเซอไรด์	1, 3 ไดกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(จ.4)	0.1667	1.3735	0.1069	0.2631	0.2753	2.6577	0.0000	13.4597
	0.3333	1.4681	0.0919	0.2957	0.3067	2.4154	0.0000	13.7198
	0.5000	1.6545	0.0800	0.3038	0.3412	2.8420	0.0000	15.7742
	0.6667	1.7908	0.0759	0.2350	0.2757	2.6266	0.0000	15.2781
	0.8333	1.6931	0.0745	0.2910	0.3256	2.9696	0.0000	13.6131
	1.0000	1.6697	0.0750	0.2194	0.2597	2.4357	0.0000	15.1935
	1.5000	1.8642	0.0771	0.2824	0.3340	2.5740	0.0000	16.2725
	2.0000	1.6844	0.0850	0.3312	0.3816	2.9267	0.0000	16.8951
	2.5000	1.9217	0.0888	0.3108	0.3785	2.5123	0.0000	17.6302
	3.0000	2.0150	0.0931	0.3224	0.4024	2.3763	0.0000	18.8559
	5.0000	1.9299	0.0946	0.3053	0.3402	2.0564	0.0000	20.3479
	9.0000	1.8541	0.1059	0.3379	0.3877	2.3597	0.0000	16.3303
	16.0000	1.7601	0.0975	0.3775	0.4068	2.2699	0.0000	17.0816

หมายเหตุ (จ.1) คือ ปริมาณโนโวไซม์ 435 เท่ากับ 0.5 กรัม

(จ.2) คือ ปริมาณโนโวไซม์ 435 เท่ากับ 1.0 กรัม

(จ.3) คือ ปริมาณโนโวไซม์ 435 เท่ากับ 1.5 กรัม

(จ.4) คือ ปริมาณโนโวไซม์ 435 เท่ากับ 2.0 กรัม

ตารางที่ ค-6 ข้อมูลจากการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลอย่างต่อเนื่องโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบ
คอลัมน์แบบบรรจุ 3 คอลัมน์

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไดกลีเซอไรด์	1, 3 ไดกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(๑.1)	0.1667	1.3644	0.0821	0.1658	0.1154	3.4711	0.0000	10.9834
	0.3333	1.3962	0.0855	0.1437	0.0788	3.0863	0.0000	12.4820
	0.5000	1.5117	0.0796	0.1697	0.0772	3.4151	0.0000	12.2598
	0.6667	1.5448	0.0792	0.1688	0.0584	3.3203	0.0000	12.8314
	0.8333	1.5424	0.0783	0.2128	0.0881	3.9702	0.0000	10.9138
	1.0000	1.4238	0.0767	0.1785	0.0769	3.6766	0.0000	10.9174
	1.5000	1.3725	0.0776	0.1858	0.0853	3.6584	0.0000	10.5838
	2.0000	1.3879	0.0742	0.1652	0.0649	3.1146	0.0000	12.3192
	2.5000	1.3610	0.0766	0.1568	0.0613	3.0276	0.0000	12.4220
	3.0000	1.4043	0.0747	0.2162	0.0689	3.3177	0.0000	11.7003
	5.0000	1.3879	0.0792	0.2167	0.0593	3.4192	0.0000	11.3051
	9.0000	1.4374	0.0787	0.1644	0.0726	3.3595	0.0000	11.9106
	16.0000	1.4572	0.0744	0.1553	0.0653	2.9088	0.0000	13.6195
	24.0000	1.3199	0.0831	0.1516	0.1506	3.1383	0.0000	11.5554
	36.0000	1.3295	0.1064	0.2768	0.2799	4.7413	0.0000	7.9264
	48.0000	1.4031	0.0839	0.1997	0.1477	3.3093	0.0000	11.5865
	60.0000	1.3785	0.0838	0.1934	0.1543	3.2902	0.0000	11.4605
	72.0000	1.4690	0.0883	0.2029	0.1340	3.0482	0.0000	12.9131
	83.3333	1.3887	0.0919	0.2119	0.1874	3.1140	0.0000	11.9497

ตารางที่ ค-6 (ต่อ)

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไดกลีเซอไรด์	1, 3 ไดกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(จ.2)	0.0000	1.4227	0.0852	0.2113	0.1224	3.4717	0.0000	11.3001
	0.1667	1.7293	0.0924	0.2318	0.1107	4.1436	0.0000	11.5773
	0.3333	1.9331	0.0854	0.1821	0.0726	3.3370	0.0000	15.4171
	0.5000	2.0059	0.0782	0.1607	0.0430	3.6567	0.0000	14.9008
	0.6667	1.9772	0.0791	0.1548	0.0218	3.0391	0.0000	17.1530
	0.8333	1.9223	0.0749	0.1421	0.0139	2.7421	0.0000	18.2455
	1.0000	1.9103	0.0769	0.1669	0.0203	3.0414	0.0000	16.6318
	1.5000	1.6433	0.0750	0.1695	0.0201	3.4607	0.0000	13.1680
	2.0000	1.5845	0.0737	0.1588	0.0207	3.3243	0.0000	13.2151
	2.5000	1.5253	0.0749	0.1405	0.0214	3.1533	0.0000	13.3991
	3.0000	1.5360	0.0774	0.1337	0.0163	2.9056	0.0000	14.4491
	5.0000	1.7063	0.0748	0.1581	0.0159	2.8823	0.0000	15.8340
	9.0000	1.6377	0.0769	0.1241	0.0039	2.4383	0.0000	17.6372
	16.0000	1.8556	0.0752	0.1764	0.0108	4.0111	0.0000	12.9415
	24.0000	1.6011	0.0756	0.1155	0.0137	2.6998	0.0000	15.9562
	36.0000	2.0961	0.0788	0.1389	0.0022	3.1292	0.0000	17.6966
	48.0000	1.6169	0.0784	0.1157	0.0159	2.0664	0.0000	19.8197
	60.0000	2.0462	0.0764	0.1309	0.0198	2.7515	0.0000	19.1621
	72.0000	2.0484	0.0787	0.1227	0.0189	2.3023	0.0000	21.9846
	83.3333	2.4832	0.1119	0.1889	0.1215	3.1663	0.0000	19.5300

ตารางที่ ค-6 (ต่อ)

การทดลอง	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)						เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์
		เมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน	โมโนกลีเซอไรด์	1, 2 ไดกลีเซอไรด์	1, 3 ไดกลีเซอไรด์	ไตรกลีเซอไรด์	กรดไขมันอิสระ	
(จ.3)	0.0000	2.1037	0.0793	0.1508	0.0182	3.1950	0.0000	17.3772
	0.1667	2.3662	0.0838	0.1444	0.0399	2.8521	0.0000	20.8021
	0.3333	2.5455	0.0789	0.1305	0.0203	2.6888	0.0000	23.1569
	0.5000	3.0829	0.0790	0.1589	0.0083	2.6265	0.0000	27.1010
	0.6667	2.2638	0.0750	0.0965	0.0000	2.1907	0.0000	24.8663
	0.8333	2.2744	0.0744	0.1092	0.0000	2.3706	0.0000	23.4982
	1.0000	2.3629	0.0775	0.1101	0.0017	2.7531	0.0000	21.6311
	1.5000	2.5575	0.0767	0.1349	0.0031	2.9311	0.0000	21.8529
	2.0000	2.4938	0.0791	0.1263	0.0038	3.0304	0.0000	20.9138
	2.5000	2.4089	0.0759	0.1099	0.0026	2.6610	0.0000	22.5280
	3.0000	2.5721	0.0740	0.1291	0.0055	2.5579	0.0000	24.2906
	5.0000	2.4067	0.0748	0.1079	0.0050	2.3122	0.0000	24.9558
	9.0000	2.4962	0.0762	0.1253	0.0046	2.8973	0.0000	21.6608
	16.0000	2.4647	0.0748	0.1159	0.0044	2.8185	0.0000	21.9365
	24.0000	2.4841	0.0747	0.1133	0.0037	2.7183	0.0000	22.6904
	36.0000	2.6135	0.0753	0.1115	0.0020	2.5328	0.0000	24.8567
	48.0000	2.4657	0.0751	0.1068	0.0030	2.4692	0.0000	24.2499
	60.0000	2.8806	0.1024	0.2102	0.0093	2.9104	0.0000	23.7024
	72.0000	2.5480	0.0839	0.1706	0.0430	2.5072	0.0000	24.0816
	83.3333	2.5032	0.0873	0.1518	0.0247	2.2105	0.0000	26.1431

หมายเหตุ (จ.1) คือ คอลัมน์ที่ 1

(ข.2) คือ คอถัมนที่ 2

(ข.3) คือ คอถัมนที่ 3

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว สุวิมล ทรัพย์ทวีภูมิ เกิดวันที่ 14 มีนาคม พ.ศ. 2524 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาชีววิทยา จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2546 จากนั้น เข้าศึกษาในระดับปริญญาโท วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ที่คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษาถัด มา และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2550