

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กรมควบคุมมลพิษ, สถานการณ์สิ่งแวดล้อมไทย ปี 2003. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2546.
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, รายงานพลังงานของประเทศไทย. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, 2544.
- กรมส่งเสริมการส่งออก, ข้อมูลอุตสาหกรรมพลาสติก. กระทรวงอุตสาหกรรม, 2541.
- กาญจนา บุญเกียรติ. เชื้อเพลิงและการเผาไหม้. 2542. 2.21-2.24.
- นิรมล ปัญญาวงศ์. การแปรรูปร่วมของถ่านหินและพลาสติกผสมให้เป็นของเหลวในตัวทำละลายภาวะเหนือวิกฤต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
- บำรุงสุข เทียมพันธ์. การแปรรูปร่วมของถ่านหินและน้ำมันพีซใช้แล้วให้เป็นของเหลวโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- ประเสริฐ ชุมชุม และคณะ, เทคโนโลยีการทำเหมืองถ่านหิน. กรุงเทพมหานคร, 2538.
- รังสรรค์ ปิ่นทอง. ประโยชน์และโทษของมูลฝอย. กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, 2536.
- ศุภวรรณ ตันตยานนท์. ปิโตรเคมี (ม.ป.ท.). 2542.
- สำนักนโยบายอุตสาหกรรมรายสาขา1, ข้อมูลและการคาดการณ์การบริโภคผลิตภัณฑ์พลาสติกภายในประเทศ. กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546.
- อภิชาติ ศิริพจนาวรรณ. การแปรรูปร่วมของถ่านหินและพอลิพรอพิลีนให้เป็นของเหลวด้วยตัวทำละลายภาวะเหนือวิกฤต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ภาษาอังกฤษ

- Adschiri, T., Shibata, R., Sato, T., Watanabe, M. and Arai, K., Catalytic hydrodesulfurization of dibenzothiophene through partial oxidation and a water-gas shift reaction in supercritical water, Industrial and Engineering Chemistry Research 37 (7) (1998): 2634-2638.

- Akiya, N. and Savage, P.E., Roles of water for chemical reaction in high-temperature water, Chemical Reviews 102 (2002): 2725-2750.
- Amestica, A. and Wolf, E.E., Catalytic liquefaction of coal with supercritical water/CO/solvent media, Fuel 65 (1986): 1226-1232.
- Artanto, Y., Jackson, W.R., Redlich, P.J. and Marshall, M., Liquefaction studies of some Indonesian low rank coals, Fuel 79 (2000): 1333-1340.
- ASTM Standard, D 388, Coal by rank: American Society for Testing Materials. U.S.A., 1989.
- ASTM Standard, D2015, Gross Calorific Values of Coal and Coke by the Adiabatic Bomb Calorimeter: American Standard Society for Testing and Materials. U.S.A., 1989.
- ASTM Standard, D2887-93, Standard Test Method for Boiling Range Distribution of Petroleum Fractions by Gas Chromatography. U.S.A., 1993.
- ASTM Standard, D 3173, Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke: American Society for Testing Materials. U.S.A., 1989.
- ASTM Standard, D 3175, Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke: American Society for Testing Materials. U.S.A., 1989.
- ASTM Standard, D 3177, Total Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke: American Society for Testing Materials. U.S.A., 1989.
- ASTM Standard, D 3286, Gross Calorific Values of Coal and Coke by the Isothermal Jacket Bomb Calorimeter: American Standard Society for Testing Materials. U.S.A., 1989.
- ASTM Standard, E 790-87, Residual Moisture in a Refuse-Derived Fuel Analysis Sample. U.S.A., 2004.
- ASTM Standard, E 830-87, Ash in the Analysis Sample of Refuse-Derived Fuel. U.S.A., 2004.
- ASTM Standard, E 897-88, Volatile Matter in the Analysis Sample of Refuse-Derived Fuel. U.S.A., 2004.
- Buckingham, Evans, and LaGrega, Hazardous Waste Management. Mc-Graw-Hill, Inc. 1994.

- Cheng, L., Zhang, R. and Bi, J., Pyrolysis of a low-rank coal in sub- and supercritical water, Fuel Processing Technology 85 (2004): 921-932.
- Ciocco, M.V., Cugini, A.V. Wildman, D.J., Erinc, J.B. and Stayrnates, W.J., Rheology of coal/ waste coprocessing mixtures, Powder Technology 94 (1997): 207-210.
- Cusumano, J.A., Ralph, A.B. and Ricardo, B.L., Catalysis in Coal Conversion. Academic Press,INC., London, 1978.
- Deshpande, G.V., Holder, G.D. Bishop, A.A., Gopal, J. and Wender, I.,Extraction of coal using supercritical water, Fuel 63 (1984): 956-960.
- Dominguez, A., Blanco, C.G., Barriocanal, C., Alvarez, R. and Diez, M.A., Gas chromatographic study of the volatile products from co-pyrolysis of coal and polyethylene wastes, Journal of Chromatography A 918 (2001): 135-144.
- Ederer, H.J., Kruse, A., Mas, C. and Ebert, K.H., Modelling of pyrolysis of tert-butylbenzene in supercritical water, Journal of Supercritical Fluids 15 (1999): 191-204.
- Feng, Z., Zhao, J., Rockwell, J., Bailey, D. and Huffman, G., Direct liquefaction of waste plastics and coliquefaction of coal-plastic mixtures, Fuel Processing Technology 49 (1996): 17-30.
- Gimouhopoulos, K., Doulia, D., Vlyssides, A. and Georgiou, D., Organic solvent effects on waste plastics-lignite coliquefaction, Resource. Conversation and Recvling 23 (1998): 47-56.
- Hu, H., Guo, S. and Hedden, K., Extraction of lignite with water in sub- and supercritical states, Fuel Processing Technology 53 (1998): 269-277.
- Hwang, G.C., Kim, K.H., Bae, S.Y., Yi, S.C. and Kumazawa, H., Degradation of high density polyethylene, polypropylene and their mixtures in supercritical acetone, Korean J. Chem. Eng. 18(3) (2001): 396-401.
- Kritzer, P., Corrosion in high-temperature and supercritical water and aqueous solutions: a review, Journal of Supercritical Fluids 29 (2004): 1-29.
- Liu, Z., Yang, J., Zondlo, J.W., Stiller, A.H. and Dadybujor, D.B., In situ impregnated iron-based catalysts for direct coal liquefaction, Fuel 75(1) (1996): 51-57.

- Luo, M. and Curtis, C.W., Effect of reaction parameters and catalyst type on waste plastics liquefaction and coprocessing with coal, Fuel Processing Technology 49 (1996): 177-196.
- Marshall, W.L. and Franck, E.U., Ion product of water substance, 0-1000 °C, 1-10000 bars, new international formulation and its background, Journal of Physical Chemical Reference Data 10 (1981): 295-304.
- Meyers, R.A., Coal Handbook. 1st Ed. New York, M. Dekker Inc., 1981.
- Montgomery, D.C., Design and Analysis of Experiments. 5th ed. New York, John Wiley & Sons, 1997.
- Moriya, T. and Enomoto, H., Characteristics of polyethylene cracking in supercritical water compared to thermal cracking, Polymer Degradation and Stability 65 (1999): 373-386.
- Ogunsola, O.M., Decomposition of isoquinoline and quinoline by supercritical water, Journal of Hazardous Materials 74 (2000): 187-195.
- Nowacki, P., Coal Liquefaction Process. Noyes Data Corp. USA., 1979.
- Park, S. and Gloyna, E.F., Statistical study of the liquefaction of used rubber tyre in supercritical water, Fuel 76 (1997): 999-1003.
- Probstein, R.F. and Hicks, R.E., Synthetic Fuels. Singapore, McGraw-Hill Book, 1982.
- Schlosburg, R.H., Chemistry of Coal Conversion. New York, Plenum Press, 1985.
- Schobert, H.H., The Chemistry of Hydrocarbon Fuel. New York, 1991.
- Sharma, R.K., Yang, J., Zondlo, J.W. and Dadyburjor, D.B., Effect of process conditions on co-liquefaction kinetics of waste tires and coal, Catalysis Today 40 (1998): 307-320.
- Speight, J.G., The Chemistry and Technology of Coal. 2nd ed., Revised and Expanded, New York, Merceel Dekker, 1994.
- Su, X., Zhao, Y., Zhang, R. and Bi, J., Investigation on degradation of polyethylene to oil in supercritical water, Fuel Processing Technology 85 (2004): 1249-1258.
- Takeshita, Y., Kato, K., Takahashi, K., Sato, Y. and Nishi, S., Basic study on treatment of waste polyvinyl chloride plastics by hydrothermal decomposition in subcritical and supercritical regions, Journal of Supercritical Fluids 31 (2004): 185-193.

- Uematsu, M. and Franck, E.U., Static dielectric constant of water and steam, Journal of Physical Chemical Reference Data 9 (1980): 1291-1306.
- Wang, Li. and Chen, P., Development of first-stage co-liquefaction of Chinese coal with waste plastics, Chemical Engineering and Processing 43 (2004): 145-148.
- Watanabe, M., Hirakoso, H., Sawamoto, S., Adschiri, T. and Arai, K., Polyethylene conversion in supercritical water, Journal of Supercritical Fluids 13 (1998): 247-252.
- Watanabe, M., Mochiduki, M., Sawamoto, S., Adschiri, T. and Arai, K., Partial oxidation of n-hexadecane and polyethylene in supercritical water, Journal of Supercritical Fluids 20 (2001): 257-266.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การคำนวณและข้อมูลการทดลอง

การคำนวณ

1. การคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลอง

คำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้นได้จากตารางไอน้ำยวดยิ่ง

2. การคำนวณร้อยละการเปลี่ยนรวม

ร้อยละการเปลี่ยนของถ่านหินและพลาสติกผสม หรือร้อยละการเปลี่ยนรวม (daf)

$$= 100 [(W_{1\text{daf}} - W_R) / W_{1\text{daf}}]$$

3. การคำนวณร้อยละผลได้ของเหลว

$$\text{ร้อยละผลได้ของเหลว (daf)} = 100 [W_{\text{Liq}} / W_{1\text{daf}}]$$

4. การคำนวณร้อยละผลได้ของแข็ง

$$\text{ร้อยละผลได้ของแข็ง (daf)} = 100 [W_R / W_{1\text{daf}}]$$

5. การคำนวณร้อยละผลได้ผลิตภัณฑ์แก๊ส

$$\text{ร้อยละผลได้ผลิตภัณฑ์แก๊ส (daf)} = 100 - \text{ร้อยละผลได้ของเหลว} - \text{ร้อยละผลได้ของแข็ง}$$

โดย

$W_{1\text{daf}}$ = น้ำหนักรวมของถ่านหินและกะลามะพร้าวที่ปราศจากความชื้นและเถ้า

$W_{2\text{daf}}$ = น้ำหนักถ่านหินที่ปราศจากความชื้นและเถ้า

W_R = น้ำหนักกากที่ปราศจากความชื้นและเถ้าหลังจากชะล้างด้วยเตตระไฮโดรฟูแรน

W_{Liq} = น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ของเหลว

6. การคำนวณผลการส่งเสริมกันแบบทวีคูณ

ผลการส่งเสริมกันแบบทวีคูณที่ได้จากการคำนวณ สำหรับร้อยละการเปลี่ยน

$$= [X_c \times (100 - \text{ร้อยละพลาสติกผสม})/100] + [X_p \times \text{ร้อยละพลาสติกผสม}/100]$$

ผลการส่งเสริมกันแบบทวีคูณที่ได้จากการคำนวณ สำหรับร้อยละผลได้ของเหลว

$$= [L_c \times (100 - \text{ร้อยละพลาสติกผสม}/100)] + [L_p \times \text{ร้อยละพลาสติกผสม}/100]$$

โดย

$$X_c = \text{ร้อยละการเปลี่ยนจากการสกัดถ่านหิน}$$

$$X_p = \text{ร้อยละการเปลี่ยนจากการสลายตัวของพลาสติกผสม}$$

$$L_c = \text{ร้อยละผลได้ของเหลวจากการสกัดถ่านหิน}$$

$$L_p = \text{ร้อยละผลได้ของเหลวจากการสลายตัวของพลาสติกผสม}$$

7. การคำนวณองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลวคิดเป็นกรัม

ปริมาณ naphtha, kerosene, light gas oil, gas oil และ long residue ในผลิตภัณฑ์ของเหลว (กรัม)

$$= [F \times \text{ร้อยละผลได้ของเหลว (กรัม)}]/100$$

องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากการคำนวณ (กรัม)

$$= [(W_{\text{HDPE}} \times 0.27) + (W_{\text{LDPE}} \times 0.25) + (W_{\text{PP}} \times 0.35) + (W_{\text{PS}} \times 0.13)]/100$$

และองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากการคำนวณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

$$= [W_f / W] \times 100$$

โดย

$$F = \text{ร้อยละโดยน้ำหนักของแต่ละสาร}$$

$$W_{\text{HDPE}} = \text{น้ำหนักของแต่ละสารของการทดลองที่ใช้ HDPE}$$

$$W_{\text{LDPE}} = \text{น้ำหนักของแต่ละสารของการทดลองที่ใช้ LDPE}$$

$$W_{\text{PP}} = \text{น้ำหนักของแต่ละสารของการทดลองที่ใช้ PP}$$

$$W_{\text{PS}} = \text{น้ำหนักของแต่ละสารของการทดลองที่ใช้ PS}$$

$$W_f = \text{น้ำหนักของแต่ละสาร (กรัม)}$$

$$W = \text{น้ำหนักรวมทั้ง 5 สาร (กรัม)}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

1. การคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น

ภาวะของการทดลอง

ปริมาตรเครื่องปฏิกรณ์ 250 มิลลิลิตร

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง 450 องศาเซลเซียส

ความดันที่ต้องการ 25 เมกะปาสคัล

จากตารางไอน้ำยิ่งยวด จะได้ว่าปริมาตรจำเพาะ สำหรับอุณหภูมิ 450 เซลเซียสและ

ความดัน 25 เมกะปาสคัล คือ 0.009715 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม

คิดเป็นปริมาตรน้ำ 25.7 มิลลิลิตร

2. การสลายตัวของพลาสติกผสม

ภาวะของการทดลอง

อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำต่อพลาสติกผสม 2: 1

เวลา 1 นาที

การคำนวณ

ปริมาณน้ำที่ใช้ 37.5 กรัม

น้ำหนักพลาสติกผสม (Dry basis) = 18.75 กรัม

น้ำหนักพลาสติกผสม (Dry and ash free basis) = 17.8125 กรัม

น้ำหนักผลได้ของเหลว = 12.39 กรัม

น้ำหนักกากของแข็ง (Dry basis) = 0.9977 กรัม

น้ำหนักกากของแข็ง (Dry and ash free basis) = 0.0602 กรัม

$$\text{ร้อยละการเปลี่ยนรวม} = \frac{100 \times [17.8125 - 0.0602]}{17.8125} = 99.68$$

$$\text{ร้อยละผลได้ของเหลว} = 100 \times [12.39 / 17.8125] = 66.04$$

$$\text{ร้อยละผลได้ของแข็ง} = 100 \times [0.0602 / 17.8125] = 0.32$$

$$\text{ร้อยละผลได้แก๊ส} = 100 - 66.04 - 0.32 = 33.64$$

3. การแปรปรูปร่วมของถ่านหินและพลาสติกผสม

ภาวะของการทดลอง

อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำต่อถ่านหินและพลาสติกผสม 6: 1

ร้อยละพลาสติกผสม 70

เวลา 1 นาที

การคำนวณ

ปริมาณน้ำที่ใช้ 42.5 กรัม

น้ำหนักถ่านหิน (Dry basis) = 2.1249 กรัม

น้ำหนักถ่านหิน (Dry and ash free basis) = 1.7171 กรัม

น้ำหนักพลาสติกผสม (Dry basis) = 4.9581 กรัม

น้ำหนักพลาสติกผสม (Dry and ash free basis) = 4.7102 กรัม

น้ำหนักผลได้ของเหลว = 3.34 กรัม

น้ำหนักกากของแข็ง (Dry basis) = 1.8746 กรัม

น้ำหนักกากของแข็ง (Dry and ash free basis) = 1.2189 กรัม

$$\text{ร้อยละการเปลี่ยนรวม} = \frac{100 \times [(1.7171 + 4.7102) - 0.5643]}{(1.7171 + 4.7102)} = 81.68$$

$$\text{ร้อยละผลได้ของเหลว} = 100 \times [3.34 / (1.7171 + 4.7102)] = 50.17$$

$$\text{ร้อยละผลได้ของแข็ง} = 100 \times [1.2189 / (1.7171 + 4.7102)] = 18.32$$

$$\text{ร้อยละผลได้แก๊ส} = 100 - 50.17 - 18.32 = 31.51$$

4. ผลการส่งเสริมกันแบบทวีคูณจากการคำนวณ

ภาวะการทดลอง

อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำต่อถ่านหินและพลาสติกผสม 6: 1

ร้อยละพลาสติกผสม 70

ถ่านหิน

จากการสกัดถ่านหินด้วยน้ำภาวะเหนือวิกฤตที่ อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนน้ำต่อถ่านหิน 6:1

ร้อยละการเปลี่ยน 27.83

ร้อยละผลได้ของเหลว 11.83

พลาสติกผสม

จากการทดลองการสลายตัวของพลาสติกผสมที่ อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนน้ำต่อพลาสติกผสม 6:1

ร้อยละการเปลี่ยน 95.91

ร้อยละผลได้ของเหลว 65.77

ผลการส่งเสริมกันแบบทวีคูณของร้อยละการเปลี่ยน

$$= [27.8 \times (100 - 70)/100] + [95.91 \times 70/100] = 74.88$$

ผลการส่งเสริมกันแบบทวีคูณของร้อยละผลได้ของเหลว

$$= [11.83 \times (100 - 70)/100] + [65.77 \times 70/100] = 49.58$$

5. การคำนวณองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลวคิดเป็นกรัม

ข้อมูลการทดลอง

ปริมาณร้อยละผลได้ของเหลว (กรัม)

- จากการสลายตัวของ HDPE = 13.72
- จากการสลายตัวของ LDPE = 15.66
- จากการสลายตัวของ PP = 11.98
- จากการสลายตัวของ PS = 14.90

ปริมาณ naphtha ในผลิตภัณฑ์ของเหลว (ร้อยละ)

- จากการสลายตัวของ HDPE = 20
- จากการสลายตัวของ LDPE = 21
- จากการสลายตัวของ PP = 39
- จากการสลายตัวของ PS = 62

การคำนวณ

ปริมาณ naphtha ในผลิตภัณฑ์ของเหลว (กรัม)

$$= [20 \times 13.72]/100 = 2.74 \text{ กรัม}$$

องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากการคำนวณ (กรัม)

$$= [(2.74 \times 0.27) + (3.29 \times 0.25) + (4.67 \times 0.35) + (9.24 \times 0.13)]/100$$

$$= 4.45$$

และองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากการคำนวณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

$$= [4.45 / (4.45 + 1.72 + 3.28 + 0.52 + 3.78)] \times 100$$

$$= 32$$

ตาราง ก1 ผลการคำนวณองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลวคิดเป็นกรัม จากการสลายตัวของพลาสติกแต่ละชนิด

	HDPE	LDPE	PP	PS	พลาสติกผสม	พลาสติกผสม (จากการคำนวณ)
ปริมาณผลิตภัณฑ์ของเหลว	13.72	15.66	11.98	14.9	13.22	13.75
คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก						
naphtha	20	21	39	62	34	32
kerosene	11	12	18	2	16	13
light gas oil	27	27	21	19	25	24
gas oil	5	4	3	3	3	4
long residue	37	36	19	14	22	27
คิดเป็นกรัม						
naphtha	2.74	3.29	4.67	9.24	4.49	4.45
kerosene	1.51	1.88	2.16	0.30	2.11	1.72
light gas oil	3.70	4.23	2.52	2.83	3.30	3.28
gas oil	0.69	0.63	0.36	0.45	0.40	0.52
long residue	5.08	5.64	2.28	2.09	2.91	3.78

ตาราง ก2 ผลการคำนวณองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลวคิดเป็นกรัม จากการแปรรูปรวมของถ่านหินและพลาสติกแต่ละชนิด

	HDPE	LDPE	PP	PS	พลาสติกผสม	พลาสติกผสม (จากการคำนวณ)
ปริมาณผลิตภัณฑ์ของเหลว	3.75	4.17	3.27	3.81	3.54	3.69
คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก						
naphtha	21	19	32	59	23	29
kerosene	11	11	17	2	14	12
light gas oil	28	27	24	21	29	25
gas oil	5	5	4	2	4	4
long residue	35	38	23	16	30	29
คิดเป็นกรัม						
naphtha	0.79	0.79	1.05	2.25	0.81	1.08
kerosene	0.41	0.46	0.56	0.08	0.50	0.44
light gas oil	1.05	1.13	0.78	0.80	1.03	0.94
gas oil	0.19	0.21	0.13	0.08	0.14	0.16
long residue	1.31	1.58	0.75	0.61	1.06	1.07

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์สมบัติถ่านหิน

1. การวิเคราะห์ถ่านหินแบบประมาณ (Proximate Analysis : ASTM D 3173-D 3175)
 - 1.1 ปริมาณความชื้นในตัวอย่างถ่านหิน (Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke : ASTM D 3173)

หลักการ

นำตัวอย่างถ่านหินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมโครเมตร มาให้ความร้อนในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยจากถ่านหิน ค่าความชื้นคำนวณได้จากน้ำหนักของถ่านหินที่หายไป

เครื่องมือ

1. ตู้อบ
2. ถ้วยกระเบื้อง (Porcelain Crucible) พร้อมฝาปิด
3. เดซิกเคเตอร์ (Desiccator)

วิธีการทดลอง

1. อบถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาในตู้อบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ ประมาณ 15 นาที ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
2. ชั่งตัวอย่างถ่านหินประมาณ 1 กรัม ใส่ถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ปิดฝาทันที บันทึกน้ำหนักตัวอย่างถ่านหิน
3. นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 105-110 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง (จนกระทั่งน้ำหนักของตัวอย่างถ่านหินคงที่) ทิ้งให้เย็นในเดซิกเคเตอร์
4. ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องที่มีตัวอย่างถ่านหินที่อบแล้วพร้อมฝาปิด บันทึกผล

การคำนวณ

$$M = \frac{(W_1 - W_2)}{W} \times 100$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักของถาดอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดรวมน้ำหนักถ่านหินเริ่มต้นก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของถาดอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดรวมน้ำหนักถ่านหินเริ่มต้นก่อนอบ (กรัม)

W = น้ำหนักของตัวอย่างถ่านหิน (กรัม)

1.2 ปริมาณเถ้าในตัวอย่างถ่านหิน (Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal : ASTM D 3174)

หลักการ

นำตัวอย่างถ่านหินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมโครเมตร มาให้ความร้อนในเตาเผา (Muffle Furnace) ที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ ร้อยละปริมาณเถ้าคำนวณจากน้ำหนักที่เหลืออยู่หลังจากเผา

เครื่องมือ

1. เตาเผา
2. ถ้วยกระเบื้องพร้อมฝา
3. เดชีกเคเตอร์

วิธีการทดลอง

1. ปิดฝา และเผาถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง นำออกมาทำให้เย็นในเดชีกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล
2. ชั่งตัวอย่างถ่านหินประมาณ 1 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ปิดฝาทันที บันทึกน้ำหนักตัวอย่างถ่านหิน (หรืออาจใช้ตัวอย่างถ่านหินที่ผ่านการอบหาความชื้นแล้ว)
3. นำถ้วยกระเบื้องที่มีตัวอย่างถ่านหินพร้อมฝา เข้าเตาเผาที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องปิดฝา ค่อย ๆ ให้ความร้อนด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิที่ทำให้อุณหภูมิของเตาเผาถึง 400-500 องศาเซลเซียส ภายใน 1 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิถึง 750 องศาเซลเซียส เผาถ่านหินจนกระทั่งน้ำหนักคงที่
4. นำถ้วยกระเบื้องและฝาออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นในเดชีกเคเตอร์

การคำนวณ

$$A = \frac{(W_3 - W_4)}{W} \times 100$$

เมื่อ

A	=	ร้อยละของเถ้า
W_3	=	น้ำหนักของครุชิลพร้อมฝาและเถ้า (กรัม)
W_4	=	น้ำหนักของครุชิลพร้อมฝา (กรัม)
W	=	น้ำหนักของตัวอย่างถ่านหิน (กรัม)

1.3 ปริมาณสารระเหยในตัวอย่างถ่านหิน (Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke : ASTM D 3175)

หลักการ

นำตัวอย่างถ่านหินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมโครเมตร ให้ความร้อนในเตาเผาแบบท่อ (Tubular Furnace) ปริมาณสารระเหยคำนวณได้จากน้ำหนักของตัวอย่างถ่านหินที่หายไป เครื่องมือ

1. เตาเผาแบบท่อ
2. ครูซิเบิลทำจากนิเกิลพร้อมฝา
3. เดซิกเคเตอร์

วิธีการทดลอง

1. เมาครูซิเบิลพร้อมฝาในเตาเผาอุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที
2. นำออกจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ จนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักของครูซิเบิลพร้อมฝา บันทึกผล
3. ชั่งตัวอย่างถ่านหินประมาณ 1 กรัม ใส่ในถ้วยนิเกิลที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ปิดฝาให้สนิทบันทึกน้ำหนักตัวอย่าง
4. นำถ้วยนิเกิลพร้อมตัวอย่างถ่านหินเผาในเตาเผาแบบท่อ ให้ความร้อนแก่ถ่านหินที่บริเวณด้านบนของเตาเผาแบบท่อนาน 3 นาที และบริเวณกลางเตาเผาอุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส อีก 7 นาที ตามลำดับ
5. นำถ้วยนิเกิลออกจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักของถ้วยนิเกิลพร้อมฝาและถ่านหินที่เหลือ บันทึกผล

การคำนวณ

$$V = \left(\left(\frac{W_5 - W_6}{W} \right) \times 100 \right) - M$$

เมื่อ	V	=	ร้อยละของสารระเหย
	M	=	ร้อยละของความชื้น
	W ₅	=	น้ำหนักของครูซิเบิลพร้อมฝาและน้ำหนักของถ่านหินก่อนเผา (กรัม)
	W ₆	=	น้ำหนักของครูซิเบิลพร้อมฝาและน้ำหนักของถ่านหินหลังเผา (กรัม)
	W	=	น้ำหนักตัวอย่างถ่านหินเริ่มต้น (กรัม)

1.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัวในตัวอย่างถ่านหิน

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละของคาร์บอนคงตัว} = \text{ร้อยละความชื้น} - \text{ร้อยละเถ้า} - \text{ร้อยละสารระเหย}$$

2. การหาค่าความร้อนของถ่านหิน (Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke by Adiabatic Bomb Calorimeter : ASTM D2015)

หลักการ

เผาตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ภายใต้บรรยากาศแก๊สออกซิเจน ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ภายในบอมบ์จะถ่ายเทให้กับน้ำที่อยู่รอบ ๆ ค่าความร้อนคำนวณได้จากผลคูณของความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำ (ก่อนและหลังจุดระเบิด) กับค่าความจุความร้อนของเครื่องแคลอริมิเตอร์ ซึ่งหาได้จากการเผากรดเบนโซอิก (Benzoic acid) ภายใต้ภาวะเดียวกัน

เครื่องมือ

1. Oxygen Bomb Calorimeter

สารเคมี

1. น้ำกลั่น
2. กรดเบนโซอิก (C_6H_5COOH) ควรได้รับมาตรฐานของ National Institute of Standard and Technology
3. เมทิลออเรนจ์ (Methyl Orange) เมทิลเรด (Methyl Red) หรือเมทิลเพอเพิล (Methyl Purple)
4. แก๊สออกซิเจน ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5
5. สารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 0.0709 N (3.76 กรัมต่อลิตร) สารละลายนี้ปริมาตร 1 มิลลิลิตรมีค่าเท่ากับ 1 แคลอรี
6. น้ำล้างบอมบ์ ละลายสารละลายเมทิลออเรนจ์อิ่มตัว 1 มิลลิลิตรในน้ำกลั่น 1 ลิตร

การวิเคราะห์

การหาค่าความจุความร้อนมาตรฐานของบอมบ์แคลอริมิเตอร์

1. ชั่งกรดเบนโซอิกประมาณ 1 กรัม ให้มีความละเอียดถึง 0.0001 กรัม ใส่ในถ้วยใส่ตัวอย่างของเครื่อง
2. ตัดลวด (Fuse Wire) ความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ผูกที่ปลายทั้งสองข้างของส่วนจุดระเบิด ให้ลวดแตะผิวตัวอย่างถ่านหินในถ้วย
3. ล้างภายในบอมบ์ให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น และเติมน้ำกลั่นลงในบอมบ์ 1 มิลลิลิตร

4. ประกอบบอมบ์ ปิดฝาให้แน่น อัดแก๊สออกซิเจนมีความดัน 30 บรรยากาศ และต้องเท่ากันทุกครั้ง ระวังอย่าให้ตัวอย่างกระจายจากถ้วยใส่ตัวอย่าง
5. นำบอมบ์ที่อัดแก๊สออกซิเจนแล้ววางลงในถังน้ำที่ปรับอุณหภูมิ ต่อขั้วไฟฟ้าสำหรับจุดระเบิด
6. เติมน้ำกลั่นลงในถังน้ำที่ปรับอุณหภูมิปริมาณ 2000 มิลลิลิตร ปรับอุณหภูมิของน้ำโดยการกวนให้อุณหภูมิคงที่และต่ำกว่าอุณหภูมิของห้องประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส
7. ทิ้งไว้ 5 นาที เพื่อให้อุณหภูมิคงที่
8. เมื่ออุณหภูมิคงที่ บันทึกเป็นอุณหภูมิเริ่มต้น (T_i) กดปุ่มจุดระเบิด
9. จับเวลาทุก ๆ 1 นาทีจนกระทั่งอุณหภูมิคงที่ บันทึกเป็นอุณหภูมิตสุดท้าย (T_f)
10. ปิดเครื่องและนำบอมบ์ออกจากเครื่อง ค่อย ๆ ลดความดัน ถ้าภายในมีเขม่าหรือเผาไหม้ไม่หมดให้ทำใหม่
11. ล้างภายในบอมบ์ทุกส่วนด้วยน้ำล้างบอมบ์ที่เตรียมไว้ จนหมดความเป็นกรดและมีปริมาตรประมาณ 250 มิลลิลิตร ไตเตรตน้ำล้างด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต บันทึกปริมาตรที่ใช้
12. วัดความยาวหลอดที่เหลือ บันทึกผล

การคำนวณ

$$E = \frac{[(Hg) + e_1 + e_2]}{T}$$

เมื่อ

- E = ค่าความจุความร้อนของเครื่องแคลอริมิเตอร์ (จุลต่อองศาเซลเซียส)
- H = ความร้อนของการเผาไหม้ของกรดเบนโซอิก (จุลต่อกรัม)
- g = น้ำหนักกรดเบนโซอิกที่ใช้ (กรัม)
- e_1 = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ไตเตรต (มิลลิลิตร) โดย 1 มิลลิลิตร เทียบเท่ากับ 10 บีทียู
- e_2 = ความยาวหลอดที่ถูกเผาไหม้ (เซนติเมตร) \times ค่าความร้อนของหลอด (บีทียูต่อเซนติเมตร)
- T = $T_f - T_i$ ผลต่างอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

ทำการทดลองเหมือนที่กล่าวมาทุกประการตั้งแต่ข้อ 1-12 โดยเปลี่ยนจากกรดเบนโซอิก เป็นถ่านหินแล้วคำนวณค่าความร้อนได้จากสมการต่อไปนี้

$$Q_v(\text{gross}) = \frac{[(TE) - e_1 - e_2 - e_3]}{g}$$

เมื่อ	$Q_v(\text{gross})$	= ค่าความร้อนของถ่านหิน (จูลต่อกรัม)
	T	= $T_f - T_i$ (องศาเซลเซียส)
	e_1	= ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ไตเตรต (มิลลิลิตร) โดย 1 มิลลิลิตร เทียบเท่ากับ 10 จูล
	e_2	= ความยาวหลอดที่ถูกเผาไหม้ (เซนติเมตร) × ค่าความร้อนของหลอด (จูลต่อเซนติเมตร)
	e_3	= 25×10^3 (จูล) × ร้อยละกำมะถัน × น้ำหนักถ่านหินที่ใช้ (กรัม)

3. การวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันรวม (Standard Test Method for Total Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke : ASTM D3177 : Bomb Washing Method)

หลักการ

กำมะถันจากน้ำที่ได้จากการล้างบอมบ์ จะถูกทำให้อยู่ในรูปตะกอนแบเรียมซัลเฟต (BaSO_4)

เครื่องมือ

- เตาเผา (Muffle Furnace)
- ถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาปิด
- เดซิเคเตอร์

สารเคมี

- น้ำกลั่น
- แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (conc. NH_4OH) ความถ่วงจำเพาะ 0.90
- สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เจือจาง (1+10) โดยผสมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 ส่วนกับน้ำกลั่น 10 ส่วนโดยปริมาตร
- กรดไฮโดรคลอริก (1+1) โดย ผสมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 ส่วนกับน้ำกลั่น 1 ส่วนโดยปริมาตร

5. สารละลายแบเรียมคลอไรด์ (BaCl_2) ละลายแบเรียมคลอไรด์ 100 กรัมในน้ำกลั่นและเจือจางให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร
6. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (AgNO_3) ละลายซิลเวอร์ไนเตรต 0.43 กรัมในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรสารละลายให้เป็น 100 มิลลิลิตร
7. กระดาษกรองเบอร์ 1 และเบอร์ 42

วิธีการทดลอง

1. นำน้ำที่ได้จากการล้างบอมบ์และไตเตรตแล้วมาปรับให้เป็นกลางด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เจือจาง (จาก pH = 5.5 เป็น pH = 7.0)
2. นำไปต้มจนเดือดแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ล้างกระดาษกรองให้ทั่วด้วยน้ำร้อน 5-6 ครั้ง
3. เติมกรดไฮโดรคลอริกที่เตรียมไว้ 1 มิลลิลิตร นำไปต้มและเติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ 10 มิลลิลิตรที่ละลายด้วยปิเปต คนให้ทั่วตลอดเวลา ต้มต่อให้เดือดอีก 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ค้างคืนหรืออย่างน้อย 2 ชั่วโมง
4. กรองตะกอนแบเรียมซัลเฟตด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดแบเรียมคลอไรด์ (ทดสอบได้ด้วยการหยดสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตลงในน้ำล้างตะกอน 8-10 มิลลิลิตรแล้วน้ำไม่ขุ่น)
5. นำกระดาษกรองที่มีตะกอนแบเรียมซัลเฟตใส่ถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ห่อกระดาษหลวม ๆ เพื่อป้องกันตะกอนกระเด็นออกจากถ้วย
6. เเผาที่อุณหภูมิ 800-850 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ นำออกจากเตาเผา ปิดฝาและทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์
7. ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละกำมะถันรวม} = 13.738 \times (A - B)/C$$

เมื่อ	A	=	น้ำหนักรวมของตะกอนแบเรียมซัลเฟต (BaSO_4) จากตัวอย่างและครุชิล (กรัม)
	B	=	น้ำหนักของครุชิล (กรัม)
	C	=	น้ำหนักถ่านหินเริ่มต้น (กรัม)

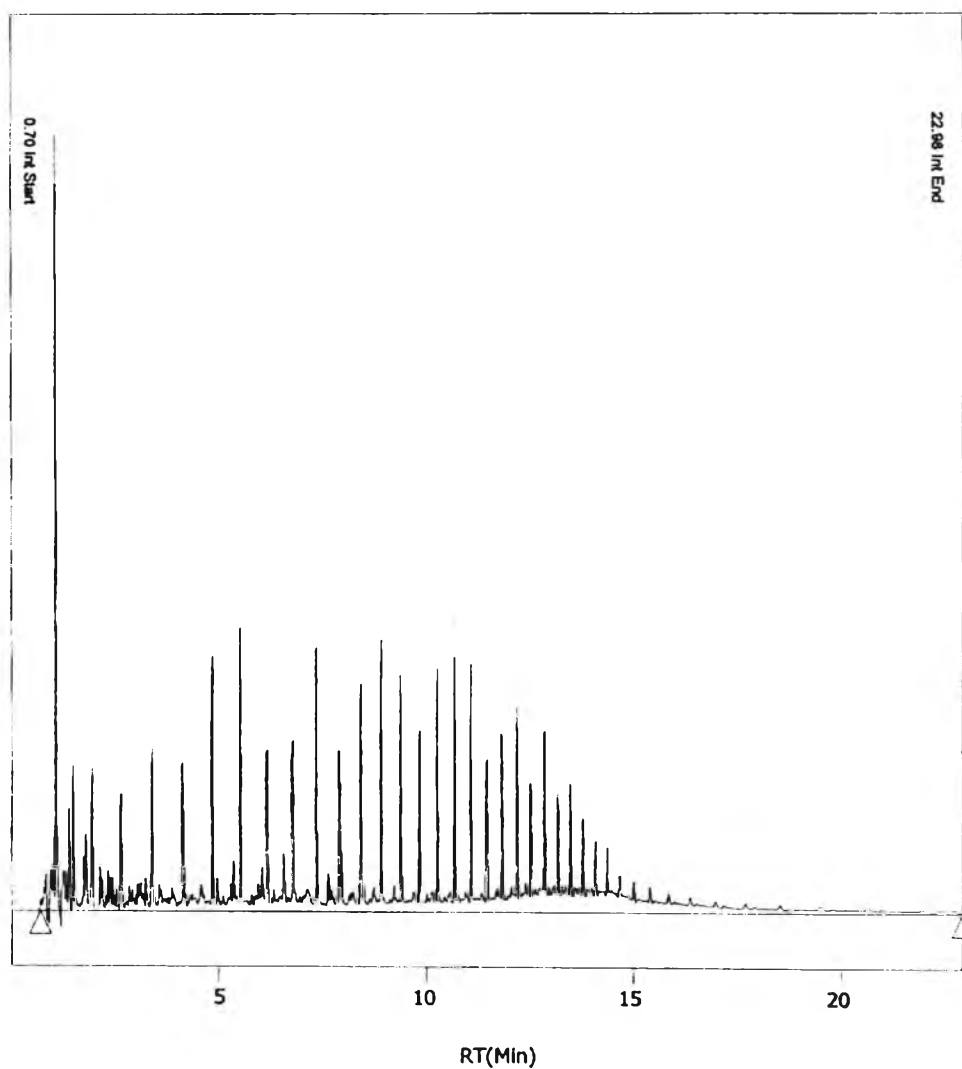
ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของเหลว

1. ตัวอย่างโครมาโทแกรมแสดงผลการแยกผลิตภัณฑ์ของเหลว

ผลิตภัณฑ์ของเหลวจะถูกนำมาละลายด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ในอัตราส่วน 1 ต่อ 100 โดยปริมาตร วิเคราะห์องค์ประกอบโดยใช้ Simulated Distillation Gas Chromatograph ตามมาตรฐาน ASTM D 2887 จะได้โครมาโทแกรมดังแสดงในรูปที่ ค1

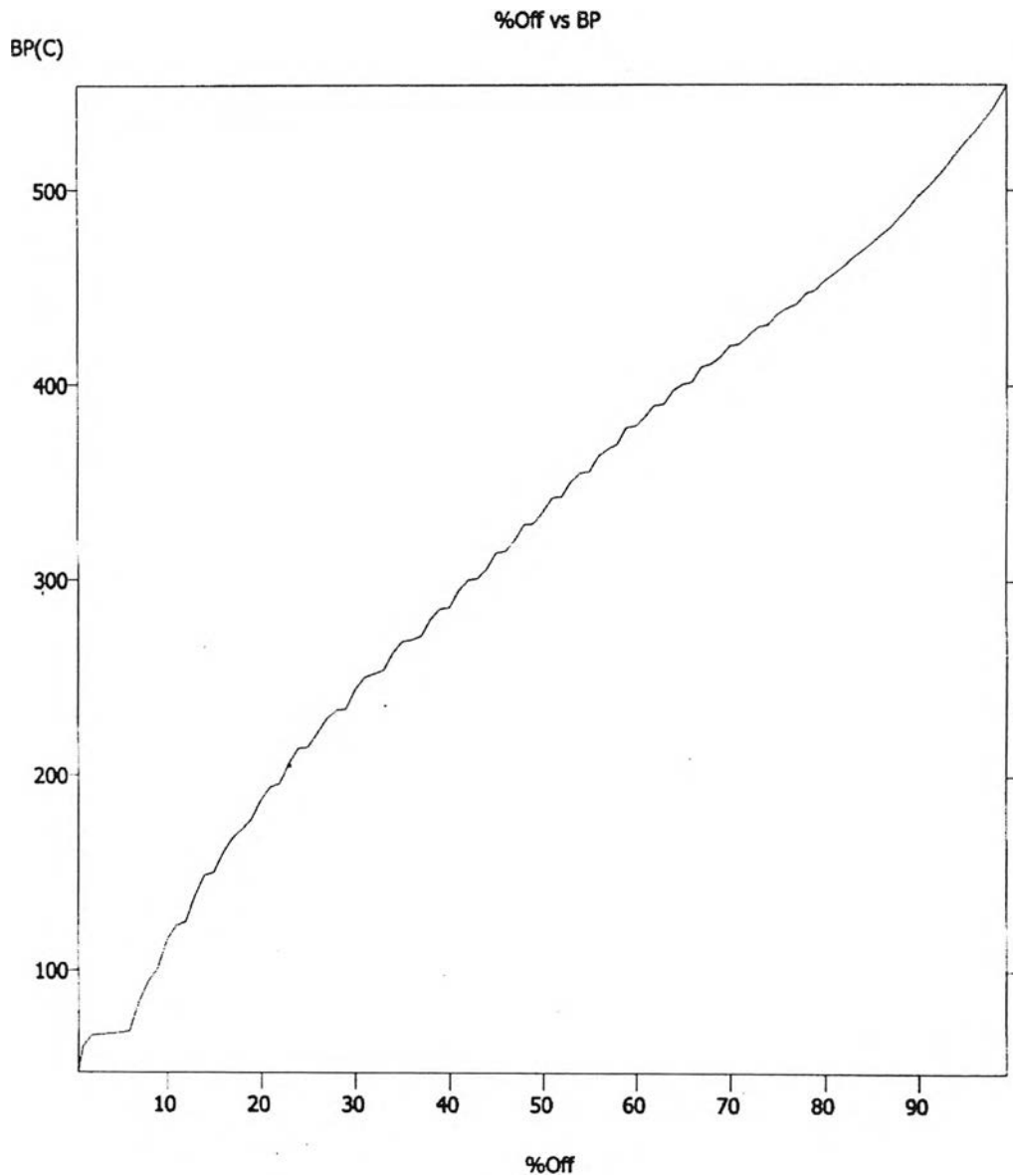
Analysis Chromatogram



รูปที่ ค1 ตัวอย่างโครมาโทแกรมการวิเคราะห์น้ำมันดิบจาก Simulated Distillation Gas Chromatograph

2. ตัวอย่างกราฟแสดงการกลั่นตามจุดเดือด

โครมาโทแกรมที่ได้จากการแยกสารด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี จะนำไปเปลี่ยนเป็นกราฟแสดงการกลั่นตามจุดเดือดด้วยโปรแกรม Simulated Distillation โดยจะทำการเทียบกับกราฟโครมาโทแกรมของสารผสมมาตรฐานตาม ASTM D2887 และโครมาโทแกรมเมื่อไม่มีการฉีดสารใด ๆ (Blank) ดังแสดงในรูปที่ ค2 จากนั้นจึงทำการแบ่งสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ของเหลวตามช่วงจุดเดือด ตามที่ได้อธิบายในบทที่ 3



รูปที่ ค2 ตัวอย่างกราฟแสดงการกลั่นตามจุดเดือดของน้ำมันดิบจาก Simulated Distillation Gas Chromatograph

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์แก๊สโดยแก๊สโครมาโทกราฟี

เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีที่ใช้วิเคราะห์ คือ Agilent 3000A Micro GC ซึ่งประกอบด้วยเทคนิคเตอร์แบบ TCD และคอลัมน์แบบ packed column จำนวน 3 คอลัมน์ คือ Molecular sieve Plot-Q และ OV-1 โดยข้อมูลและภาวะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี แสดงดังตาราง ง1

ตาราง ง1 ข้อมูลและภาวะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

3000 Micro GC	Porapak Q
Injector Type	Timed
Carrier Gas	Helium
Detector Type	TCD
Inlet Type	Heated
Sample Inlet Temperature (°C)	45
Injector Temperature (°C)	90
Column Temperature (°C)	60
Sampling Time (ms)	40
Inject Time (ms)	30
Run Time (min)	20
Post Run Time (s)	30
Pressure Equilibration Time (s)	60
Column Pressure (psi)	20.00
Post Run Pressure (psi)	20.00
Detector Filament	Enabled
Detector Sensitivity	High
Detector Data Rate (Hz)	50
Backflush Time (s)	-

ภาคผนวก จ

ภาวะในการทดลอง

น้ำมีอุณหภูมิวิกฤตคือ 374 องศาเซลเซียส และมีความดันคือ 22.05 เมกะพาสคัล ทุกการทดลองมีความดันเริ่มต้น 1 บรรยากาศ เวลาที่แสดงในตารางคือเวลาตั้งแต่เริ่มเปิดเตาความร้อนที่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดรวมกับเวลาที่อุณหภูมิตั้งที่ 1 นาที

ตาราง จ1 ภาวะในการทดลองการสกัดถ่านหินด้วยน้ำภาวะเหนือวิกฤต

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก ของน้ำต่อถ่านหิน	เวลาที่ใช้ (นาที)	ความดันสุดท้าย (เมกะพาสคัล)
450	2:1	78	23.1
	6:1	77	23.7
	10:1	77	24.9
480	2:1	82	24.3
	10:1	82	23.4

ตาราง จ2 ภาวะในการทดลองการสลายตัวของพลาสติกผสมในน้ำภาวะเหนือวิกฤต

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก ของน้ำต่อพลาสติกผสม	เวลาที่ใช้ (นาที)	ความดันสุดท้าย (เมกะพาสคัล)
450	2:1	77	23.0
	4:1	76	23.8
	6:1	76	23.3
	8:1	76	24.7
	10:1	77	23.7
460	2:1	78	24.1
470	2:1	80	24.3
480	2:1	80	23.5
	10:1	80	24.0

ตาราง จ3 ภาวะในการทดลองการแปรปรู่วมของถ่านหินและพลาสติกผสมให้เป็นของเหลวในน้ำ

ภาวะเหนือวิกฤต

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำ ต่อถ่านหินและพลาสติกผสม	ร้อยละพลาสติกผสม	เวลาที่ใช้ (นาที)	ความดันสุดท้าย (เมกะปาสคัล)
450	2:1	40	76	23.8
		70	77	24.1
	4:1	70	78	23.4
		<hr/>		
	6:1	40	76	24.0
		50	77	24.1
		60	76	24.1
		70	76	22.9
		<hr/>		
	8:1	70	78	24.0
10:1		40	77	24.1
		70	77	23.8
<hr/>				
460	6:1	70	80	23.3
<hr/>				
470	6:1	70	80	23.6
<hr/>				
480	2:1	40	80	24.3
		70	81	25.8
	6:1	70	80	25.2
		10:1	40	81
	70		81	23.5

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ความแปรปรวน



ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละการเปลี่ยนและร้อยละผลได้ของเหลวจากการคำนวณที่กล่าวถึงในหัวข้อ 4.5.7 แสดงดังตารางที่ จ1 ก) และ ข)

ตาราง จ1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการศึกษาการแปรรูปรวมของถ่านหินและพลาสติกผสมจากการคำนวณ (A = อุณหภูมิ, B = อัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำต่อถ่านหินและพลาสติกผสม, C = ร้อยละพลาสติกผสม)

ก) สำหรับร้อยละการเปลี่ยน

Source of Variation	Sum of Square	Degrees of Freedom	Mean Square	F_0
B	31.20	1	31.2	73.42*
C	911.64	1	911.64	2145.05*
BC	7.60	1	7.60	17.89*
error	1.70	3	0.43	
Total	952.16	7		

ข) สำหรับร้อยละผลได้ของเหลว

Source of Variation	Sum of Square	Degrees of Freedom	Mean Square	F_0
A	308.76	1	308.76	143.30**
B	4.06	1	4.06	1.88
C	321.31	1	321.31	149.13**
AC	17.11	1	17.11	7.94
error	6.46	3	2.15	
Total	657.71	7		

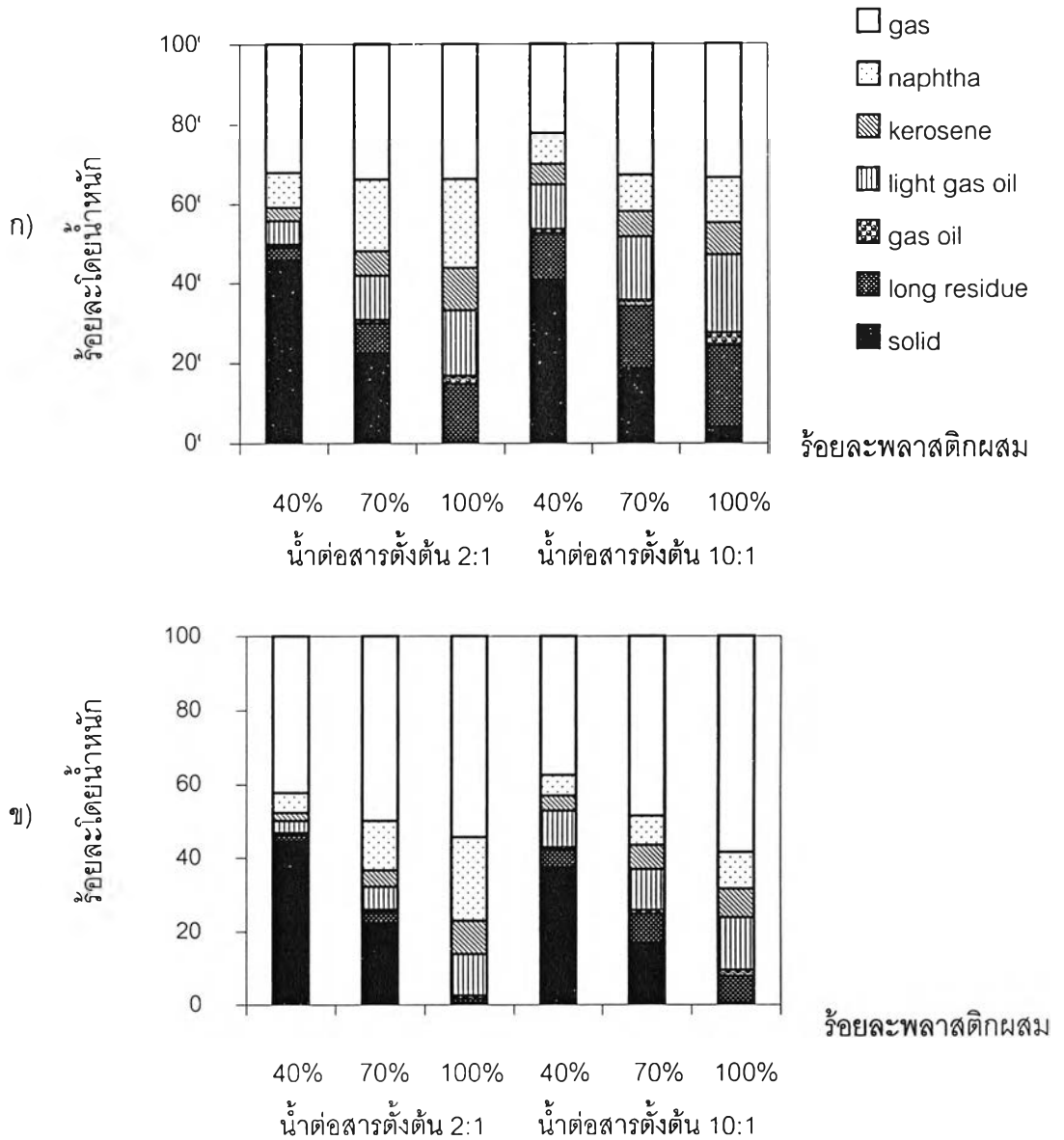
* มีความสำคัญใน F-test ที่มีความน่าเชื่อถือ 95%, $F_{0.05,1,4} = 7.71$ ($F_0 > F_{0.05,1,4}$)

** มีความสำคัญใน F-test ที่มีความน่าเชื่อถือ 95%, $F_{0.05,1,3} = 10.13$ ($F_0 > F_{0.05,1,3}$)

ภาคผนวก ช

การวิเคราะห์การแจกแจงของผลิตภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์การแจกแจงตัวของผลิตภัณฑ์สำหรับการแปรรูปร่วมของถ่านหินและพลาสติกผสมให้เป็นของเหลว โดยแสดงการแจกแจงของแก๊ส ของเหลวและองค์ประกอบของของเหลว และของแข็ง ดังรูปที่ ช1 ก) และ ข)



รูปที่ ช1 ผลของอัตราส่วนของน้ำต่อถ่านหินและพลาสติกผสมและร้อยละพลาสติกผสมต่อการแจกแจงของผลิตภัณฑ์รวม: ก) อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ข) อุณหภูมิ 480 องศาเซลเซียส



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศศิธร สรรพอคำ เกิดวันที่ 4 พฤศจิกายน 2525 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี
วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีวิศวกรรม ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2546 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
เคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2547