



## เอกสารอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552, แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี พ.ศ. 2551-2565 [Online], Available: <http://www.dede.go.th> [21 กรกฎาคม 2553].
2. นคร ทิพย์วงศ์, 2553, เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., หน้า 1- 240.
3. วิชชุดา ศิริวงศ์, 2549, การศึกษาต้นทุนในการผลิตชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานในประเทศไทย: กรณีศึกษาอ้อยและมันสำปะหลัง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ISBN 974-185-513-3, หน้า 1-136.
4. ธเนศ อุทิศธรรม, วีรชัย สุนทรรังสรรค์ และประพันธ์ ปิยะกุลดำรง, 2550, “ศักยภาพพลังงานจากชีวมวลเหลือทิ้งในประเทศไทย”, การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3, ENETT 125, หน้า 1-6.
5. มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2551, องค์ประกอบของชีวมวลที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้า [Online], Available: <http://www.effe.or.th> [5 เมษายน 2554].
6. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, วารุณี เตีย และคณะ, 2553, ปัญหาทางเทคนิคและแนวทางการจัดการแผนในการนำแก๊ซฮอล E10 ทดแทนน้ำมัน เบนซิน 91 และแก๊ซฮอล E20, E22 ทดแทนน้ำมัน เบนซิน 95 และแก๊ซฮอล 95, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 1-149.
7. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552, รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทยปี 2552, กระทรวงพลังงาน, หน้า 1-43.
8. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554, สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2554, หน้า 1-164.
9. บริษัทน้ำตาลมิตรผล , 2549, ผลิตผลพลอยได้จากอ้อยและน้ำตาล [Online], Available: <http://oan.cdmediaguide.co.th/mitrphol/onweb/thai-allSUGAR-05.htm#top> [22 กรกฎาคม 2553].
10. ประเวทย์ ดุษฎีเต็มวงศ์, ปราโมทย์ ศิริโรจน์ และคณะ, 2551, การประเมินศักยภาพวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรเพื่อใช้ผลิตเอทานอลจากเซลลูโลส, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, หน้า 1-168.
11. สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2551, กากน้ำตาล [Online], Available: [http://www.tistr.or.th/t/publication/page\\_area\\_show\\_bc.asp?i1=83&i2=15](http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=83&i2=15) [5 มีนาคม 2554].

12. สุดเขตต์ นาคะเสถียร, เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ และปฐมมา จาตกานนท์, 2553, โครงการสถานภาพและผลกระทบการผลิตวัตถุดิบทางการเกษตรสำหรับการผลิตแก๊สฮอล E10, E20 และ E22, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 1-189.
13. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551, รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย ปี 2551, กระทรวงพลังงาน, หน้า 1-43.
14. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550, รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย ปี 2550, กระทรวงพลังงาน, หน้า 1-43.
15. Hettenhaus, J., 2002, "Talking About Corn Stover", **The Carbohydrate Economy**, Vol. 4, No. 2, pp. 1-5.
16. Energy Technology Essentials, 2007, **Biomass for Power Generation and CHP** [Electronic], ETE03, pp. 1-4, Available: [iea.org/textbase/techno/essentials.htm](http://iea.org/textbase/techno/essentials.htm) [17 กรกฎาคม 2553].
17. โครงการการจัดทำระบบฐานข้อมูลพลังงานเพื่อการวิเคราะห์และวางแผนยุทธศาสตร์พลังงานของประเทศ, 2550, **พลังงานชีวมวล**, หน้า 1-67.
18. Biofuel Digest, 2009, **The Who, What and When of Cellulosic Ethanol Commercialization** [Online], Available: <http://worldbiofuelsmarkets.info/?p=153/> [9 กุมภาพันธ์ 2554].
19. บริษัท J.S.D. MACHINERY LTD., 2552, เครื่องกลั่นเอทานอล ขนาด60-100ลิตร/ชั่วโมง [Online], Available: <http://www.jsd.tarad.com> [14 สิงหาคม 2553].
20. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2549, การนำของเสียจากการผลิตเอทานอลมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่า, กระทรวงพลังงาน, หน้า 1-20.
21. ธีรภัทร ศรีนรคุตร และคณะ, 2551, การศึกษาเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลของสหรัฐอเมริกาและไทย, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, หน้า 1-55.
22. อ้อยใจ ทองเมอ, วิฑูรย์ ภูควิน และอุกฤษฏ์ สหพัฒน์สมบัติ, 2550, รู้จักไบโอดีเซลใน 4 ชั่วโมง, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
23. อาภาณี เหลืองนฤมิตชัย, 2549, **ไบโอดีเซล** [Online], Available: <http://www.vcharkarn.com/varticle/409> [24 กรกฎาคม 2553].
24. ปราณี หนูทองแก้ว, 2551, การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
25. ศจี น้อยตั้ง, 2552, **ทางเลือกใหม่ของพืชน้ำมันเพื่อนำมาใช้ประโยชน์**, สถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ลำดับที่ 5, หน้า 1-3.

26. อาชัย พิทยภาคย์, นคร ทิพย์วาศ์ และวสันต์ จอมภักดี, 2546, **การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการสกัดน้ำมันพืชเชิงกลสำหรับใช้ในชุมชนท้องถิ่น**, มหาวิทยาลัยนเรศวร, ฉบับที่ 11, หน้า 9-20.
27. He, C., et al., 2007, "Biodiesel Production by The Transesterification of Cottonseed Oil by Solid Acid Catalysts", **Frontiers of Chemical Engineering in China**, Vol. 1, No. 1, pp. 11-15.
28. Charusiri, W. and Vitidsant, T., 2005, "Kinetic Study of Used Vegetable Oil to Liquid Fuels Over Sulfated Zirconia", **Energy and Fuels**, Vol. 19, No. 5, pp. 1783-1789.
29. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2551, **การศึกษาเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลของสหรัฐอเมริกาและไทย**, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, หน้า 1-65.
30. จิตติกร บุญชูวงศ์, รัตนชัย ไพรินทร์ และคณะ, 2552, "การศึกษาการผลิต Producer gas จากเตาผลิตแก๊สแบบ Updraft โดยใช้เศษผักและกลบเป็นเชื้อเพลิง", **การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 5**, หน้า 1-6.
31. มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2551, **ระบบแก๊สซิฟิเคชัน** [Online], Available: <http://www.effe.or.th> [5 สิงหาคม 2553].
32. เขวารี อังวงกุล, 2553, **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวล** [Online], Available: <http://www2.dede.go.th/bett/Activities/KM/Gasifier.pdf> [20 สิงหาคม 2553].
33. สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2549, **การเผาไหม้แบบไพโรไลซิสและแก๊สซิฟิเคชัน** [Online], Available: <http://www.nia.or.th> [13 สิงหาคม 2553].
34. โครงการการจัดทำระบบฐานข้อมูลพลังงานเพื่อการวิเคราะห์และวางแผนยุทธศาสตร์พลังงานของประเทศ, 2550, **Fischer-Tropsch diesel**, หน้า 1-17.
35. BioMass Magazine , 2008, **Diagram of Fischer-Tropsch Process** [Online], Available: <http://sustainabledesignupdate.com/?p=753> [14 สิงหาคม 2553].
36. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ, 2552, **เทคโนโลยี GTL (Gas-to-Liquid Technology) เพื่อการผลิตเชื้อเพลิงสะอาดทางเลือก** [Online], Available: <http://www.vcharkarn.com/varticle> [13 สิงหาคม 2553].
37. นวศล เหล่าศิริพจน์, 2551, "BTL นวัตกรรมน้ำมันจากชีวมวล", **หนังสือพิมพ์ โพสต์ทูเดย์**, ฉบับวันที่ 12 พฤษภาคม, หน้า B7.



38. อังคณา สุวรรณภู, 2554, **ทำความเข้าใจ Water Footprint**, กองบรรณาธิการจดหมายข่าวผลิใบ, กรมวิชาการเกษตร, ISSN 1513-0010.
39. Hoekstra, A. Y. and Chapagain, A. K. Chapagain , 2005, “Water Footprints of Nations: Water Use by People as A Function of Their Consumption Pattern”, **Water Resources Management** [Online], Available: [http://www.waterfootprint.org/Reports/Hoekstra\\_and\\_Chapagain\\_2006.pdf](http://www.waterfootprint.org/Reports/Hoekstra_and_Chapagain_2006.pdf) [12พฤษภาคม 2554].
40. สมจิต อำนาจศาล, 2551, **การจัดทำโปรแกรมคาดการณ์ความเพียงพอของน้ำในช่วงฤดูแล้งของอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง – ขนาดใหญ่ในเขตสำนักชลประทานที่ 2**, กรมชลประทาน, หน้า 1-32.
41. กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน, 2551, **ปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดต่างๆ**, กรมชลประทาน.
42. ปิยรัตน์ วีระชาญชัย, ชัยยศ ตั้งสฤติย์กุลชัย และมาลี ตั้งสฤติย์กุลชัย, 2549, “คุณลักษณะของน้ำมันชีวภาพจากการสลายมวลชีวภาพด้วยกระบวนการไพโรไลซิส”, **การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2**, ENETT49-121-2, หน้า 1-6.
43. Abbasi, T. and Abbasi, S.A., 2010, “Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Vol. 14, No. 3, pp. 919-937.
44. Perez, P., Ardlie, N., Kunepong, P., Dietrich, C. and Merritt, W.S., 2002, “CATCHCROP: modeling crop yield and water demand for integrated catchment assessment in Northern Thailand”, **Environmental Modelling & Software**, Vol. 17, No. 3, pp. 251-259.
45. Sugathapala, A.G.T., 2002, “policy Analysis to Identify the Barriers to Promotion of Bioenergy Technologies in Sri Lanka”, **Energy for Sustainable Development**, Vol. 6, No. 3, pp. 50-58.
46. มูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย, 2550, **การศึกษาการประเมินวงจรชีวิตการผลิตและการใช้เอทานอลจากมันสำปะหลังและอ้อย**, หน้า 1-55.
47. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551, **ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตรปี 2551**, หน้า 1-93.
48. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552, **ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตรปี 2552**, หน้า 1-93.
49. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553, **ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตรปี 2553**, หน้า 1-93.
50. วัฒนชัย ภัทรธีรสกุล, 2553, “ศักยภาพการผลิตเอทานอลจากกลีโคโนเซลลูโลสในประเทศไทย”, **การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 11**.
51. กล้าณรงค์ ศรีรอด, 2554, **วัตถุดิบสำหรับผลิตเอทานอลในประเทศไทย**, การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทางเลือกภาคขนส่ง.



52. Sriroth, K., Piyachomkwan, K., Wanlapatit, S. and Nivitchanyong, S., 2010, "The Promise of a Technology Revolution in Cassava Bioethanol: from Thai Practice to The World Practice", **Fuel**, Vol. 89, No. 7, pp. 1333-1338.
53. Seabra, J.E.A., Tao, L., Chum, H.L., and Macedo, I.C., 2010, "A Techno-Economic Evaluation of The Effects of Centralized Cellulosic Ethanol and Co-Products Refinery Options with Sugarcane Mill Clustering", **Biomass and Bioenergy**, Vol. 34, No. 8, pp. 1065-1078.
54. Kazi, F.K., Fortman, J. and Anex, R., 2010, "Techno-Economic Analysis of Biochemical Scenarios for Production of Cellulosic Ethanol", **National Renewable Energy Laboratory**, NREL/TP-6A2-46588, pp. 1-102.
55. Humbird, D. and Aden, A., 2009, "Biochemical Production of Ethanol from Corn Stover: 2008 State of Technology Model", **National Renewable Energy Laboratory**, NREL/TP-510-46214, pp. 1-16.
56. Dutta, A., Talmadge, M. and Hensley, J., 2011, "Process Design and Economics for Conversion of Lignocellulosic Biomass to Ethanol", **National Renewable Energy Laboratory**, NREL/TP-5100-51400, pp. 1-187.
57. Marchetti, J.M., Miguel, V.U. and Errazu, A.F., 2008, "Techno-Economic Study of Different Alternatives for Biodiesel Production", **Fuel Processing Technology**, Vol. 89, No. 8, pp. 740-748.
58. Jegannathan, K.R., Eng-Seng, C. and Ravindra, P., 2011, "Economic Assessment of Biodiesel Production: Comparison of Alkali and Biocatalyst Processes", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Vol. 15, No. 1, pp. 745-751.
59. Swanson, R.M., Platon, A., Satrio, J.A. and Brown, R.C., 2010, "Techno-Economic Analysis of Biomass-to-Liquids Production Based on Gasification", **Fuel**, Vol. 89, Supplement 1, pp. S11-S19.
60. Wright, M.M., Daugaard, D.E., Satrio, J.A. and Brown, R.C., 2010, "Techno-Economic Analysis of Biomass Fast Pyrolysis to Transportation Fuels", **Fuel**, Vol. 89, (Supplement 1), pp. S2-S10.
61. สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2554, **ราคาสินค้าเกษตรสำคัญที่ขายได้ที่ไร่นา มีนาคม 2554** [Online], Available: [http://www.oae.go.th/ewtadmin/ewt/oae\\_web/download/pricepdf/priceMarch54.pdf](http://www.oae.go.th/ewtadmin/ewt/oae_web/download/pricepdf/priceMarch54.pdf) [4 พฤษภาคม 2554].
62. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552, **การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังประจำปี 2552**, หน้า 1-153.

ภาคผนวก ก

เงินลงทุนของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวประเภทต่างๆ

ตารางที่ ก.1 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีการหมัก  
ในประเทศไทย ที่กำลังการผลิต 150,000 ลิตรต่อวัน [52]

| รายการ                          | ล้านบาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|---------------------------------|------------------------|
| Costs of Equipments             | 412.91                 |
| Piping                          | 185.81                 |
| Engineering Consultation        | 177.6                  |
| Equipment Installation          | 165.16                 |
| Environmental Management        | 111.38                 |
| Instrumentation                 | 74.32                  |
| Building                        | 62.3                   |
| Contingency                     | 13.25                  |
| Land                            | 5                      |
| <b>Total Project Investment</b> | <b>1,208.73</b>        |

ตารางที่ ก.2 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยโดยใช้เทคโนโลยีการหมัก  
ที่กำลังการผลิต 366,858 ลิตรต่อวัน [53]

| รายการ                          | ล้านดอลลาร์ | ล้านบาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|---------------------------------|-------------|------------------------|
| Pretreatment                    | 16          | 496                    |
| Nuetralization/Conditioning     | 3           | 93                     |
| Saccharification & Fermantation | 8           | 248                    |
| Distillation & Solid Recovery   | 19          | 589                    |
| Wastewater Treatment            | 3           | 93                     |
| Storage                         | 2           | 62                     |
| Boiler/Turbo Generator          | 33          | 1,023                  |
| Utilities                       | 5           | 155                    |
| Other Expenses                  | 64          | 1,984                  |
| <b>Total Project Investment</b> | <b>153</b>  | <b>4,743</b>           |



ตารางที่ ก.3 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากลำตัน ยอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เทคโนโลยีการหมัก ที่กำลังการผลิต 580,712 ลิตรต่อวัน [55]

| รายการ                                | ล้านดอลลาร์ | ล้านบาท (ปี พ.ศ. 2551) |
|---------------------------------------|-------------|------------------------|
| Pretreatment                          | 25          | 784                    |
| Neutralization/Conditioning           | 11          | 353                    |
| Saccharification & Fermentation       | 22          | 688                    |
| Distillation and Solids Recovery      | 27          | 840                    |
| Wastewater Treatment                  | 6           | 177                    |
| Storage                               | 4           | 130                    |
| Boiler/Turbo Generator                | 55          | 1,705                  |
| Utilities                             | 7           | 202                    |
| <b>Total Installed Equipment Cost</b> | <b>157</b>  | <b>4,879</b>           |
| <b>Indirect Costs</b>                 | <b>115</b>  | <b>3,571</b>           |
| <b>Total Project Investment</b>       | <b>273</b>  | <b>8,451</b>           |

ตารางที่ ก.4 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากขานอ้อยโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ที่กำลังการผลิต 275,639 ลิตรต่อวัน [53]

| รายการ                          | ล้านดอลลาร์ | ล้านบาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|---------------------------------|-------------|------------------------|
| Feed Handling & Drying          | 16          | 496                    |
| Gasification                    | 9           | 279                    |
| Tar Reforming & Quench          | 25          | 775                    |
| Acid Gas & Sulfur Removal       | 9           | 279                    |
| Alcohol Synthesis-Compression   | 11          | 341                    |
| Alcohol Synthesis-Other         | 4           | 124                    |
| Alcohol Separation              | 5           | 155                    |
| Steam System & Power Generation | 11          | 341                    |
| Cooling Water & Other Utilities | 3           | 93                     |
| Other Expenses                  | 36          | 1,116                  |
| <b>Total Project Investment</b> | <b>129</b>  | <b>3,999</b>           |

ตารางที่ ก.5 เงินลงทุนของการผลิตเอทานอลจากลำต้น ขอด ใบ และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันที่กำลังการผลิต 670,930 ลิตรต่อวัน [56]

| รายการ                                      | ล้านดอลลาร์ | ล้านบาท (ปี พ.ศ. 2553) |
|---------------------------------------------|-------------|------------------------|
| Gasification                                | 43          | 1,341                  |
| Tar Reforming & Quench                      | 27          | 835                    |
| Acid Gas & Sulfur Removal                   | 28          | 883                    |
| Syngas Compression & Expansion              | 81          | 2,500                  |
| Alcohol Synthesis Reaction                  | 41          | 1,284                  |
| Alcohol Separation                          | 20          | 630                    |
| Steam System & Power Generation             | 46          | 1,421                  |
| Cooling Water & Other Utilities             | 10          | 296                    |
| <b>Total Installed Equipment Cost (TIC)</b> | <b>296</b>  | <b>9,190</b>           |
| <b>Fixed Capital Investment (FCI)</b>       | <b>195</b>  | <b>6,042</b>           |
| <b>Working Capital</b>                      | <b>24</b>   | <b>759</b>             |
| <b>Total Capital Investment (TCI)</b>       | <b>516</b>  | <b>15,991</b>          |

ตารางที่ ก.6 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน [57]

| รายการอุปกรณ์                                | ดอลลาร์          | บาท (ปี พ.ศ. 2550) |
|----------------------------------------------|------------------|--------------------|
| Pre-mixer of the catalyst                    | 150,000          | 4,650,000          |
| 1st transesterification reactor              | 480,000          | 14,880,000         |
| 2nd transesterification rector               | 480,000          | 14,880,000         |
| Neutralizer reactor                          | 35,000           | 1,085,000          |
| Sum of all decanters used in the process     | 97,500           | 3,022,500          |
| Distillation column to purifier biodiesel    | 62,000           | 1,922,000          |
| Distillation column to separate the methanol | 47,500           | 1,472,500          |
| Distillation column to separate the glycerol | 82,000           | 2,542,000          |
| <b>Total Equipment Cost</b>                  | <b>1,434,000</b> | <b>44,454,000</b>  |
| Direct fixed capital                         | 3,889,000        | 120,559,000        |
| Working capital                              | 1,677,000        | 51,987,000         |
| Start up and validation cost                 | 266,000          | 8,246,000          |
| <b>Total Plant Cost</b>                      | <b>7,266,000</b> | <b>225,246,000</b> |



ตารางที่ ก.7 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสร่วมกับปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน [57]

| รายการอุปกรณ์                                | ดอลลาร์          | บาท (ปี พ.ศ. 2550) |
|----------------------------------------------|------------------|--------------------|
| Pre-mixer of the catalyst                    | 50,000           | 1,550,000          |
| Preesterification reactor                    | 349,000          | 10,819,000         |
| 1st transesterification reactor              | 350,000          | 10,850,000         |
| 2nd transesterification rector               | 350,000          | 10,850,000         |
| Neutralizer reactor                          | 13,500           | 418,500            |
| Sum of all decanters used in the process     | 116,000          | 3,596,000          |
| Distillation column to purifier biodiesel    | 60,000           | 1,860,000          |
| Distillation column to separate the methanol | 40,000           | 1,240,000          |
| Distillation column to separate the glycerol | 77,500           | 2,402,500          |
| <b>Total Equipment Cost</b>                  | <b>1,406,000</b> | <b>43,586,000</b>  |
| Direct fixed capital                         | 4,092,000        | 126,852,000        |
| Working capital                              | 1,536,000        | 47,616,000         |
| Start up and validation cost                 | 280,000          | 8,680,000          |
| <b>Total Plant Cost</b>                      | <b>7,314,000</b> | <b>226,734,000</b> |

ตารางที่ ก.8 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยี  
ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน [58]

| รายการ                                 | ดอลลาร์ | บาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|----------------------------------------|---------|--------------------|
| <b>Raw Material &amp; Product Yard</b> |         |                    |
| Palm Oil Tank                          | 27,272  | 845,432            |
| Methanol Tank                          | 27,273  | 845,463            |
| Hot Water Tank                         | 12,121  | 375,751            |
| FAME Tank                              | 27,272  | 845,432            |
| Glycerol Tank                          | 4,000   | 124,000            |
| Waste Water Tank                       | 4,000   | 124,000            |
| Oil Pump                               | 3,636   | 112,716            |
| Fresh Methanol Pump                    | 2,727   | 84,537             |
| Hot Water Pump                         | 2,727   | 84,537             |
| FAME Pump                              | 3,636   | 112,716            |
| Waste Glycerol Pump                    | 3,182   | 98,642             |
| Waste Water Pump                       | 3,182   | 98,642             |
| NaOH Storage Unit                      | 4,000   | 124,000            |
| HCl Storage Unit                       | 4,000   | 124,000            |
| <b>Main Process Yard</b>               |         |                    |
| Transesterification Vessel             | 100,364 | 3,111,284          |
| Methanol Vessel                        | 11,727  | 363,537            |
| Waste Water Vessel                     | 2,045   | 63,395             |
| FAME Vessel                            | 5,618   | 174,158            |
| Glycerol Vessel                        | 6,045   | 187,395            |
| Waste Water Vessel                     | 6,045   | 187,395            |
| FAME Heater                            | 27,273  | 845,463            |
| Vessel Condenser                       | 27,273  | 845,463            |
| Vessel After Cooler                    | 8,182   | 253,642            |
| FAME Filter(1)                         | 9,091   | 281,821            |

ตารางที่ ก.8 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยี  
ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน (ต่อ) [58]

| รายการ                  | ดอลลาร์ | บาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|-------------------------|---------|--------------------|
| FAME Filter(2)          | 9,091   | 281,821            |
| FAME Pump               | 3,182   | 98,642             |
| FAME Pump               | 3,182   | 98,642             |
| Methanol Pump           | 2,727   | 84,537             |
| FAME Pump               | 3,182   | 98,642             |
| Waste Glycerol Pump     | 2,727   | 84,537             |
| Waste Water Pump        | 2,727   | 84,537             |
| Utility Yard            |         |                    |
| Cooling Tower           | 20,636  | 639,716            |
| Cooling Water Tank      | 9,091   | 281,821            |
| Cooling Water Pump      | 2,727   | 84,537             |
| Cooling Water Pump      | 2,727   | 84,537             |
| Chilling Unit 69,000    | 27,273  | 845,463            |
| Chilling Water Tank     | 4,545   | 140,895            |
| Chilling Water Pump     | 2,727   | 84,537             |
| Chilling Water Pump     | 2,727   | 84,537             |
| Steam Boiler Unit       | 45,455  | 1,409,105          |
| Hot Oil Heater Unit     | 72,727  | 2,254,537          |
| Vacuum Pump Unit        | 9,091   | 281,821            |
| Air Compressor Unit     | 18,182  | 563,642            |
| Nitrogen Generator      | 63,636  | 1,972,716          |
| Total Equipment Cost    | 637,871 | 19,774,001         |
| Installation            | 63,387  | 1,965,000          |
| Piping                  | 190,161 | 5,895,000          |
| Insulation and Painting | 31,694  | 982,500            |
| Civil and Structure     | 443,710 | 13,755,001         |

ตารางที่ ก.8 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยี  
ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน (ต่อ) [58]

| รายการ                       | ดอลลาร์          | บาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|------------------------------|------------------|--------------------|
| Electric and Instrumentation | 221,855          | 6,877,502          |
| Computer System              | 158,468          | 4,912,502          |
| Engineering and Supervising  | 228,194          | 7,074,002          |
| Other                        | 139,452          | 4,323,000          |
| <b>Total Plant Cost</b>      | <b>2,114,791</b> | <b>65,558,507</b>  |

ตารางที่ ก.9 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่ง  
ปฏิกิริยาชนิดของแข็ง ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน [57]

| รายการอุปกรณ์                                | ดอลลาร์          | บาท (ปี พ.ศ. 2550) |
|----------------------------------------------|------------------|--------------------|
| 1st transesterification reactor              | 410,000          | 12,710,000         |
| 2nd transesterification rector               | 390,000          | 12,090,000         |
| Sum of all decanters used in the process     | 50,000           | 1,550,000          |
| Distillation column to purifier biodiesel    | 56,000           | 1,736,000          |
| Distillation column to separate the methanol | 78,500           | 2,433,500          |
| Distillation column to separate the glycerol | 30,000           | 930,000            |
| <b>Total Equipment Cost</b>                  | <b>1,014,500</b> | <b>31,449,500</b>  |
| Direct fixed capital                         | 2,318,500        | 71,873,500         |
| Working capital                              | 1,655,000        | 51,305,000         |
| Start up and validation cost                 | 163,000          | 5,053,000          |
| <b>Total Plant Cost</b>                      | <b>5,151,000</b> | <b>159,681,000</b> |



ตารางที่ ก.10 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยี  
ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน [58]

| รายการ                                 | ดอลลาร์ | บาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|----------------------------------------|---------|--------------------|
| <b>Raw Material &amp; Product Yard</b> |         |                    |
| Palm Oil Tank                          | 27,272  | 845,432            |
| Methanol Tank                          | 27,273  | 845,463            |
| Hot Water Tank                         | 12,121  | 375,751            |
| FAME Tank                              | 27,272  | 845,432            |
| Glycerol Tank                          | 4,000   | 124,000            |
| Waste Water Tank                       | 4,000   | 124,000            |
| Oil Pump                               | 3,636   | 112,716            |
| Fresh Methanol Pump                    | 2,727   | 84,537             |
| Hot Water Pump                         | 2,727   | 84,537             |
| FAME Pump                              | 3,636   | 112,716            |
| Waste Glycerol Pump                    | 3,182   | 98,642             |
| Waste Water Pump                       | 3,182   | 98,642             |
| Lipase Storage Unit                    | 4,000   | 124,000            |
| <b>Main Process Yard</b>               |         |                    |
| Transesterification Vessel             | 501,820 | 15,556,420         |
| Methanol Vessel                        | 11,727  | 363,537            |
| Waste Water Vessel                     | 2,045   | 63,395             |
| FAME Vessel                            | 5,618   | 174,158            |
| Glycerol Vessel                        | 3,045   | 94,395             |
| Waste Water Vessel                     | 3,045   | 94,395             |
| FAME Heater                            | 27,273  | 845,463            |
| Vessel Condenser                       | 27,273  | 845,463            |
| Vessel After Cooler                    | 8,182   | 253,642            |
| FAME Filter(1)                         | 9,091   | 281,821            |

ตารางที่ ก.10 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยี  
ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน (ต่อ) [58]

| รายการ                  | ดอลลาร์ | บาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|-------------------------|---------|--------------------|
| FAME Filter(2)          | 9,091   | 281,821            |
| FAME Pump               | 3,182   | 98,642             |
| Methanol Pump           | 2,727   | 84,537             |
| FAME Pump               | 3,182   | 98,642             |
| Waste Glycerol Pump     | 2,727   | 84,537             |
| Waste Water Pump        | 2,727   | 84,537             |
| Utility Yard            |         |                    |
| Cooling Tower           | 13,636  | 422,716            |
| Cooling Water Tank      | 9,091   | 281,821            |
| Cooling Water Pump      | 2,727   | 84,537             |
| Cooling Water Pump      | 2,727   | 84,537             |
| Chilling Unit 69,000    | 27,273  | 845,463            |
| Chilling Water Tank     | 4,545   | 140,895            |
| Chilling Water Pump     | 2,727   | 84,537             |
| Chilling Water Pump     | 2,727   | 84,537             |
| Steam Boiler Unit       | 45,455  | 1,409,105          |
| Hot Oil Heater Unit     | 72,727  | 2,254,537          |
| Vacuum Pump Unit        | 9,091   | 281,821            |
| Air Compressor Unit     | 18,182  | 563,642            |
| Nitrogen Generator      | 33,636  | 1,042,716          |
| Total Equipment Cost    | 992,327 | 30,762,137         |
| Installation            | 99,233  | 3,076,214          |
| Piping                  | 297,698 | 9,228,641          |
| Insulation and Painting | 49,616  | 1,538,107          |
| Civil and Structure     | 694,629 | 21,533,496         |

ตารางที่ ก.10 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยี  
ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน (ต่อ) [58]

| รายการ                       | ดอลลาร์          | บาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|------------------------------|------------------|--------------------|
| Electric and Instrumentation | 347,315          | 10,766,750         |
| Computer System              | 248,082          | 7,690,536          |
| Engineering and Supervising  | 357,238          | 11,074,369         |
| Other                        | 218,312          | 6,767,669          |
| <b>Total Plant Cost</b>      | <b>3,304,449</b> | <b>102,437,917</b> |

ตารางที่ ก.11 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยี  
ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปสในรูปที่ถูกต้องซึ่ง กำลังการผลิต 3,096  
ลิตรต่อวัน [58]

| รายการ                                 | ดอลลาร์ | บาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|----------------------------------------|---------|--------------------|
| <b>Raw Material &amp; Product Yard</b> |         |                    |
| Palm Oil Tank                          | 27,272  | 845,432            |
| Methanol Tank                          | 27,273  | 845,463            |
| Hot Water Tank                         | 12,121  | 375,751            |
| FAME Tank                              | 27,272  | 845,432            |
| Glycerol Tank                          | 4,000   | 124,000            |
| Waste Water Tank                       | 4,000   | 124,000            |
| Oil Pump                               | 3,636   | 112,716            |
| Fresh Methanol Pump                    | 2,727   | 84,537             |
| Hot Water Pump                         | 2,727   | 84,537             |
| FAME Pump                              | 3,636   | 112,716            |
| Waste Glycerol Pump                    | 3,182   | 98,642             |
| Waste Water Pump                       | 3,182   | 98,642             |
| Lipase Storage Unit                    | 4,000   | 124,000            |
| Encapsulation Unit                     | 4,000   | 124,000            |



ตารางที่ ก.11 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยี  
ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปสในรูปที่ถูกตรึง ที่กำลังการผลิต 3,096  
ลิตรต่อวัน (ต่อ) [58]

| รายการ                     | ดอลลาร์ | บาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|----------------------------|---------|--------------------|
| <b>Main Process Yard</b>   |         |                    |
| Transesterification Vessel | 501,820 | 15,556,420         |
| Methanol Vessel            | 11,727  | 363,537            |
| Waste Water Vessel         | 2,045   | 63,395             |
| FAME Vessel                | 5,618   | 174,158            |
| Glycerol Vessel            | 3,045   | 94,395             |
| Waste Water Vessel         | 3,045   | 94,395             |
| FAME Heater                | 27,273  | 845,463            |
| Vessel Condenser           | 27,273  | 845,463            |
| Vessel After Cooler        | 8,182   | 253,642            |
| FAME Filter(1)             | 9,091   | 281,821            |
| FAME Filter(2)             | 9,091   | 281,821            |
| FAME Pump                  | 3,182   | 98,642             |
| Methanol Pump              | 2,727   | 84,537             |
| FAME Pump                  | 3,182   | 98,642             |
| Waste Glycerol Pump        | 2,727   | 84,537             |
| Waste Water Pump           | 2,727   | 84,537             |
| <b>Utility Yard</b>        |         |                    |
| Cooling Tower              | 13,636  | 422,716            |
| Cooling Water Tank         | 9,091   | 281,821            |
| Cooling Water Pump         | 2,727   | 84,537             |
| Cooling Water Pump         | 2,727   | 84,537             |
| Chilling Unit 69,000       | 27,273  | 845,463            |
| Chilling Water Tank        | 4,545   | 140,895            |
| Chilling Water Pump        | 2,727   | 84,537             |
| Chilling Water Pump        | 2,727   | 84,537             |



ตารางที่ ก.11 เงินลงทุนของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยี  
ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปสในรูปที่ถุกตรึง ที่กำลังการผลิต 3,096  
ลิตรต่อวัน (ต่อ) [58]

| รายการ                       | ดอลลาร์          | บาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|------------------------------|------------------|--------------------|
| Steam Boiler Unit            | 45,455           | 1,409,105          |
| Hot Oil Heater Unit          | 72,727           | 2,254,537          |
| Vacuum Pump Unit             | 9,091            | 281,821            |
| Air Compressor Unit          | 18,182           | 563,642            |
| Nitrogen Generator           | 33,636           | 1,042,716          |
| <b>Total Equipment Cost</b>  | <b>996,327</b>   | <b>30,886,137</b>  |
| Installation                 | 99,633           | 3,088,614          |
| Piping                       | 298,898          | 9,265,841          |
| Insulation and Painting      | 49,816           | 1,544,307          |
| Civil and Structure          | 697,429          | 21,620,296         |
| Electric and Instrumentation | 348,715          | 10,810,150         |
| Computer System              | 249,082          | 7,721,536          |
| Engineering and Supervising  | 358,678          | 11,119,009         |
| Other                        | 219,192          | 6,794,949          |
| <b>Total Plant Cost</b>      | <b>3,317,769</b> | <b>102,850,837</b> |

ตารางที่ ก.12 เงินลงทุนของการผลิตแก๊สไฮโดรเจนสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน  
ที่ใช้อุณหภูมิสูง ที่กำลังการผลิต 114,247 ลิตรต่อวัน [59]

| รายการ                          | ล้านดอลลาร์ | ล้านบาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|---------------------------------|-------------|------------------------|
| A100: Preprocessing             | 23          | 704                    |
| A200: Gasification              | 68          | 2,102                  |
| A300: Syngas Cleaning           | 34          | 1,039                  |
| A400: Fuel Synthesis            | 49          | 1,531                  |
| A500: Hydroprocessing           | 33          | 1,023                  |
| A600: Power Generation          | 46          | 1,414                  |
| A700: Air Separation Unit       | 24          | 753                    |
| Balance of Plant                | 33          | 1,026                  |
| <b>Total Installed Cost</b>     | <b>309</b>  | <b>9,591</b>           |
| Indirect Cost                   | 130         | 4,021                  |
| Contingency                     | 88          | 2,722                  |
| Working Capital                 | 79          | 2,449                  |
| <b>Total Capital Investment</b> | <b>606</b>  | <b>18,783</b>          |



ตารางที่ ก.13 เงินลงทุนของการผลิตแก๊สซินส์สังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน  
ที่ใช้อุณหภูมิต่ำ ที่กำลังการผลิต 88,493 ลิตรต่อวัน [59]

| รายการ                          | ล้านดอลลาร์ | ล้านบาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|---------------------------------|-------------|------------------------|
| A100: Preprocessing             | 23          | 704                    |
| A200: Gasification              | 28          | 874                    |
| A300: Syngas Cleaning           | 29          | 908                    |
| A400: Fuel Synthesis            | 59          | 1,820                  |
| A500: Hydroprocessing           | 30          | 915                    |
| A600: Power Generation          | 39          | 1,206                  |
| A700: Air Separation Unit       | 20          | 605                    |
| Balance of Plant                | 27          | 843                    |
| <b>Total Installed Cost</b>     | <b>254</b>  | <b>7,874</b>           |
| Indirect Cost                   | 107         | 3,323                  |
| Contingency                     | 72          | 2,238                  |
| Working Capital                 | 65          | 2,015                  |
| <b>Total Capital Investment</b> | <b>498</b>  | <b>15,450</b>          |

ตารางที่ ก.14 เงินลงทุนของการผลิตแก๊สซินส์สังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสที่มี  
ระบบผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการผลิต ที่กำลังการผลิต 367,123 ลิตรต่อวัน  
[60]

| รายการ                     | ล้านดอลลาร์ | ล้านบาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|----------------------------|-------------|------------------------|
| Hydroprocessing            | 49          | 1,510                  |
| Combustion                 | 47          | 1,466                  |
| Pyrolysis and Oil Recovery | 28          | 868                    |
| Pretreatment               | 20          | 626                    |
| Storage                    | 6           | 180                    |
| *Utilities                 | 9           | 282                    |
| <b>Total Plant Cost</b>    | <b>159</b>  | <b>4,932</b>           |

ตารางที่ ก.15 เงินลงทุนของการผลิตแก๊สสังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสที่ไม่มีระบบผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการผลิตที่กำลังการผลิต 602,740 ลิตรต่อวัน [60]

| รายการ                     | ล้านดอลลาร์ | ล้านบาท (ปี พ.ศ. 2552) |
|----------------------------|-------------|------------------------|
| Hydroprocessing            | 15          | 459                    |
| Combustion                 | 46          | 1,423                  |
| Pyrolysis and Oil Recovery | 28          | 868                    |
| Pretreatment               | 20          | 626                    |
| Storage                    | 2           | 53                     |
| Utilities                  | -           | -                      |
| <b>Total Plant Cost</b>    | <b>111</b>  | <b>3,429</b>           |



## ภาคผนวก ข

ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวประเภทต่างๆ

ตารางที่ ข.1 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีการหมักในประเทศไทย ที่กำลังการผลิต 150,000 ลิตรต่อวัน [52]

| รายการ                       | ดอลลาร์ต่อลิตร | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2552) |
|------------------------------|----------------|---------------------------|
| Materials and Chemicals      | 0.032          | 0.992                     |
| Energy                       | 0.109          | 3.379                     |
| Wage and Addition            | 0.014          | 0.434                     |
| Maintenance                  | 0.002          | 0.062                     |
| Miscellaneous                | 0.007          | 0.217                     |
| Fiscal Charges               | 0.029          | 0.899                     |
| Selling Expense              | 0.014          | 0.434                     |
| Waste Treatment              | 0.014          | 0.434                     |
| <b>Total Operating Cost</b>  | <b>0.221</b>   | <b>6.851</b>              |
| Depreciation                 | 0.036          | 1.116                     |
| Insurance                    | 0.002          | 0.062                     |
| <b>Total Investment Cost</b> | <b>0.038</b>   | <b>1.178</b>              |
| <b>Total Cost per Liter</b>  | <b>0.259</b>   | <b>8.029</b>              |

ตารางที่ ข.2 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยโดยใช้เทคโนโลยี  
การหมัก ที่กำลังการผลิต 366,858 ลิตรต่อวัน [53]

| รายการ                       | ดอลลาร์ต่อลูกบาศก์เมตร | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2552) |
|------------------------------|------------------------|---------------------------|
| Variable Cost                | 62                     | 1.922                     |
| Fixed Cost                   | 49                     | 1.519                     |
| Average Return on Investment | 126                    | 3.906                     |
| Co-Product Credits           | - 40                   | - 1.24                    |
| <b>Total Operating Cost</b>  | <b>197</b>             | <b>6.107</b>              |
| Capital Depreciation         | 46                     | 1.426                     |
| Average Income Tax           | 49                     | 1.519                     |
| <b>Total Investment Cost</b> | <b>95</b>              | <b>2.945</b>              |
| <b>Total Cost per Liter</b>  | <b>292</b>             | <b>9.052</b>              |

ตารางที่ ข.3 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากลำต้น ยอด ใบ และ  
ซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เทคโนโลยีการหมัก ที่กำลังการผลิต 580,712 ลิตรต่อวัน  
[55]

| รายการ                       | ดอลลาร์ต่อแกลลอน | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2551) |
|------------------------------|------------------|---------------------------|
| Biomass to Boiler            | 0.000            | 0.00                      |
| CSL                          | 0.156            | 1.28                      |
| Cellulase                    | 0.350            | 2.87                      |
| Sulfuric Acid                | 0.041            | 0.34                      |
| Ammonia                      | 0.207            | 1.70                      |
| Other Raw Materials          | 0.028            | 0.23                      |
| Waste Disposal               | 0.021            | 0.17                      |
| Electricity                  | - 0.132          | - 1.08                    |
| Fixed Costs                  | 0.172            | 1.41                      |
| Average Return on Investment | 0.444            | 3.64                      |
| <b>Total Operating Cost</b>  | <b>1.29</b>      | <b>10.54</b>              |
| Capital Depreciation         | 0.243            | 1.99                      |
| Average Income Tax           | 0.183            | 1.50                      |
| <b>Total Investment Cost</b> | <b>0.43</b>      | <b>3.49</b>               |
| <b>Total Cost per Liter</b>  | <b>1.71</b>      | <b>14.03</b>              |



ตารางที่ ข.4 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากชานอ้อยโดยใช้เทคโนโลยี  
แก๊สซิฟิเคชัน ที่กำลังการผลิต 275,639 ลิตรต่อวัน [53]

| รายการ                       | ดอลลาร์ต่อลูกบาศก์เมตร | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2552) |
|------------------------------|------------------------|---------------------------|
| Variable Cost                | 8                      | 0.248                     |
| Fixed Cost                   | 90                     | 2.79                      |
| Average Return on Investment | 147                    | 4.557                     |
| C0-Product Credits           | - 56                   | - 1.736                   |
| <b>Total Operating Cost</b>  | <b>189</b>             | <b>5.859</b>              |
| Capital Depreciation         | 51                     | 1.581                     |
| Average Income Tax           | 54                     | 1.674                     |
| <b>Total Investment Cost</b> | <b>105</b>             | <b>3.255</b>              |
| <b>Total Cost per Liter</b>  | <b>294</b>             | <b>9.114</b>              |

ตารางที่ ข.5 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตเอทานอลจากลำตัน ยอด ใบ และ  
ซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ที่กำลังการผลิต 670,930  
ลิตรต่อวัน [56]

| รายการ                       | ดอลลาร์ต่อแกลลอน | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2553) |
|------------------------------|------------------|---------------------------|
| Catalysts                    | 0.099            | 0.81                      |
| Olivine & Magnesium Oxide    | 0.007            | 0.06                      |
| Other Raw Materials          | 0.009            | 0.07                      |
| Waste Disposal               | 0.008            | 0.07                      |
| Electricity                  | 0                | 0.00                      |
| Natural Gas                  | 0                | 0.00                      |
| Fixed Costs                  | 0.359            | 2.94                      |
| Average Return on Investment | 0.575            | 4.71                      |
| Co-Product Credits           | - 0.238          | - 1.95                    |
| <b>Total Operating Cost</b>  | <b>0.819</b>     | <b>6.71</b>               |
| Capital Depreciation         | 0.378            | 3.10                      |
| Average Income Tax           | 0.115            | 0.94                      |
| <b>Total Investment Cost</b> | <b>0.493</b>     | <b>4.04</b>               |
| <b>Total Cost per Liter</b>  | <b>1.312</b>     | <b>10.75</b>              |

ตารางที่ ข.6 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ  
โดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน [57]

| รายการ                       | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2550) |
|------------------------------|---------------------------|
| Methanol                     | 5.017                     |
| Sulfuric Acid                | 0.059                     |
| Washing Water                | 0.001                     |
| Equipment Dependant          | 0.693                     |
| Labor Dependant              | 0.252                     |
| Utilities                    | 0.246                     |
| Administration               | 0.082                     |
| Laboratory                   | 0.047                     |
| Insurance                    | 0.037                     |
| Factory Expenses             | 0.183                     |
| Fringe Benefits              | 0.055                     |
| Supervision                  | 0.027                     |
| Operating Supplies           | 0.014                     |
| Credits for Glycerol         | - 1.756                   |
| <b>Total Operating Cost</b>  | 4.956                     |
| Depreciation                 | 0.548                     |
| Interest and Tax             | 0.773                     |
| <b>Total Investment Cost</b> | 1.321                     |
| <b>Total Cost per Liter</b>  | <b>6.28</b>               |

ตารางที่ ข.7 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้  
เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสร่วมกับปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน  
ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน [57]

| รายการ                       | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2550) |
|------------------------------|---------------------------|
| Methanol                     | 2.509                     |
| Sulfuric Acid                | 0.118                     |
| Washing Water                | 0.001                     |
| Equipment Dependant          | 0.779                     |
| Labor Dependant              | 0.377                     |
| Utilities                    | 0.210                     |
| Administration               | 0.098                     |
| Insurance                    | 0.039                     |
| Factory Expenses             | 0.193                     |
| Fringe Benefits              | 0.065                     |
| Supervision                  | 0.033                     |
| Operating Supplies           | 0.016                     |
| Credits for Glycerol         | - 1.833                   |
| <b>Total Operating Cost</b>  | <b>2.605</b>              |
| Depreciation                 | 0.707                     |
| Interest and Tax             | 0.773                     |
| <b>Total Investment Cost</b> | <b>1.481</b>              |
| <b>Total Cost per Liter</b>  | <b>4.09</b>               |



ตารางที่ ข.8 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน [58]

| รายการ                | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2552) |
|-----------------------|---------------------------|
| Methanol              | 4.320                     |
| Tap Water             | 0.002                     |
| Sodium Hydroxide      | 0.164                     |
| HCl                   | 2.037                     |
| Utilities             |                           |
| Steam                 | 0.002                     |
| Electricity (kWh)     | 0.022                     |
| Repair                | 0.001                     |
| Glycerol              | - 2.680                   |
| Total Operating Cost  | 3.868                     |
| Depreciation          | 2.447                     |
| Interest and Tax      | 0.816                     |
| Total Investment Cost | 3.262                     |
| Total Cost per Liter  | 7.13                      |

ตารางที่ ข.9 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็ง ที่กำลังการผลิต 111,558 ลิตรต่อวัน [57]

| รายการ                       | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2550) |
|------------------------------|---------------------------|
| Methanol                     | 2.542                     |
| Solid Resins                 | 19.219                    |
| Washing Water                | 0.000                     |
| Equipment Dependant          | 0.471                     |
| Labor Dependant              | 0.252                     |
| Utilities                    | 1.291                     |
| Administration               | 0.065                     |
| Insurance                    | 0.023                     |
| Factory Expenses             | 0.115                     |
| Fringe Benefits              | 0.044                     |
| Supervision                  | 0.022                     |
| Operating Supplies           | 0.011                     |
| Credits for Glycerol         | - 2.462                   |
| <b>Total Operating Cost</b>  | <b>21.593</b>             |
| Depreciation                 | 1.152                     |
| Interest and Tax             | 0.785                     |
| <b>Total Investment Cost</b> | <b>1.937</b>              |
| <b>Total Cost per Liter</b>  | <b>23.53</b>              |

ตารางที่ ข.10 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปส ที่กำลังการผลิต 3,096 ลิตรต่อวัน [58]

| รายการ                | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2552) |
|-----------------------|---------------------------|
| Methanol              | 4.320                     |
| Tap Water             | 0.001                     |
| Lipase                | 160.799                   |
| Utilities             |                           |
| Steam                 | 0.001                     |
| Electricity (kWh)     | 0.013                     |
| Repair                | 0.005                     |
| Glycerol              | - 5.360                   |
| Total Operating Cost  | 159.780                   |
| Depreciation          | 16.404                    |
| Interest and Tax      | 5.468                     |
| Total Investment Cost | 21.872                    |
| Total Cost per Liter  | 181.65                    |

ตารางที่ ข.11 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้  
เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเอนไซม์ไลเปสในรูปที่ถูกตรึง ที่กำลังการผลิต 3,096  
ลิตรต่อวัน [58]

| รายการ                | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2552) |
|-----------------------|---------------------------|
| Methanol              | 4.320                     |
| Tap Water             | 0.001                     |
| Lipase                | 32.160                    |
| k-Carrageenan         | 2.680                     |
| KCl                   | 0.145                     |
| Utilities             |                           |
| Steam                 | 0.001                     |
| Electricity (kWh)     | 0.013                     |
| Repair                | 0.002                     |
| Glycerol              | - 5.360                   |
| Total Operating Cost  | 33.962                    |
| Depreciation          | 5.063                     |
| Interest and Tax      | 1.688                     |
| Total Investment Cost | 6.751                     |
| Total Cost per Liter  | 40.71                     |



ตารางที่ ข.12 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตแก๊สอินทรีย์สังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยี  
แก๊สซิฟิเคชันที่ใช้อุณหภูมิสูง ที่กำลังการผลิต 114,247 ลิตรต่อวัน [59]

| รายการ                       | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2552) |
|------------------------------|---------------------------|
| Fixed Costs                  | 10.41                     |
| Variable Costs               | 8.92                      |
| Utilities                    | 43.12                     |
| Co-product Credits           | - 4.46                    |
| <b>Total Operating Costs</b> | <b>57.99</b>              |
| Capital Depreciation         | 19.33                     |
| Average Income Tax           | 16.35                     |
| <b>Total Investment Cost</b> | <b>35.68</b>              |
| <b>Total Cost per Liter</b>  | <b>93.67</b>              |

ตารางที่ ข.13 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตแก๊สอินทรีย์สังเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยี  
แก๊สซิฟิเคชันที่ใช้อุณหภูมิต่ำ ที่กำลังการผลิต 88,493 ลิตรต่อวัน [59]

| รายการ                       | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2552) |
|------------------------------|---------------------------|
| Fixed Costs                  | 11.52                     |
| Variable Costs               | 12.48                     |
| Utilities                    | 46.07                     |
| Co-product Credits           | - 6.72                    |
| <b>Total Operating Costs</b> | <b>63.34</b>              |
| Capital Depreciation         | 21.11                     |
| Average Income Tax           | 17.28                     |
| <b>Total Investment Cost</b> | <b>38.39</b>              |
| <b>Total Cost per Liter</b>  | <b>101.73</b>             |

ตารางที่ ข.14 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตแก๊สอินทรีย์สังเคราะห์โดยใช้  
เทคโนโลยีไพโรไลซิสที่มีระบบผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการผลิต  
ที่กำลังการผลิต 367,123 ลิตรต่อวัน [60]

| รายการ                       | ดอลลาร์ต่อแกลลอน | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2552) |
|------------------------------|------------------|---------------------------|
| Fixed Costs                  | 0.33             | 2.66                      |
| Catalyst                     | 0.05             | 0.42                      |
| Electricity                  | 0.16             | 1.34                      |
| Solids Disposal              | 0.05             | 0.42                      |
| Hydrogen                     | 0.00             | 0.00                      |
| Utilities                    | 0.64             | 5.20                      |
| Co-product Credits           | - 0.32           | - 2.61                    |
| <b>Total Operating Cost</b>  | <b>0.91</b>      | <b>7.43</b>               |
| Capital Depreciation         | 0.34             | 2.75                      |
| Average Income Tax           | 0.26             | 2.16                      |
| <b>Total Investment Cost</b> | <b>0.60</b>      | <b>4.91</b>               |
| <b>Total Cost per Liter</b>  | <b>1.51</b>      | <b>12.34</b>              |

ตารางที่ ข.15 ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตของการผลิตแกโซลีนสังเคราะห์โดยใช้  
เทคโนโลยีไพโรไลซิสที่ไม่มีระบบผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการผลิต  
ที่กำลังการผลิต 602,740 ลิตรต่อวัน [60]

| รายการ                       | ดอลลาร์ต่อแกลลอน | บาทต่อลิตร (ปี พ.ศ. 2552) |
|------------------------------|------------------|---------------------------|
| Fixed Costs                  | 0.16             | 1.27                      |
| Catalyst                     | 0.03             | 0.25                      |
| Electricity                  | 0.08             | 0.69                      |
| Solids Disposal              | 0.03             | 0.25                      |
| Hydrogen                     | 0.41             | 3.33                      |
| Utilities                    | 0.31             | 2.55                      |
| Co-product Credits           | - 0.10           | - 0.83                    |
| <b>Total Operating Cost</b>  | <b>0.92</b>      | <b>7.52</b>               |
| Capital Depreciation         | 0.15             | 1.21                      |
| Average Income Tax           | 0.12             | 0.96                      |
| <b>Total Investment Cost</b> | <b>0.27</b>      | <b>2.17</b>               |
| <b>Total Cost per Liter</b>  | <b>1.18</b>      | <b>9.69</b>               |

ประวัติผู้วิจัย

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ – สกุล              | นายณัฐวุฒิ เสร็จกิจ                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| วัน เดือน ปีเกิด         | 22 เมษายน 2529                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| ประวัติการศึกษา          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ระดับมัธยมศึกษา          | มัธยมศึกษาตอนปลาย<br>โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัยรังสิต พ.ศ. 2548                                                                                                                                                                                                                                                  |
| ระดับปริญญาตรี           | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล<br>มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ. 2552                                                                                                                                                                                                                                   |
| ระดับปริญญาโท            | วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงาน<br>คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2554                                                                                                                                                                             |
| ทุนวิจัย                 | ทุนสนับสนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาปีงบประมาณ พ.ศ. 2553                                                                                                                                                                                                                                                         |
| ประวัติการทำงาน          | บริษัท ชวนันท์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด พ.ศ. 2553                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ | ณัฐวุฒิ เสร็จกิจ, วารุณี เตีย และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2554,<br>“การประเมินศักยภาพและเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจาก<br>มวลชีวภาพในประเทศไทย”, การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับ<br>บัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 22, วันที่ 6-7 ตุลาคม พ.ศ. 2554,<br>บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, O-E&T015,<br>หน้า 1-11. |



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
ข้อตกลงว่าด้วยการโอนลิขสิทธิ์ในวิทยานิพนธ์

วันที่ 29 กันยายน 2554



ข้าพเจ้า นายณัฐวุฒิ เสริมกิจ

รหัสประจำตัว 52402712

เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระดับปริญญา ☒ โท ☐ เอก ☐ ปร.ด

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

อยู่บ้านเลขที่ 97/360 ..... ตรอก/ซอย.....12..... ถนน.....สุขุมวิท.....

ตำบล/แขวง .....จตุจักร..... อำเภอ/เขต .....จตุจักร..... จังหวัด .....กรุงเทพมหานคร.....

รหัสไปรษณีย์ .....12130..... ขอโอนลิขสิทธิ์ในวิทยานิพนธ์ให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-

พระจอมเกล้าธนบุรี โดยมี ดร.พัฒนา รักษามสุข ตำแหน่ง คณบดีคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

เป็นผู้รับโอนลิขสิทธิ์และมีข้อตกลง ดังนี้

1. ข้าพเจ้าได้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การประเมินศักยภาพและเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากมวลชีวภาพในประเทศไทย”

ซึ่งอยู่ในความควบคุมของ รศ. วารุณี เดีย, ศ.ดร. สมชาติ โสภณธนฤทธิ์

ตามมาตรา 14 แห่ง พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2. ข้าพเจ้าตกลงโอนลิขสิทธิ์จากผลงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรค์ของข้าพเจ้าในวิทยานิพนธ์ให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตลอดอายุแห่งการคุ้มครองลิขสิทธิ์ตามมาตรา 23 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ตั้งแต่วันที่ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์จากมหาวิทยาลัย

3. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปใช้ในการเผยแพร่ในสื่อใดๆ ก็ตาม ข้าพเจ้าจะต้องระบุว่าวิทยานิพนธ์เป็นผลงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีทุกๆ ครั้งที่มีการเผยแพร่

4. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปเผยแพร่หรืออนุญาตให้ผู้อื่นทำซ้ำหรือดัดแปลงหรือเผยแพร่ต่อสาธารณชนหรือกระทำการอื่นใด ตามมาตรา 27, มาตรา 28 และมาตรา 29 และมาตรา 30 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยมีค่าตอบแทนในเชิงธุรกิจ ข้าพเจ้าจะกระทำได้เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ลงชื่อ.....ผู้โอนลิขสิทธิ์

(นายณัฐวุฒิ เสริมกิจ)

ลงชื่อ.....ผู้รับโอนลิขสิทธิ์

(ดร.พัฒนา รักษามสุข)

ลงชื่อ.....พยาน

(รศ. วารุณี เดีย)

ลงชื่อ.....พยาน

(ศ.ดร. สมชาติ โสภณธนฤทธิ์)



