

รายการอ้างอิง

1. Available : from <http://www.sgl1.com>
2. Available : from <http://ttmp.trf.or.th>
3. Available : from http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_rubbish.htm
กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
4. Available : from <http://www.baanjomayut.com/library/science/petroieum.html>
5. Available : from <http://teenet.chiangmai.ac.th/sci/fossil01.php>
THAILAND ENERGY AND ENVIRONMENT NETWORK CHIANG MAI UNIVERSITY
6. Available : from <http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK24/chapter7/t24-7-11.htm>
ปีโตรเลียมและการผลิต สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนเล่มที่ 25 (Thailand Junior Encyclopedia Project)
7. Kim, S.-S. , Chun, B.H. , Kim, S.H..Non-isothermal pyrolysis of waste automobile lubricating oil in a stirred batch reactor. Chemical Engineering Journal ,93 , 2003 ,225-231
8. Ali, M. F. , Siddiqui, M.N. Thermal and catalytic decomposition behavior of PVC mixed plastic waste with petroleum residueJ. Anal. Appl. Pyrolysis,74, 2005 , 282-289.
9. Kenneth H.C. Recycling Chemistry & Industry. 14 ,1989, 440-442.
10. Mackey G.A.,Westphal R.C. Plastic Recycling. New York. Hanser Publisher, 1992.
11. Feldman D., Barbalata A. Synthetic polymer. London: Chapman & Hall, 1996.7.
12. Charles N. Satterfield. Heterogeneous Catalysis in Industrial Practice. New York : McGraw-Hill Inc.,1991.
13. Bansel R.C. Active Carbon. New York : Marcel Dekler, 1988.
14. Matlson J.S. and Mark V.B. Active carbon surface chemistry and adsorption from solution. New York : Marcel Dekker Inc., 1971.
15. Harold H. Schobert, The Chemistry of Hydrocarbon fuel. New York : 1991.
16. Gary J.H., Handwerk G.H. Petroleum of Refining:Technology and Economics. Vol.5 New York: Marcel Dekker, 1975.

17. Gary J.H., Handwerk G.H. Catalytic Hydrocracking and Hydroprocessing. New York:Marcel Dekker, 1984:144-147.
18. Serrano D.P., Aguado, J., Escola,J.M., Garagorri E. "Performance of a continuous screw kiln reactor for the thermal and catalytic conversion of polyethylene-lubricating oil base mixtures", Journal of Applied Catalysis B ., 2003, 4, p 95 – 105
19. Kim, J.R, Yoon, J.H., Park, D.W. "Catalytic recycling of the mixture of polypropylene and polystyrene", Journal of Polymer Degradation and Stability, 2002 ,46, p 61 – 67
20. Walendziewski, J., Steininger, M. "Thermal and catalytic conversion of waste polyolefins", Journal of Catalysis , 2001, 65, p 323 – 330
21. Serrano, D. P., Aguado, J., Escola, J. M. "Catalytic conversion of polystyrene over HZSM-5, HMCM-41 and amorphous SiO₂-Al₂O₃", comparison with thermal cracking", Journal of Applied Catalysis B., 2000, 25, p 181-189
22. Audisio G., Bertini F. Polym. Degrad. Stab. 29 (1990): 91.
23. Nakamura, I., Fujimoto, K."Development of new disposable catalyst for waste plastics treatment for high quality transportation fuel", Journal of Catalysis , 1996 , 27 , p 175-179
24. Weibing Ding, Jing Liang, and Laary L. Anderson. Catalysis and processes for heavy oil conversion. International Symposium on Advances in Catalysis and Processes for Heavy oil Conversion. (1997) : 428 – 432
25. Matar S., Manfred J.M., Hassan A.T. Catalysis in Petrochemical Processes. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1989:46-48.
26. R.J. Ehrig. Plastic Recycling Product and Process. New York : 1992.
27. Wang,L., Yoo, J., Park, S., Heon J., Ho, T.L., Deuk K.L. "Optimization of pyrolytic coprocessing of waste plastics and waste motor oil into fuel oils using statistical pentagonal experimental design", Journal of Fuel , 1999, 78, p 809 – 813
28. Serrano, D. P., Aguado, J., Escola, J. M. "Catalytic conversion of polystyrene over HZSM-5, HMCM-41 and amorphous SiO₂-Al₂O₃ comparison with thermal cracking", Journal of Applied Catalysis B., 2000, 25, p 181-189

29. Vasile, C. ,Pakdel, H. , Mihai, B. , Onu, P. , Darie, H. , Ciocalteu, S. "Thermal and catalytic decomposition of mixed plastics", Journal of Analytical and Applied Pyrolysis , 2001 , 57 p 287 – 303
30. Chaiprasert P., "One-Step Catalytic Hydrotreatment of Used Automotive Lubricating Oil." Master Thesis, Program of Petrochemistry and Polymer Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, 1999.
31. สำนักงานนโยบายอุตสาหกรรมรายสาขา 1. ข้อมูลและการคาดการณ์การบริโภคผลิตภัณฑ์พลาสติกภายในประเทศ กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546
32. ศุภวรรณ ดันตยานนท์. ปิโตรเคมี. 2542. :6-1 –6-11,7-1 –7-5, 9-5 –9-8
33. ปรีชา พนลเทพ. พอลิเมอร์ พิมพ์ครั้งที่ 7 กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2536
34. วิทยา เรืองพรวิสุทธิ. คะตะไลซิสแบบเฮเทอโรจีเนียส : หลักทฤษฎีและการประยุกต์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.
35. ปราโมทย์ ไชยเวช. ปิโตรเลียมเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : สุนทรออฟเซต. 2537
36. อังกร โชตะมังสะ, สุจิตต์ สนองคุณ. เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น = Fuel & lubricants. กรุงเทพฯ : พิศาล ชำคม, 2539
37. วีระศักดิ์ ภัยวิเชียร. การจัดการเครื่องจักรกลและเครื่องยนต์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2533
38. กัญญา ตระกูลคู. เทคโนโลยี โพลีเมอร์. กรุงเทพฯ : เอ็กเพรส มีเดีย, 2533
39. ธราพงษ์ วิฑิตคานต์. การแตกตัวพอลิพรอพิลีนและพอลิสไตรีนภายใต้บรรยากาศไฮโดรเจนโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มน้ำมัน. รายงานการวิจัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช. 2544.
40. ธาวิณี กิตติเรืองทอง. กระบวนการร่วมของพอลิพรอพิลีนและลิกไนต์โดยใช้เหล็กบนถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
41. พูนสุข พึ่งธรรม. การแตกตัวพอลิพรอพิลีนด้วยไฮโดรเจนโดยใช้เหล็กบนถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มน้ำมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
42. นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกุล. การแยกสลายตัวด้วยความร้อนของพอลิสไตรีนใช้แล้วในเครื่องปฏิกรณ์แบบแบดซ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2542.

43. ศิวริตา อินสุข. การแตกตัวของอะคริโลไนไท์-บิวทาไดอิน-สไตรีนและน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547
44. มารีนา มงคล. การแตกตัวของน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงเหลวโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ และ HZSM-5. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
45. อัญญรัตน์ อภิบาลศรี, หทัยรัตน์ แผลงแดง. การนำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
46. วรณนิภา อมาตยกุล, กฤติกา จารุทะวัย. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มโดยกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อนและกระตุ้นด้วยไอน้ำ. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
47. ข้อมูลจากศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพถ่านกัมมันต์. ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
48. ประชารัตน์ แต่กักดี. การแตกตัวพอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีนและน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
49. อรดา วงศ์สกุลักษณ์. การแตกตัวพอลิสไตรีนใช้แล้ว โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยากรด. ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547
50. อำนาจ เพิ่มทรัพย์สกุล. การเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วให้เป็นเชื้อเพลิงเหลวบนตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ โคบอลต์และโมลิบดีนัมบนอะลูมินา และ HZSM-5. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
51. อัมภิญญา คุ้มไทร้อย. การแตกตัวด้วยไฮโดรเจนของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วบนตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัม/อะลูมินา และ HZSM-5. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ก1 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Simulated distillation gas chromatography (ASTM D 2887) ที่อัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้น 0.32 กรัมต่อนาที

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละผลได้	ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา	อัตราการไหล (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแอฟทา	ร้อยละผลได้ของแอฟทา	อัตราการผลิตแอฟทา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเคโรซีน	ร้อยละผลได้ของเคโรซีน	อัตราการผลิตเคโรซีน (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊สออยล์เบา	ร้อยละผลได้ของแก๊สออยล์เบา	อัตราการผลิตแก๊สออยล์เบา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊สออยล์หนัก	ร้อยละผลได้ของแก๊สออยล์หนัก	อัตราการผลิตแก๊สออยล์หนัก (กรัมต่อนาที)	น้หนักเบงและนอร์	ร้อยละผลได้ของน้หนักเบา	ร้อยละผลได้ของแก๊ส
390	81.40	21.16	0.32	9.70	7.90	0.03	2.30	1.87	0.01	10.60	8.63	0.03	3.40	2.77	0.01	74.00	60.24	18.60
410	66.67	22.60	0.32	14.70	9.80	0.03	3.00	2.00	0.01	12.50	8.33	0.03	3.70	2.47	0.01	66.10	44.07	33.33
430	40.26	25.40	0.32	35.20	14.17	0.05	5.90	2.38	0.01	17.80	7.17	0.02	4.20	1.69	0.01	36.90	14.86	59.74
450	35.85	23.19	0.32	34.60	12.40	0.04	6.40	2.29	0.01	19.30	6.92	0.02	4.40	1.58	0.01	35.30	12.66	64.15

ตารางที่ ก2 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิต่อปฏิบัติการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Simulated distillation gas chromatography (ASTM D 2887) ที่อัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้น 0.60 กรัมต่อนาที

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละ	ร้อยละของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาน้ำมัน	อัตราการใช้ (ที่นาอัตร) (ที่นาอัตร)	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ
390	85.38	23.22	0.60	10.60	9.05	0.05	2.40	2.05	0.01	10.70	9.14	0.05	3.50	2.99	0.02	72.80	62.16	14.62
410	68.01	28.16	0.60	18.30	12.45	0.07	4.00	2.72	0.02	15.00	10.20	0.06	4.10	2.79	0.02	58.60	39.85	31.99
430	42.12	30.16	0.60	38.30	16.13	0.10	7.50	3.16	0.02	21.30	8.97	0.05	4.50	1.90	0.01	28.40	11.96	57.88
450	37.18	28.63	0.60	42.40	15.76	0.09	8.30	3.09	0.02	22.00	8.18	0.05	4.30	1.60	0.01	23.00	8.55	62.82

ตารางที่ ก3 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิต่อปฏิบัติการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Simulated distillation gas chromatography (ASTM D 2887) ที่อัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้น 1.23 กรัมต่อนาที

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละ	ร้อยละของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาน้ำมัน	อัตราการใช้ (ที่นาอัตร) (ที่นาอัตร)	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ	น้ำหนักของร้อยละ
390	88.33	16.43	1.23	6.60	5.83	0.07	1.60	1.41	0.02	7.50	6.62	0.08	2.90	2.56	0.03	81.40	71.90	11.67
410	72.86	19.53	1.23	10.50	7.65	0.09	2.50	1.82	0.02	10.30	7.50	0.09	3.50	2.55	0.03	73.20	53.33	27.14
430	49.90	37.18	1.23	40.70	20.31	0.25	8.80	4.39	0.05	21.60	10.78	0.13	3.40	1.70	0.02	25.50	12.72	50.10
450	43.53	32.60	1.23	39.00	16.98	0.21	8.80	3.83	0.05	22.70	9.88	0.12	4.40	1.92	0.02	25.10	10.93	56.47

ตารางที่ ก4 แสดงอิทธิพลของอัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้นต่อปฏิบัติการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง

Simulated distillation gas chromatography (ASTM D 2887) ที่อุณหภูมิ 390 องศาเซลเซียส

อัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้น (กรัมต่อนาที)	ร้อยละผลได้	ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาน้ำมัน	อัตราการไหล (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊สของเบนโทนา	ร้อยละผลได้ของเบนโทนา	อัตราการผลิตเบนโทนา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเบนโทนา	ร้อยละผลได้ของเบนโทนา	อัตราการผลิตเบนโทนา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเบนโทนา	ร้อยละผลได้ของเบนโทนา	อัตราการผลิตเบนโทนา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเบนโทนา	ร้อยละผลได้ของเบนโทนา	อัตราการผลิตเบนโทนา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเบนโทนา	ร้อยละผลได้ของเบนโทนา	อัตราการผลิตเบนโทนา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเบนโทนา	ร้อยละผลได้ของเบนโทนา
0.32	81.40	21.16	0.32	9.70	7.90	0.03	2.30	1.87	0.01	10.60	8.63	0.03	3.40	2.77	0.01	74.00	60.24	18.60		
0.60	85.38	23.22	0.60	10.60	9.05	0.05	2.40	2.05	0.01	10.70	9.14	0.05	3.50	2.99	0.02	72.80	62.16	14.62		
1.23	88.33	16.43	1.23	6.60	5.83	0.07	1.60	1.41	0.02	7.50	6.62	0.08	2.90	2.56	0.03	81.40	71.90	11.67		

ตารางที่ ก5 แสดงอิทธิพลของอัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้นต่อปฏิบัติการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง

Simulated distillation gas chromatography (ASTM D 2887) ที่อุณหภูมิ 410 องศาเซลเซียส

อัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้น (กรัมต่อนาที)	ร้อยละผลได้	ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาน้ำมัน	อัตราการไหล (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊สของเบนโทนา	ร้อยละผลได้ของเบนโทนา	อัตราการผลิตเบนโทนา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเบนโทนา	ร้อยละผลได้ของเบนโทนา	อัตราการผลิตเบนโทนา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเบนโทนา	ร้อยละผลได้ของเบนโทนา	อัตราการผลิตเบนโทนา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเบนโทนา	ร้อยละผลได้ของเบนโทนา	อัตราการผลิตเบนโทนา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเบนโทนา	ร้อยละผลได้ของเบนโทนา	อัตราการผลิตเบนโทนา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเบนโทนา	ร้อยละผลได้ของเบนโทนา
0.32	66.67	22.60	0.32	14.70	9.80	0.03	3.00	2.00	0.01	12.50	8.33	0.03	3.70	2.47	0.01	66.10	44.07	33.33		
0.60	68.01	28.16	0.60	18.30	12.45	0.07	4.00	2.72	0.02	15.00	10.20	0.06	4.10	2.79	0.02	58.60	39.85	31.99		
1.23	72.86	19.53	1.23	10.50	7.65	0.09	2.50	1.82	0.02	10.30	7.50	0.09	3.50	2.55	0.03	73.20	53.33	27.14		

ตารางที่ ก6 แสดงอิทธิพลของอัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้นต่อปฏิบัติการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง

Simulated distillation gas chromatography (ASTM D 2887) ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส

อัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้น (กรัมต่อนาที)	ร้อยละผลได้	ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา	อัตราการไหล (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊พฟทา	ร้อยละผลได้ของแก๊พฟทา	อัตราการผลิตแก๊พฟทา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเคโรซีน	ร้อยละผลได้ของเคโรซีน	อัตราการผลิตเคโรซีน (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊สออยล์เบา	ร้อยละผลได้ของแก๊สออยล์เบา	อัตราการผลิตแก๊สออยล์เบา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊สออยล์หนัก	ร้อยละผลได้ของแก๊สออยล์หนัก	อัตราการผลิตแก๊สออยล์หนัก (กรัมต่อนาที)	น้มน้ำมันเบา	ร้อยละผลได้ของน้มน้ำมันเบา	น้มน้ำมันหนัก	ร้อยละผลได้ของน้มน้ำมันหนัก
0.32	40.26	21.38	0.32	26.60	10.71	0.03	5.30	2.13	0.01	17.00	6.84	0.02	4.20	1.69	0.01	46.90	18.88	59.74	
0.60	42.12	30.16	0.60	38.30	16.13	0.10	7.50	3.16	0.02	21.30	8.97	0.05	4.50	1.90	0.01	28.40	11.96	57.88	
1.23	49.90	37.18	1.23	40.70	20.31	0.25	8.80	4.39	0.05	21.60	10.78	0.13	3.40	1.70	0.02	25.50	12.72	50.10	

ตารางที่ ก7 แสดงอิทธิพลของอัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้นต่อปฏิบัติการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง

Simulated distillation gas chromatography (ASTM D 2887) ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส

อัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้น (กรัมต่อนาที)	ร้อยละผลได้	ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา	อัตราการไหล (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊พฟทา	ร้อยละผลได้ของแก๊พฟทา	อัตราการผลิตแก๊พฟทา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเคโรซีน	ร้อยละผลได้ของเคโรซีน	อัตราการผลิตเคโรซีน (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊สออยล์เบา	ร้อยละผลได้ของแก๊สออยล์เบา	อัตราการผลิตแก๊สออยล์เบา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊สออยล์หนัก	ร้อยละผลได้ของแก๊สออยล์หนัก	อัตราการผลิตแก๊สออยล์หนัก (กรัมต่อนาที)	น้มน้ำมันเบา	ร้อยละผลได้ของน้มน้ำมันเบา	น้มน้ำมันหนัก	ร้อยละผลได้ของน้มน้ำมันหนัก
0.32	35.85	23.19	0.32	34.60	12.40	0.04	6.40	2.29	0.01	19.30	6.92	0.02	4.40	1.58	0.01	35.30	12.66	64.15	
0.60	37.18	28.63	0.60	42.40	15.76	0.09	8.30	3.09	0.02	22.00	8.18	0.05	4.30	1.60	0.01	23.00	8.55	62.82	
1.23	43.53	32.60	1.23	39.00	16.98	0.21	8.80	3.83	0.05	22.70	9.88	0.12	4.40	1.92	0.02	25.10	10.93	56.47	

ตารางที่ ก8 แสดงอิทธิพลของปริมาณแก๊สไฮโดรเจนต่อปฏิกิริยาการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Simulated distillation gas chromatography (ASTM D 2887) ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส อัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้น 2.05 กรัมต่อนาที

อัตราการไหลขาเข้าของแก๊สไฮโดรเจน (มิลลิลิตรต่อนาที)	ร้อยละผลได้	ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา	อัตราการไหล(กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแนฟทา	ร้อยละผลได้ของ แนฟทา	อัตราการผลิดแนฟทา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเคโรซีน	ร้อยละผลได้ของเคโรซีน	อัตราการผลิดเคโรซีน (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊สออลล์เบา	ร้อยละผลได้ของแก๊สออลล์เบา	อัตราการผลิดแก๊สออลล์เบา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊สออลล์หนัก	ร้อยละผลได้ของแก๊สออลล์หนัก	อัตราการผลิดแก๊สออลล์หนัก (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของกาน้ำมัน	ร้อยละผลได้ของกาน้ำมัน	ร้อยละผลได้ของแข็งและแก๊ส	ร้อยละของน้ำมันที่ปฏิกิริยา ร้อยละของน้ำมัน
5	54.44	21.67	2.05	16.70	9.09	0.19	3.90	2.12	0.04	14.90	8.11	0.17	4.30	2.34	0.05	60.20	32.77	45.56	0.66
10	55.37	22.92	2.05	17.20	9.52	0.20	3.70	2.05	0.04	15.00	8.31	0.17	5.50	3.05	0.06	58.60	32.45	44.63	0.71

ตารางที่ ก9 แสดงอิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่อปฏิกิริยาการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Simulated distillation gas chromatography (ASTM D 2887) ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส อัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้น 2.05 กรัมต่อนาที ปริมาณแก๊สไฮโดรเจน 5 มิลลิลิตรต่อนาที

ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา (ร้อยละ)	ร้อยละผลได้	ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา	อัตราการไหล(กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊สพหุ	ร้อยละผลได้ของ แก๊สพหุ	อัตราการไหลผลได้แก๊สพหุ (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเอโรซีน	ร้อยละผลได้ของเอโรซีน	อัตราการไหลเอโรซีน (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊สออกโซเบน	ร้อยละผลได้ของแก๊สออกโซเบน	อัตราการไหลแก๊สออกโซเบน (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊สออกโซเบนหนัก	ร้อยละผลได้ของแก๊สออกโซเบนหนัก	อัตราการไหลแก๊สออกโซเบนหนัก (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเออร์	ร้อยละผลได้ของเออร์	อัตราการไหลเออร์	ร้อยละผลได้ของเออร์
0.00	54.44	21.67	2.05	16.70	9.09	0.19	3.90	2.12	0.04	14.90	8.11	0.17	4.30	2.34	0.05	60.20	32.77	45.56	0.66
0.10	54.92	27.57	2.05	24.20	13.29	0.27	5.30	2.91	0.06	16.70	9.17	0.19	4.00	2.20	0.05	49.80	27.35	45.08	1.01
0.50	55.80	28.23	2.05	24.40	13.62	0.28	5.10	2.85	0.06	16.90	9.43	0.19	4.20	2.34	0.05	49.40	27.57	44.20	1.02
0.75	57.95	34.36	2.05	30.30	17.56	0.36	6.00	3.48	0.07	18.80	10.89	0.22	4.20	2.43	0.05	40.70	23.59	42.05	1.46
1.00	58.64	35.13	2.05	30.40	17.83	0.37	6.30	3.69	0.08	18.90	11.08	0.23	4.30	2.52	0.05	40.10	23.51	41.36	1.49

ตารางที่ ก10 แสดงอิทธิพลของปริมาณพลาสติกผสมต่อปฏิบัติการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Simulated distillation gas chromatography (ASTM D 2887) ที่อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส อัตราการไหลขาเข้าของสารตั้งต้น 2.01 กรัมต่อนาที ปริมาณแก๊สไฮโดรเจน 5 มิลลิลิตรต่อนาที ตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนัก

ปริมาณของพลาสติกผสม (ร้อยละ)	ร้อยละผลได้	ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยา	อัตราการไหล(กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแนฟทา	ร้อยละผลได้ของ แนฟทา	อัตราการผลัดแนฟทา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของเคโรซีน	ร้อยละผลได้ของเคโรซีน	อัตราการผลัดเคโรซีน (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของแก๊สออยล์เบา	ร้อยละผลได้ของแก๊สออยล์เบา	อัตราการผลัดแก๊สออยล์เบา (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของอะโรมาติก	ร้อยละผลได้ของอะโรมาติก	อัตราการผลัดอะโรมาติก (กรัมต่อนาที)	ร้อยละของน้ำมัน	ร้อยละผลได้ของน้ำมัน	ร้อยละของน้ำหนักของอะโรมาติก	ร้อยละของน้ำหนักของอะโรมาติก
1.00	55.49	33.18	2.01	30.80	17.09	0.34	6.30	3.50	0.07	18.70	10.38	0.21	4.00	2.22	0.04	40.20	22.31	44.51	1.49
2.50	57.13	34.28	2.01	31.60	18.05	0.36	6.40	3.66	0.07	18.10	10.34	0.21	3.90	2.23	0.04	40.00	22.85	42.87	1.50
4.00	58.67	35.79	2.01	32.10	18.83	0.38	6.40	3.75	0.08	18.40	10.80	0.22	4.10	2.41	0.05	39.00	22.88	41.33	1.56
10.00	62.72	39.26	2.01	32.70	20.51	0.41	6.70	4.20	0.08	18.50	11.60	0.23	4.70	2.95	0.06	37.40	23.46	37.28	1.67

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณ

1. การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์

การคำนวณหาปริมาณเหล็กเพื่อใช้สำหรับการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาโดยการฝังตัว (Impregnation) บนตัวรองรับถ่านกัมมันต์

$$\text{มวลโมเลกุลของ } \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O} = 341.84$$

$$\text{มวลโมเลกุลของเหล็ก} = 55.84$$

ต้องการเตรียมเหล็กร้อยละ 5 บนถ่านกัมมันต์ จำนวน 50 กรัม

$$\text{น้ำหนักของ } \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O} = \frac{\text{มวลโมเลกุลของ } \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O} \times \text{ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา}}{\text{มวลโมเลกุลของเหล็ก}}$$

$$= \frac{341.84 \text{ กรัมต่อโมล} \times 2.50 \text{ กรัม}}{55.84 \text{ กรัมต่อโมล}}$$

$$= 15.31 \text{ กรัม}$$

ดังนั้นต้องใช้ $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 15.31 กรัม เพื่อเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กร้อยละ 5 บนถ่านกัมมันต์ จำนวน 50 กรัม

2. การคำนวณร้อยละการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ และร้อยละองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์

2.1 ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมัน

$$= \frac{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้ต่อหน่วยเวลา} \times 100}{\text{น้ำหนักของสารตั้งต้นต่อหน่วยเวลา}}$$

2.2 ร้อยละผลได้ของน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาจากสารตั้งต้นเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมัน

$$= \text{ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมัน} - \text{ร้อยละผลได้ของกากน้ำมันที่เหลือ}$$

2.3 ร้อยละผลได้ของแนฟทา

$$= \frac{\text{ร้อยละของแนฟทาจากเครื่อง DGC} \times \text{ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมัน}}{100}$$

2.4 ร้อยละผลได้ของเคโรซีน

$$= \frac{\text{ร้อยละของเคโรซีนจากเครื่อง DGC} \times \text{ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมัน}}{100}$$

2.5 ร้อยละผลได้ของแก๊สออยล์เบา

$$= \frac{\text{ร้อยละของแก๊สออยล์เบาเครื่อง DGC} \times \text{ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมัน}}{100}$$

2.6 ร้อยละผลได้ของแก๊สออยล์หนัก

$$= \frac{\text{ร้อยละของแก๊สออยล์หนักด้วยเครื่อง DGC} \times \text{ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมัน}}{100}$$

2.7 ร้อยละผลได้ของกากน้ำมัน

$$= \frac{\text{ร้อยละของกากน้ำมันจากเครื่อง DGC} \times \text{ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมัน}}{100}$$

2.8 ร้อยละผลได้ของของแข็งและแก๊ส

$$= 100 - \text{ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมันรวม}$$

3. การคำนวณอัตราการผลิตน้ำมันเบาต่อหนึ่งหน่วยเวลา (กรัมต่อนาที)

3.1 อัตราการผลิตแนฟทา

$$= \frac{\text{อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น} \times \text{ร้อยละของแนฟทา} \times \text{ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมัน}}{100 \times 100}$$

3.2 อัตราการผลิตเคโรซีน

$$= \frac{\text{อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น} \times \text{ร้อยละของเคโรซีน} \times \text{ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมัน}}{100 \times 100}$$

3.3 อัตราการผลิตแก๊สออยล์เบา

$$= \frac{\text{อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น} \times \text{ร้อยละของแก๊สออยล์เบา} \times \text{ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมัน}}{100 \times 100}$$

3.4 อัตราการผลิตแก๊สออยล์หนัก

$$= \frac{\text{อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น} \times \text{ร้อยละของแก๊สออยล์} \times \text{ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมัน}}{100 \times 100}$$

3.5 อัตราการผลิตกากน้ำมัน

$$= \frac{\text{อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้น} \times \text{ร้อยละของกากน้ำมัน} \times \text{ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์น้ำมัน}}{100 \times 100}$$

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์การกระจายขององค์ประกอบผลิตภัณฑ์น้ำมันตามคาบจุดเดือด (Boiling Distribution)

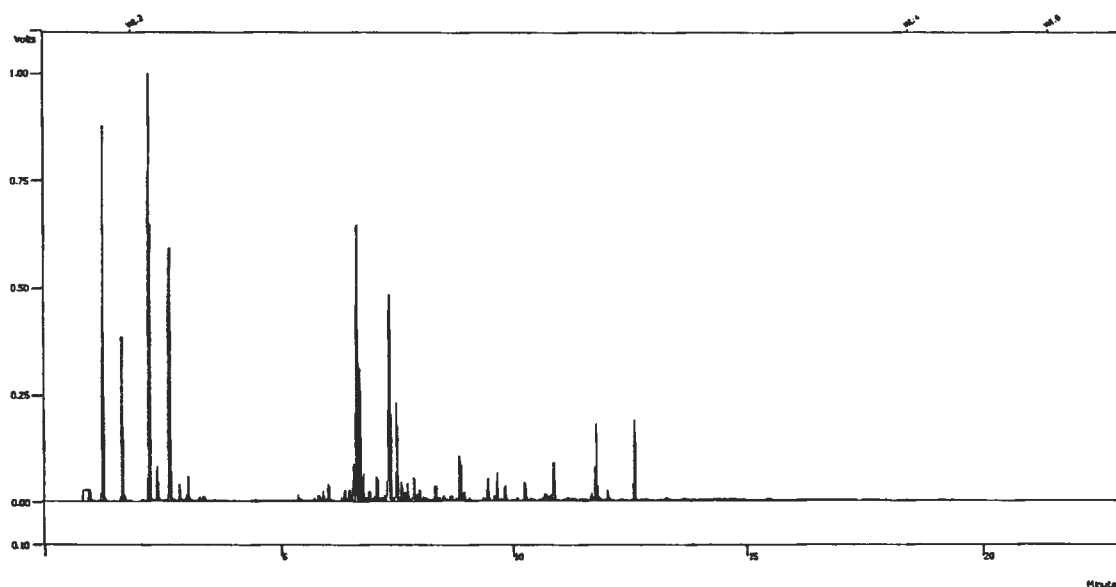
การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์น้ำมันด้วยเครื่อง Simulated Distillation Gas Chromatograph จะวิเคราะห์ตามจุดเดือดของแต่ละสารดังต่อไปนี้

IBP – 200 องศาเซลเซียส	=	แนฟทา
200 – 250 องศาเซลเซียส	=	เคโรซีน
250 – 350 องศาเซลเซียส	=	แก๊สออยล์เบา
350 – 370 องศาเซลเซียส	=	แก๊สออยล์หนัก
370 องศาเซลเซียส – FBP	=	กากน้ำมัน

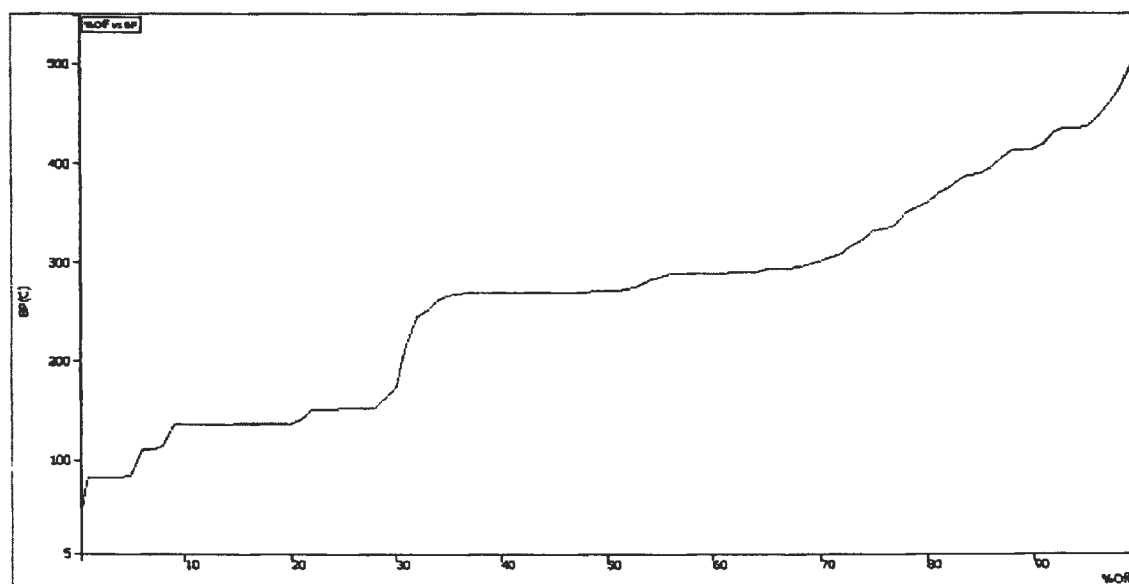
การวิเคราะห์จะเริ่มจากการเตรียมสารตัวอย่าง โดยนำผลิตภัณฑ์น้ำมันไปละลายในสารละลายคาร์บอนไดซัลไฟด์ (CS₂) ในอัตรา 1 ส่วนใน 100 ส่วนโดยปริมาตร จากนั้นนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี AC SIMDIS D3710 บริษัท AC Analytical Controls จำกัด สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันตามจุดเดือด ตามมาตรฐาน ASTM D2887 พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องแบบ FID (Frame Ionization Detector) ใช้ซอฟต์แวร์ Simulated Distillation คอลัมน์ที่ใช้เป็น Capillary column มี stationary phase คือ CP-SIL 5CB ยาว 15 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร และความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมครอน ภาวะที่ใช้คือ อุณหภูมิหัวฉีด 298 องศาเซลเซียส อุณหภูมิคอลัมน์ 30-320 องศาเซลเซียส อุณหภูมิดีเทคเตอร์ 320 องศาเซลเซียส โดยมีแก๊สนำพา (carrier gas) เป็นแก๊สฮีเลียมที่อัตราการไหล 1.50 มิลลิลิตรต่อนาที ด้วย split ratio 2

ตัวอย่างกราฟแสดงการกลั่นตามจุดเดือด

โครมาโทแกรมที่ได้จากการแยกสารด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ดังรูป ค1 จากนั้นนำไปเปลี่ยนเป็นกราฟแสดงการกลั่นตามจุดเดือดด้วยโปรแกรม Simulated Distillation โดยจะทำการเทียบกับโครมาโทแกรมของสารมาตรฐานตาม ASTM D2887 (Standard) และโครมาโทแกรมของเครื่องเมื่อไม่มีการฉีดสารใดๆ (Blank) ดังรูป ค2

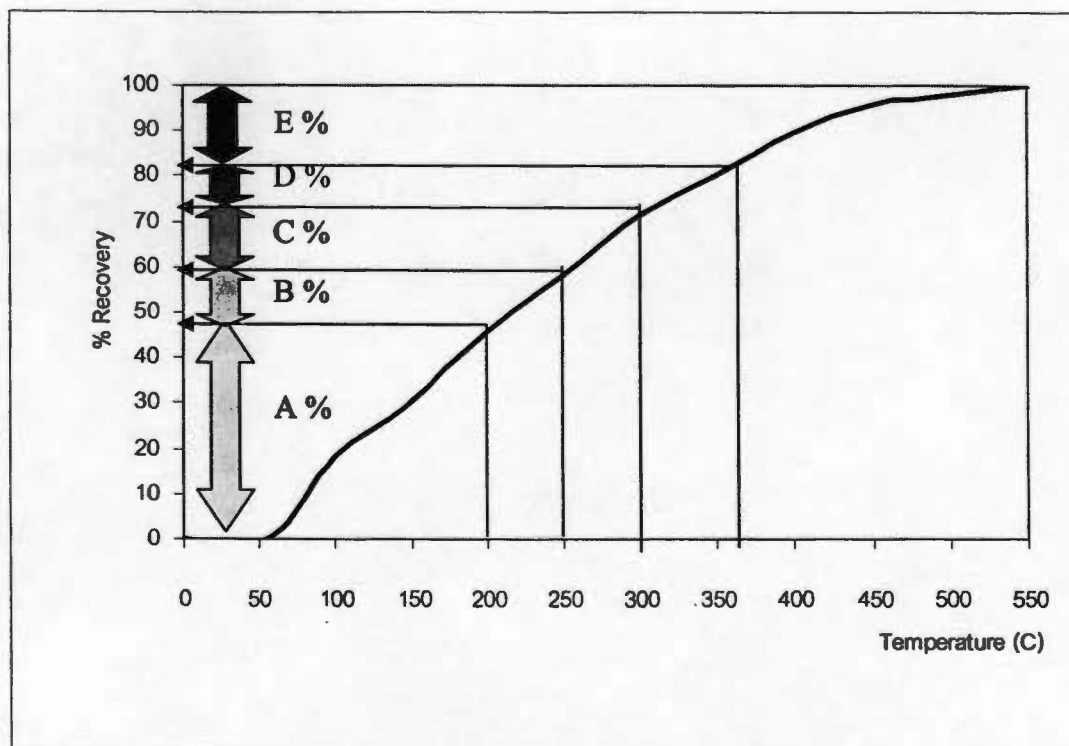


รูปที่ ค1 แสดงโครมาโทแกรมจากการแยกของผลิตภัณฑ์น้ำมันด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี



รูปที่ ค2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละผลิตภัณฑ์น้ำมัน(% off) กับจุดเดือดของสารจากโปรแกรม Simulated Distillation

ตัวอย่างการคำนวณ



รูปที่ ค3 ตัวอย่างกราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่าการกระจายตัวขององค์ประกอบผลิตภัณฑ์น้ำมันตามคาบจุดเดือดด้วยเครื่องมือ Simulated Distillation Gas Chromatography และการคำนวณปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆ

การคำนวณหาปริมาณองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าการกระจายตัวขององค์ประกอบน้ำมันตามคาบจุดเดือด

ปริมาณแนฟทาที่อ่านจากกราฟร้อยละ A

$$\text{ดังนั้นร้อยละแนฟทาของผลิตภัณฑ์น้ำมัน } W \text{ กรัม} = \frac{A \times W}{100}$$

ปริมาณเคโรซีนที่อ่านจากกราฟร้อยละ B

$$\text{ดังนั้นร้อยละเคโรซีนของผลิตภัณฑ์น้ำมัน } W \text{ กรัม} = \frac{B \times W}{100}$$

$$\begin{array}{l} \text{ปริมาณแก๊สออกไซด์เบาอ่านจากกราฟร้อยละ C} \\ \text{ดังนั้นร้อยละแก๊สออกไซด์เบาของผลิตภัณฑ์น้ำมัน W กรัม} = \end{array} \quad \frac{100 \times C \times W}{100}$$

$$\begin{array}{l} \text{ปริมาณแก๊สออกไซด์หนักที่อ่านจากกราฟร้อยละ D} \\ \text{ดังนั้นร้อยละแก๊สออกไซด์หนักของผลิตภัณฑ์น้ำมัน W กรัม} = \end{array} \quad \frac{100 \times D \times W}{100}$$

$$\begin{array}{l} \text{ปริมาณกากน้ำมันที่อ่านจากกราฟร้อยละ E} \\ \text{ดังนั้นร้อยละกากน้ำมันของผลิตภัณฑ์น้ำมัน W กรัม} = \end{array} \quad \frac{100 \times E \times W}{100}$$

ภาคผนวก ง

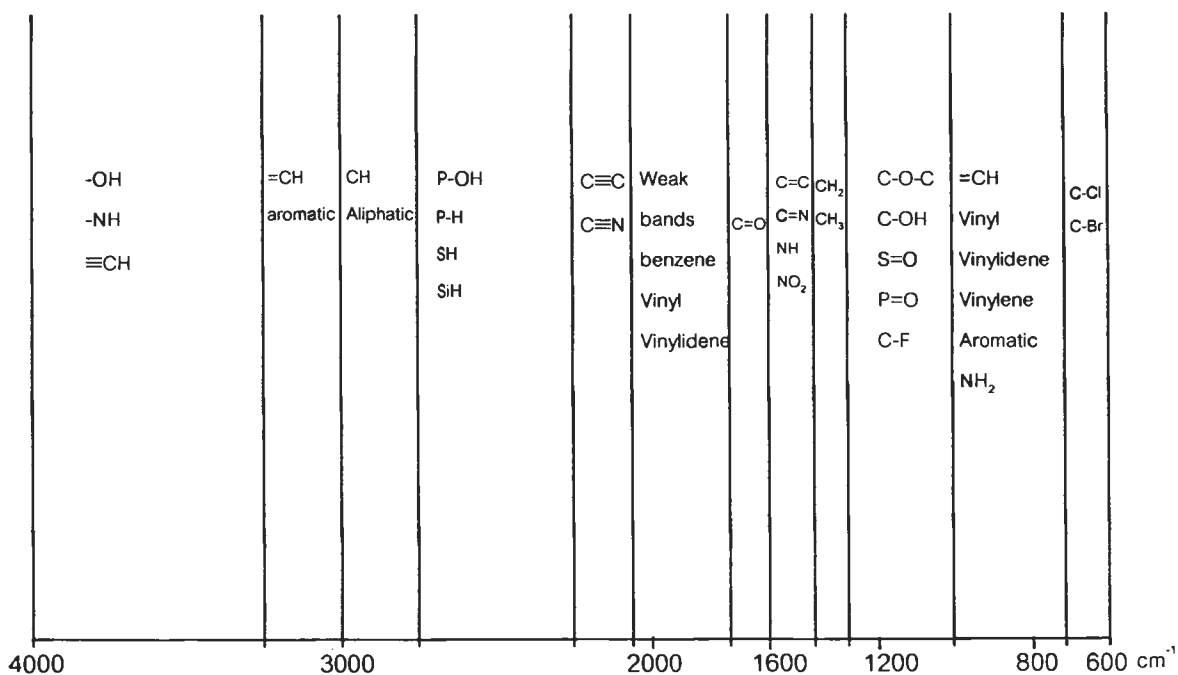
การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของเหลวด้วย FT - IR

การแปลความหมายของการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrophotometer จะพิจารณาแถบการดูดกลืน Infrared Spectrum เป็น 3 ช่วง คือ

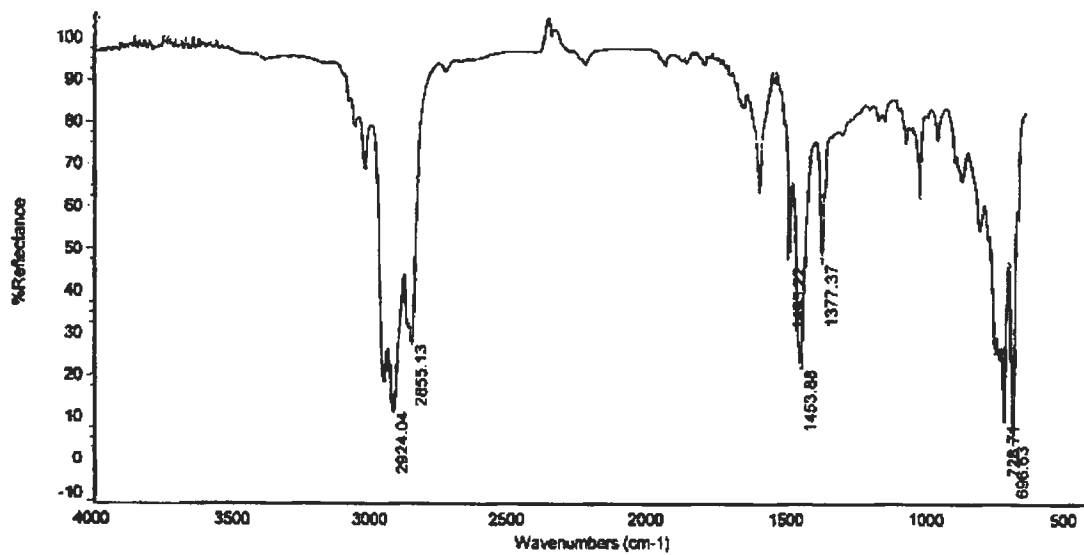
1. ย่านความถี่ 1300 – 1400 cm^{-1} เรียกว่า Functional group regional เป็นย่านที่บอกถึงชนิดของหมู่ฟังก์ชันในโมเลกุล ซึ่งหากไม่ปรากฏแถบการดูดกลืนของหมู่ฟังก์ชันใดในย่านนี้ จะเป็นการยืนยันว่าไม่มีหมู่ฟังก์ชันอยู่ในโมเลกุลสารที่สนใจ แต่ทั้งนี้การแปลความหมายต้องทำอย่างระมัดระวังเนื่องจากโครงสร้างบางตัวอาจให้แถบดูดกลืนที่กว้างจนสังเกตได้ยาก

2. ย่านความถี่ 910 – 1300 cm^{-1} เรียกว่า Finger print regional ซึ่งแถบดูดกลืนในย่านนี้มีความสลับซับซ้อนมาก แต่แถบที่ปรากฏจะมีลักษณะเฉพาะตัวของโมเลกุลแต่ละชนิด อันจะมีประโยชน์ในการยืนยันว่าสาร 2 ตัวที่สงสัยเป็นสารเดียวกันหรือไม่ โดยทำการเทียบสเปกตรัมของสารที่เตรียมในตัวอย่างชนิดเดียวกัน หากปรากฏแถบการดูดกลืนในย่านนี้ทับกันทุกตัว แสดงว่าเป็นสารตัวเดียวกัน

3. ย่านความถี่ 650 – 910 cm^{-1} จะบ่งบอกถึงการจัดตัวของหมู่แทนที่บนวงแหวนสารประกอบแอโรแมติก ซึ่งหากไม่ปรากฏแถบการดูดกลืนบริเวณนี้ ย่อมแสดงว่าสารที่สนใจไม่มีองค์ประกอบเป็นแอโรแมติก



รูปที่ ง.1 แถบการดูดกลืนของ Infrared Spectra ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ



รูปที่ ง.2 ตัวอย่างแสดงค่าการดูดกลืนของแสงจากผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการแตกตัวของ
พอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีนและน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศิลป์ดาราทักษณปริชญานนท์ เกิดเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2525 ที่ กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีการศึกษา 2546 และเข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2547