

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- เกศรา นุตาลัย และคณะ. การวิจัยการผลิตถ่านกัมมันต์จากดินพรุในห้องปฏิบัติการ. กรุงเทพมหานคร: รายงานฉบับที่ 1 โครงการวิจัยที่ ภ. 30-14 โครงการวิจัยและพัฒนาดินพรุเพื่อประโยชน์ทางอุตสาหกรรม, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2531.
- \_\_\_\_\_ . การผลิตถ่านกัมมันต์จากพีตโดยการเผาและกระตุ้นด้วยไอน้ำในเตาฟลูอิด์เบด. กรุงเทพมหานคร: รายงานฉบับที่ 2 โครงการวิจัยที่ อ.-ต. 34-01 Effective Activation Treatment of Lignite and Peat Materials, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2534.
- ชูศักดิ์ โทกษานุทรานนท์. การคาร์บอนไนซ์กลบในฟลูอิด์เบด. วิทยานิพนธ์ ปรญญามหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- นริศรา อัจฉริยาเพ็ชร และ พนารัตน์ แก้วกายสิทธิ์. การคาร์บอนไนเซชันของดินพรุในฟลูอิด์เบด. วิทยานิพนธ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
- เพียรพรรค ทศศร. หน่วยปฏิบัติการทั่วไป. กรุงเทพมหานคร: คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
- วิชา วนดุรงค์วรณ. กระบวนการผลิตทางเคมีในอุตสาหกรรม. เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.
- สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ. ฟลูอิด์เบด. กรุงเทพมหานคร: คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.
- เสริมพล รัตนสุข และไชยยุทธ กลั่นเสถียร. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน. กรุงเทพมหานคร: หน่วยวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 2518.
- อรณพ ศรีวารณวิทย์ และศักดิ์นัต ศรีรัตนา. การผลิตถ่านกัมมันต์จากพีตโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำในฟลูอิด์เบด. วิทยานิพนธ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
- อนัญญา พจนารถ. การปรับปรุงคุณภาพเศษถ่านหินด้วยวิธีคาร์บอนไนเซชัน. วิทยานิพนธ์ ปรญญามหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.

ภาษาอังกฤษ

- Bokros, J.C. Chemistry and Physicas of Carbon. New York: P.L. Walker Jr. (Ed.), Vol. 5, M. Dekker, 1969.
- Debowski, Z., koks, Smola. Gaz.25, 1980. pp. 280.
- Dubin, M.M. Chemistry and physic of Carbon. New York: P.L. Walker Jr. (Ed.), Vol.2, M. Dekker, 1966.
- Elman, E. Peat as Raw Material. kemia-kemi, 3, 1982. pp. 157-160.
- Fuchsman, Charles H. Peat, Industrial Chemistry and Tecnology. New York: Academic Press, Inc., 1980.
- Hassler, J.W. Purification with activated Carbon. New York : Mercel Dekker, Inc., 1974.
- Jankowska, H. Active Carbon. Warsaw: Ellis Horwood Ltd., 1991.
- Johnson et. al. Manufacture of Activated Carbon from Size Coal : United States Patent 4,014,817 . Mar. 29, 1977.
- Jones, J.L. Concerning Solid Wastes and Residues to Fuel., Chemical Engineering. 2 (January), 1978.
- Kohan, S.M. and Barkhordor, D.M. Mission Analysis for Federal Fuel from Biomass Program vol. IV. Thermochemical Conversion of Biomass to Fuels and Chemistry. Chapter VI, Production of Oil and Char Pyrolysis of Wood, January 1979.
- Kostomarova, M.A., Surinova, S.I. Adsorbents, their Production, Propertics and Application. Proceedings of All Russian Conference on Adsorbent - Nauka, Leningrad, 1978 pp.58.
- Long, F.J., Sykes, K.W., Proc. Roy. Soc. London A 1948, pp.193,377.
- Mitsui, S. Carbonization of Wood etc. Using Fuidized Bed. Japan: Waste Engineer Laboratory, 1992.
- Ninomiya et al. Process for Producing Coarse Particle of Activated Carbon in a Fluidized Bed with Added Inert Particles : United States Patent 3,852,216 . Dec. 3 , 1974.

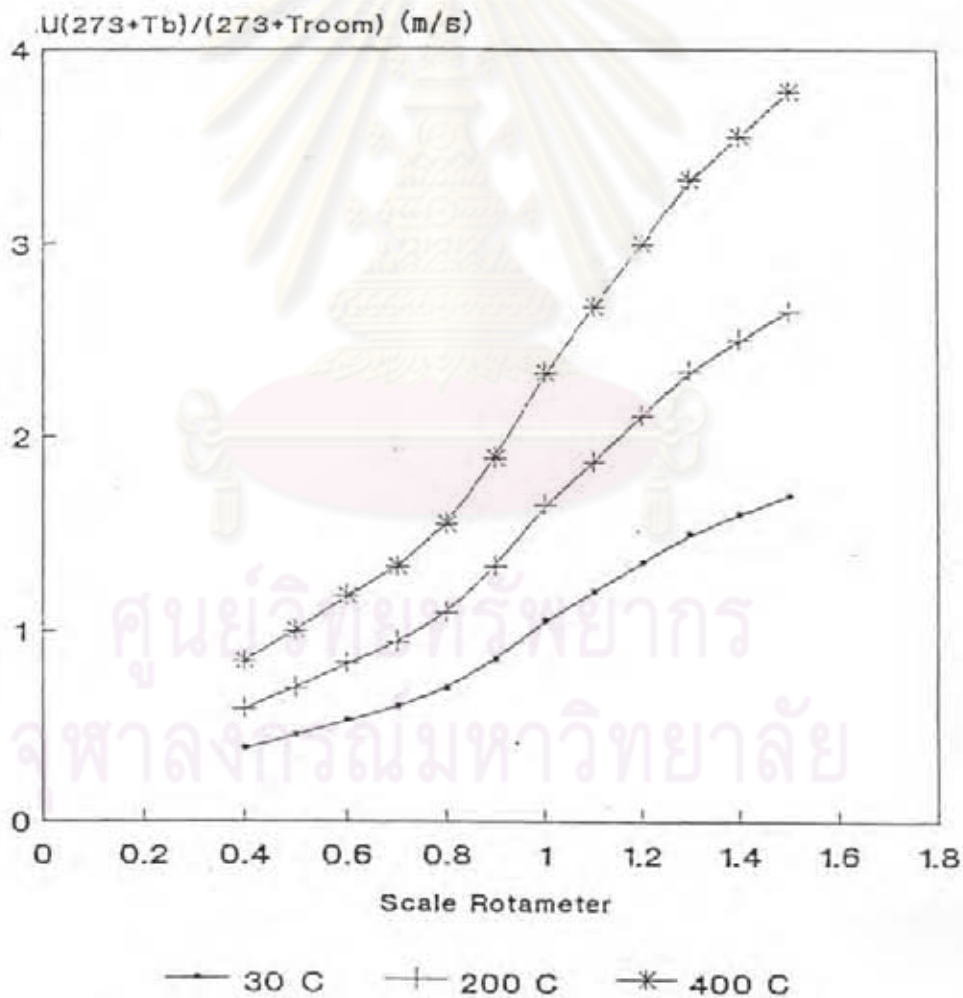
- Nutalaya, K. Preparation of Activated Carbon From Peats. Bangkok: Thailand Institute of Science and Technological Research, 1991.
- Perderii, M.A. Thermal Oxidative Activation of Brown Coal from the Kansk-Achinsk Basin. Thesis, Mth II. Mendeleev, Moscow, 1973.
- Prostein, F.F., and Hicks, R.E. Synthetic Fuels. Singapore: Mc Graw-Hill Book Co., 1985.
- Reed, T.B. and Jantzen, D.E. Retrofit'79. Preceding of a Workshop on Air Gasification. February.2, Washington, 1979.
- Reif, A.S., J. Phys. Chem. 56, 1952. pp.785.
- SERI. A survey of Biomass Gasification. Vol. 1 and 2, Solar Energy Research Institute, Colorado , July 1979, Seri/rR-33-29.
- Smisek, M. and Cerny, S. Activated Carbon. Amsterdam: Elsevier Publishing Company, 1970.
- Tarkovskaya, I.A., Strazhesko, D.N., Goba, W.E. etal. Adsorbtsiyai Adsorberty. 5,3 (1977).
- Van der plas, Th. Physical and chemical Aspects of Adsorbents and Catalyst. London: Academic Press, 1970.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การจับเทียบค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดอัตราการไหลของก๊าซ  
ไปเป็นอัตราการบ่อนก๊าซ

มาตรวัดอัตราการไหลก๊าซของเครื่องคาร์บอน

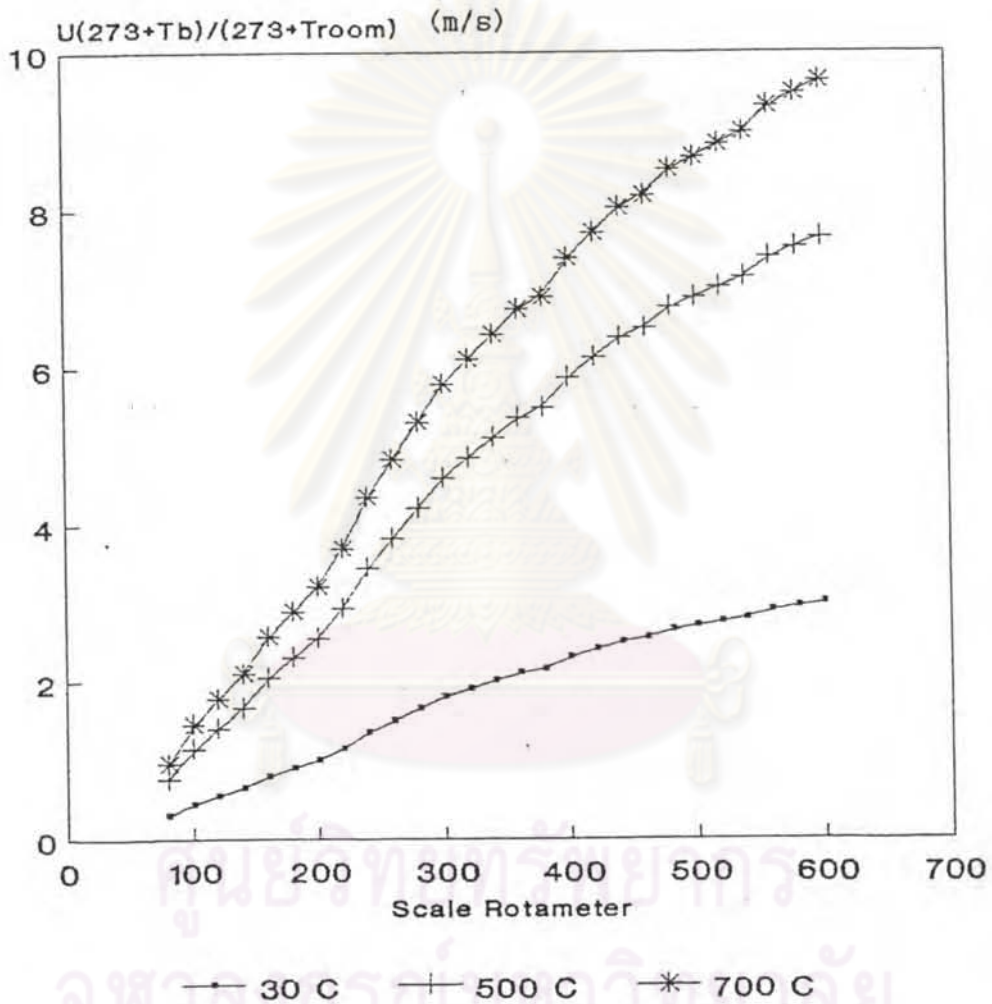
ใช้เครื่องวัดความเร็วลมทำการวัดความเร็วลมที่ปากเตาฟลูอิดซ์ทางด้านบน ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 176.71 ตารางเซนติเมตร แล้วนำมาคำนวณหาความเร็วก๊าซที่อุณหภูมิต่างๆ ในรูปที่ ก.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการบ่อนก๊าซกับค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดอัตราการไหลของก๊าซ



รูปที่ ก.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วก๊าซ กับมาตรวัดอัตราการไหลของก๊าซ  
ในสภาวะอุณหภูมิต่างๆ กัน

มาตรวัดอัตราการไหลก๊าซของเครื่องกระตุ้น

ใช้เครื่องวัดความเร็วลมทำการวัดความเร็วลมที่ปากเตาฟลูอิดซ์ทางด้านบน ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 113.10 ตารางเซนติเมตร แล้วนำมาคำนวณหาความเร็วก๊าซที่อุณหภูมิต่างๆ ในรูปที่ ก.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการบ่อนก๊าซกับค่าที่อ่านจากมาตรวัดอัตราการไหลของก๊าซ

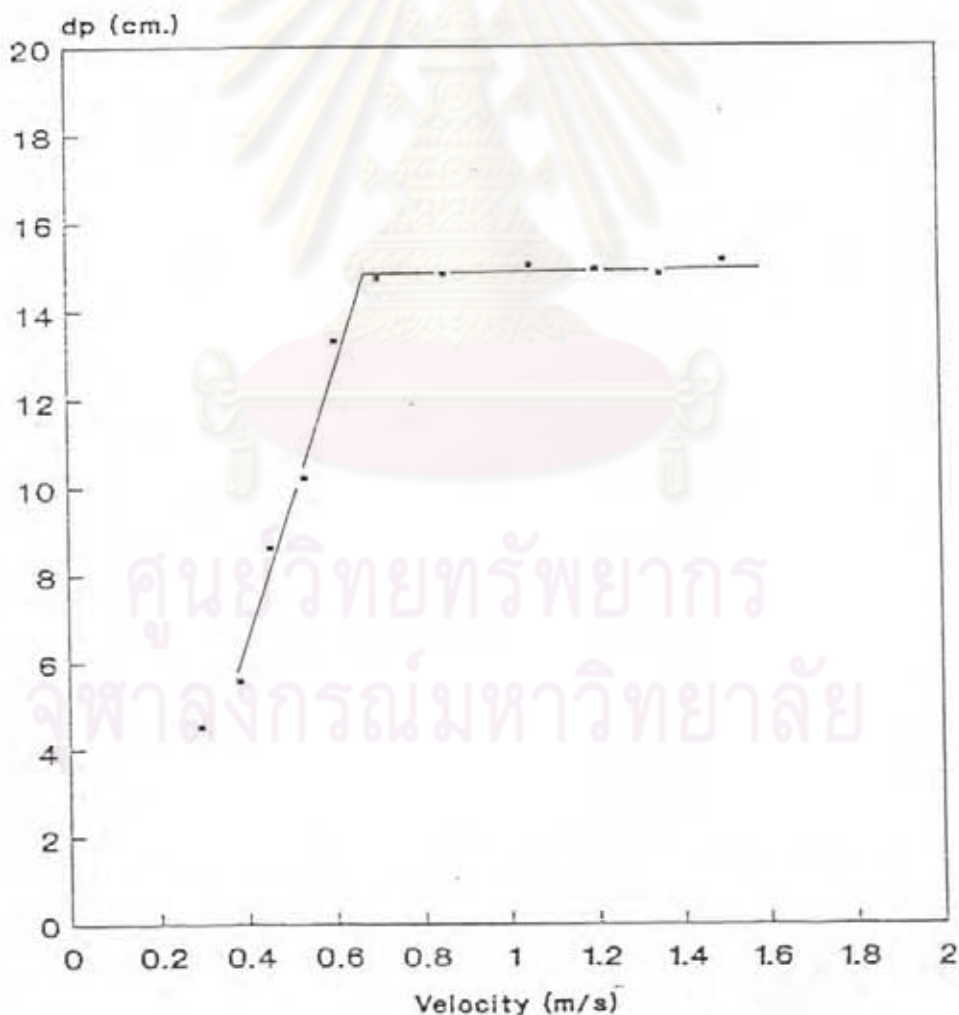


รูปที่ ก.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วก๊าซกับมาตรวัดอัตราการไหลก๊าซที่สภาวะอุณหภูมิต่างๆ กัน

ภาคผนวก ข.

ความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดเซชัน

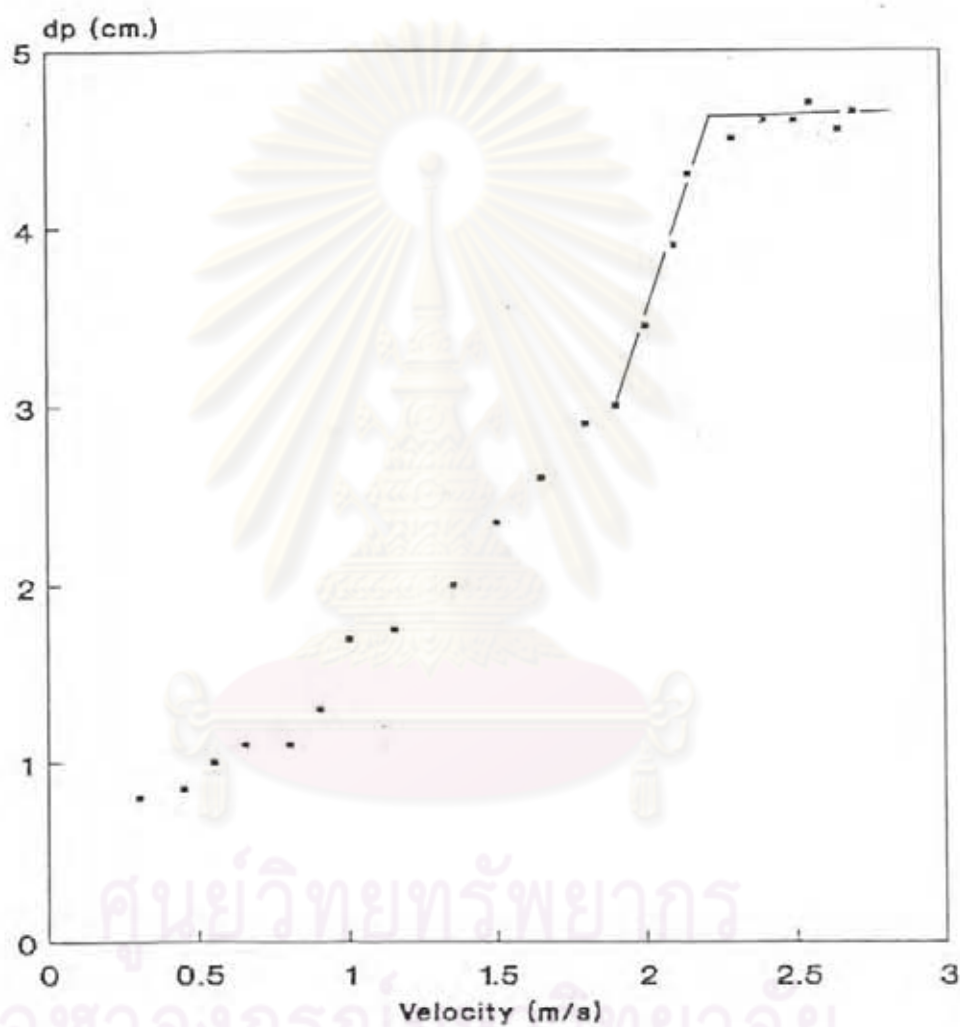
ความเร็วต่ำสุดที่ทำให้อนุภาคของแข็งภายในเบดเริ่มขยับตัว และมีคุณสมบัติคล้ายของไหล มีความสำคัญต่อการคาร์บอนีซ และกระตุ้นในระบบฟลูอิดเซชันมาก โดยสามารถหาได้จากการทดลองผ่านก๊าซให้ไหลผ่านเบด ซึ่งจะทำให้เกิดความดันลดลง ความดันลดนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วก๊าซที่ผ่านเบดมีค่าสูงขึ้น จนถึงจุดหนึ่งที่มีความดันลดมีค่าคงที่ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของก๊าซกับค่าความดันลดจะทำให้ทราบค่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดเซชัน ในรูปที่ ข.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันลด และความเร็วก๊าซของชนิดขนาด 0.5-2.0 มิลลิเมตร ในคาร์บอนีซที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส



รูปที่ ข.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันลด และความเร็วก๊าซของชนิดในคาร์บอนีซ

การหาค่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดพลูอิโดเซชันของถ่านพีต

เป็นการหาค่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดพลูอิโดเซชัน โดยใช้ถ่านพีตขนาด 1.4-2.0 มิลลิเมตร หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของก๊าซกับค่าความดันลด ในเครื่องกระตุ้นขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูป ข.2



รูปที่ ข.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันลด และความเร็วก๊าซของถ่านพีต ในเครื่องกระตุ้น

ภาคผนวก ค.

ข้อมูลการทดลอง

ตาราง ค.1 ผลวิเคราะห์โดยประมาณของถ่านพืชที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ที่  
ความเร็วอากาศต่างๆ

| U/Umf | %FC   | %VM   | %Ash | %Wt.  |
|-------|-------|-------|------|-------|
| 1.2   | 68.92 | 25.15 | 3.33 | 43.15 |
| 1.4   | 71.09 | 25.92 | 2.98 | 40.50 |
| 1.7   | 75.20 | 24.80 | 3.04 | 38.00 |
| 2.1   | 74.95 | 22.42 | 2.63 | 37.50 |

พืชนาด 0.5-2.0 mm ปริมาณการป้อน 2.0 Kg อุณหภูมิเริ่มต้น 400 °C  
เวลาการคาร์บอนไนซ์ 3 นาที

ตาราง ค.2 ผลวิเคราะห์โดยประมาณของถ่านพืชที่ได้จากการคาร์บอนไนซ์ที่  
เวลาต่างๆ

| t(min) | %FC   | %VM   | %Ash | %Wt.  |
|--------|-------|-------|------|-------|
| 0      | 35.81 | 61.88 | 2.31 | 100   |
| 3      | 68.92 | 26.15 | 3.33 | 43.50 |
| 4      | 80.36 | 14.18 | 3.73 | 36.25 |
| 5      | 83.60 | 10.88 | 4.04 | 34.00 |
| 6      | 81.45 | 12.98 | 4.14 | 28.50 |
| 7      | 84.75 | 9.46  | 4.35 | 26.00 |
| 8      | 84.26 | 8.47  | 4.87 | 25.00 |

พืชนาด 0.5-2.0 mm ปริมาณการป้อน 2.0 Kg อุณหภูมิเริ่มต้น 400 °C  
U/Umf = 1.2



ตาราง ค.3 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นถ่านไม้ที่มีปริมาณสารระเหยต่างๆ

| %VM  | SA    | I     | MB    |
|------|-------|-------|-------|
| 3.6  | 850.9 | 938.1 | 150.0 |
| 16.2 | 840.9 | 894.6 | 180.9 |
| 31.3 | 891.9 | 951.8 | 176.0 |
| 41.9 | 925.1 | 996.4 | 205.1 |
| 61.9 | 490.9 | 599.7 | 10.0  |

ขนาดเล็กกว่า 2.0 mm ปริมาณคาร์บอน 0.5 Kg อุณหภูมิเริ่มให้ออน้ำ 700 °C  
 $U/Umf = 1.4$  อัตราส่วนระหว่างอน้ำกับอากาศ 7.6 % เวลากระตุ้นด้วยอน้ำ 5 นาที

ตารางที่ ค.4 ผลวิเคราะห์ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะที่ขนาดของวัสดุดิบและเวลาการกระตุ้นด้วยอน้ำต่างๆ

| t (min) | size (mm) |         |         | เฉลี่ย | เปลี่ยนแปลงเฉลี่ย |
|---------|-----------|---------|---------|--------|-------------------|
|         | 0.5-1.0   | 1.0-1.4 | 1.4-2.0 |        |                   |
| 3       | 611.5     | 796.7   | 704.6   | 704.3  | -                 |
| 5       | 784.7     | 804.2   | 786.9   | 791.9  | +12.4             |
| 7       | 852.5     | 959.9   | 1091    | 967.8  | +22.2             |
| 9       | 805.8     | 874.5   | 791.8   | 824.0  | -14.9             |
| 10      | 794.3     | 738.0   | 577.8   | 703.4  | -14.6             |

ปริมาณคาร์บอน 0.5 Kg อุณหภูมิเริ่มให้ออน้ำ 700 °C อัตราส่วนระหว่างอน้ำกับอากาศ 7.6 % ความเร็วอากาศ 3.21 ม/ส

ตาราง ค.5 ผลวิเคราะห์ค่าไอโอดีนในเบอรัของถ่านกัมมันต์ที่ขนาดวัตตุดิบ และ เวลากระตุ้นด้วยไอน้ำต่างๆ

| t(min) | size (mm) |         |         | เฉลี่ย | เปลี่ยนแปลง<br>เฉลี่ย |
|--------|-----------|---------|---------|--------|-----------------------|
|        | 0.5-1.0   | 1.0-1.4 | 1.4-2.0 |        |                       |
| 3      | 733.6     | 880.8   | 791.3   | 801.9  | -                     |
| 5      | 902.6     | 881.4   | 812.8   | 865.6  | + 7.9                 |
| 7      | 994.3     | 1027    | 1072    | 1031.1 | +19.1                 |
| 9      | 871.9     | 910.5   | 976.2   | 919.5  | -10.8                 |
| 10     | 858.8     | 987.7   | 720.8   | 855.8  | - 6.9                 |

ปริมาณการป้อน 0.5 Kg อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ 700 °C อัตราส่วนระหว่างไอน้ำ กับอากาศ 7.6 % ความเร็วอากาศ 3.21 m/s

ตาราง ค.6 ผลวิเคราะห์การดูดซับเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ที่ขนาดของวัตตุดิบ และ เวลากระตุ้นด้วยไอน้ำต่างๆ

| t(min) | size (mm) |         |         | เฉลี่ย | เปลี่ยนแปลง<br>เฉลี่ย |
|--------|-----------|---------|---------|--------|-----------------------|
|        | 0.5-1.0   | 1.0-1.4 | 1.4-2.0 |        |                       |
| 3      | 115.3     | 80.0    | 134.3   | 109.9  | -                     |
| 5      | 135.2     | 142.8   | 162.5   | 146.6  | +33.6                 |
| 7      | 238.5     | 261.3   | 259.0   | 252.9  | +72.2                 |
| 9      | 217.1     | 244.8   | 261.2   | 241.0  | - 4.7                 |
| 10     | 205.0     | 193.7   | 106.8   | 168.5  | -30.1                 |

ปริมาณการป้อน 0.5 Kg อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ 700 °C อัตราส่วนระหว่างไอน้ำ กับอากาศ 7.6 % ความเร็วอากาศ 3.21 m/s

ตาราง ค.7 ผลที่ได้(%Yield) ของดำนกัมมันต์ที่ขนาดของวัตถุดิบและเวลากระตุ้นด้วยไอน้ำต่างๆ

| t(min) | size (mm) |         |         | เฉลี่ย | เปลี่ยนแปลงเฉลี่ย |
|--------|-----------|---------|---------|--------|-------------------|
|        | 0.5-1.0   | 1.0-1.4 | 1.4-2.0 |        |                   |
| 3      | 45.1      | 53.5    | 42.0    | 46.9   | -53.1             |
| 5      | 29.0      | 39.0    | 34.3    | 34.1   | -33.0             |
| 7      | 19.8      | 18.2    | 18.0    | 18.7   | -45.2             |
| 9      | 8.6       | 10.0    | 14.2    | 10.9   | -41.7             |
| 10     | 1.4       | 1.7     | 5.2     | 2.8    | -74.3             |

ปริมาณการป้อน 0.5 Kg อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ 700 °C อัตราส่วนระหว่างไอน้ำกับอากาศ 7.6 % ความเร็วอากาศ 3.21 m/s

ตาราง ค.7 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติของดำนกัมมันต์ที่อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำต่างๆ

| T (°C) | SA    | I     | MB    | %Yield |
|--------|-------|-------|-------|--------|
| 700    | 552.9 | 781.9 | 104.5 | 45.5   |
| 800    | 626.1 | 824.9 | 141.6 | 40.6   |
| 900    | 735.1 | 806.8 | 101.5 | 32.4   |
| 925    | 837.8 | 910.5 | 244.8 | 18.8   |

พืจจากการคาร์บอนแบบเบตติงขนาด 2.0-4.0 mm ปริมาณการป้อน 2.0 Kg อัตราส่วนระหว่างไอน้ำกับอากาศ 7.6 % ความเร็วอากาศ 3.21 m/s เวลากระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที

ตาราง ค.8 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติของดำนกัมมันต์ที่ปริมาณการป้อนต่างๆ

| Feed (Kg) | SA    | I     | MB    | %Yield |
|-----------|-------|-------|-------|--------|
| 0.5       | 959.9 | 1027  | 261.3 | 18.2   |
| 1.0       | 907.6 | 985.4 | 220.8 | 37.6   |
| 1.5       | 1052  | 1039  | 356.5 | 48.3   |
| 2.0       | 1023  | 1053  | 354.5 | 59.1   |

ขนาดวัสดุดิบ 1.0-1.4 mm อัตราส่วนระหว่างไอน้ำกับอากาศ 7.6 %  
 ความเร็วอากาศ 3.21 m/s อุณหภูมิเริ่มให้ไอน้ำ 700 °C เวลากระตุ้นด้วยไอน้ำ 7 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์คุณสมบัติของพืช และดำนกัมมันต์

การวิเคราะห์โดยประมาณ(proximate analysis) แบบ JIS

1. การหาปริมาณความชื้น (% Moisture)

วิธีทดลอง

- บดตัวอย่างพืชหรือดำนกัมมันต์ให้ละเอียด จนมีขนาดไม่เกิน 60 เมช
- อบขวดชั่งสาร(weighing bottle) ที่ 120 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในเดสิคเคเตอร์(desiccator)
- ชั่งพืชหรือดำนกัมมันต์ 1 กรัมใส่ในขวดชั่งสาร โดยชั่งให้มีความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง(มีความผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 0.1$  มิลลิกรัม)
- นำไปอบที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- ทำให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ ประมาณ 20 นาที
- ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น(\% Moisture)} = \frac{\text{น้ำหนักสารก่อนอบ} - \text{น้ำหนักดินสารหลังอบ}}{\text{น้ำหนักสารก่อนอบ}} \times 100$$

2. การหาปริมาณเถ้า(% Ash)

วิธีทดลอง

- บดตัวอย่างพืชหรือดำนกัมมันต์ให้ละเอียด จนมีขนาดไม่เกิน 60 เมช
- นำตัวอย่างพืชหรือดำนกัมมันต์ไปอบที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- ทำให้เย็นในเดสิคเคเตอร์
- ชั่งน้ำหนักพืชหรือดำนกัมมันต์ 1 กรัม ใส่ในครุชเชิล โดยชั่งให้มีความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง(มีความผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 0.1$  มิลลิกรัม)

- นำไปเผาในเตาเผาอุณหภูมิสูง 3 ชั่วโมง โดยใช้เวลาดังนี้
  - ตั้งแต่เปิดเตาเผาจนเมื่ออุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30 นาที
  - ตั้งแต่อุณหภูมิ 200 - 400 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30 นาที
  - ตั้งแต่อุณหภูมิ 400 - 500 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30 นาที
  - ตั้งแต่อุณหภูมิ 500 - 600 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30 นาที
  - ตั้งแต่อุณหภูมิ 600 - 815 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 1 ชั่วโมง
- ทำให้เย็นนอกเตาเผา 5-10 นาที
- ทำให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ 20 นาที
- ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า} (\% \text{ Ash}) = \frac{\text{น้ำหนักภาชนะ} + \text{น้ำหนักเถ้า} - \text{น้ำหนักภาชนะ}}{\text{น้ำหนักเถ้า}} \times 100$$

### 3. การหาปริมาณสารระเหย (% Volatile Matter, % VM)

วิธีทดลอง

- บดตัวอย่างพืดหรือดำนกัมมันต์ให้ละเอียด จนเม็ดขนาดไม่เกิน 60 เมช
  - นำตัวอย่างพืดหรือดำนกัมมันต์ไปอบที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และทำให้เย็นในเดสิคเคเตอร์
  - ชั่งน้ำหนักพืดหรือดำนกัมมันต์ 1 กรัม ใส่ในครุชชีเบลที่มีฝาปิด ซึ่งให้มีความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง (มีความผิดพลาดไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม)
  - นำไปเผาในเตาเผาอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที
- ข้อควรระวัง
- เวลาปิดเปิดเตาเผาต้องทำอย่างรวดเร็ว ระวังอย่าให้อุณหภูมิลดต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส
- ระวังอย่าให้ฝาครุชชีเบล (Crucible) เปิด
- ทำให้เย็นภายนอกเตา 3 นาที
  - ทำให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ 20 นาที
  - ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

## การคำนวณ

$$\text{ปริมาณสารระเหย (\% Volatile Matter)} = \frac{\text{น้ำหนักสารก่อนอบ} - \text{น้ำหนักสารหลังอบ}}{\text{น้ำหนักสารก่อนอบ}} \times 100$$

## 4. การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (%Fixed Carbon)

## การคำนวณ

$$\text{ร้อยละของคาร์บอนคงตัว} = 100 - \text{ร้อยละของปริมาณความชื้น} - \text{ร้อยละของปริมาณสารระเหย} \\ - \text{ร้อยละของปริมาณเถ้า}$$

การวิเคราะห์คุณสมบัติการดูดซับเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์  
วิธีทดลอง

- นำถ่านกัมมันต์บดละเอียดมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 110-120 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 2 ชั่วโมง และทำให้เย็นในเดสิคเคเตอร์
- ชั่งถ่านกัมมันต์ในขวดแก้ว (erlenmeyer) ที่มีจุกปิด ขนาด 250-300 ลูกบาศก์-เซ็นต์เมตร (แล้วแต่ค่า MB) จำนวน 0.1-0.2 กรัม (แล้วแต่ค่า MB) โดยชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
- เติมสารละลายมาตรฐานเมทิลีนบลู (ความเข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ลงในขวดแก้วครึ่งละ 50 มิลลิลิตร สังเกตจนกว่าสีของสารละลายไม่เปลี่ยนแปลง จึงหยุดเติม
- เขย่าขวดแก้วที่มีถ่านกัมมันต์และเมทิลีนบลู โดยใช้เครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที
- แบ่งสารผสมประมาณ 50 มิลลิลิตร เข้าเครื่องปั่นแยก (ความเร็วรอบ 3,000 - 4,000 รอบต่อนาที) เป็นเวลาประมาณ 5 นาที
- ตูดสารละลายใสจำนวน 0.5 มิลลิลิตร ละลายน้ำทำเป็น 50 หรือ 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร
- วัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ด้วยเครื่อง UV Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 663 ไมโครเมตร หาค่าความเข้มข้นของเมทิลีนบลู
- คำนวณค่าการดูดซับเมทิลีนบลูโดยใช้สูตร

$$MB = (0.3 \times A) - \left( A \times \frac{B}{(\tan \theta) \times 100} \times C \right) \times \frac{1}{D}$$

- เมื่อ MB = ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู(methylene blue adsorption) มิลลิกรัม/กรัม  
 A = ปริมาณสารละลายมาตรฐานเมทิลีนบลู (มิลลิลิตร)  
 B = ค่าการดูดกลืนแสง อ่านจาก UV spectrophotometer  
 C = Dilution Factor  
 D = น้ำหนักของสารที่ใช้(กรัม)  
 $\tan \theta$  = ค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเมทิลีนบลู

การวิเคราะห์คุณสมบัติการดูดซับไอโอดีนในเม็ดเบอรัของถ่านกัมมันต์

วิธีทดลอง

- นำถ่านกัมมันต์บดละเอียด อบแห้งที่อุณหภูมิ 110-120 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 1 ชั่วโมง และทำให้เย็นในเตลิดเคเตอร์
- ชั่งถ่านกัมมันต์ในขวดแก้วรูปชมพู่ที่มีจุกปิด ขนาด 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 0.2 กรัม (ชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง)
- เติมสารละลายมาตรฐาน 0.1 นอร์มัลของไอโอดีนลงไป 50 มิลลิลิตร อย่างช้าๆ เขย่าโดยใช้เครื่องเขย่าเป็นเวลา 15 นาที
- กรองผ่านกระดาษกรอง 5 ซี หรือใช้เครื่องปั่นแยกสารละลายออกมา (ถ้าใช้กระดาษกรอง เทสารละลายที่กรองผ่านกระดาษกรองระยะแรกทิ้งก่อน)
- ตูดสารละลายที่กรองแล้ว 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้ว เพื่อไตเตรทหาปริมาณไอโอดีนที่เหลือ โดยใช้สารละลายมาตรฐาน 0.1 นอร์มัลโซเดียมไฮโอซัลเฟต และใช้น้ำแข็งเป็อินดิเคเตอร์
- คำนวณหาค่าการดูดซับไอโอดีน โดยใช้สูตร

$$\text{ไอโอดีนในเม็ดเบอรั(Iodine no.)} = 12.69 \times 50/20 \times (20-af)/w$$

เมื่อ a = ปริมาณสารละลายมาตรฐาน 0.1 นอร์มัลโซเดียมไฮโอซัลเฟต ที่ใช้ในการไตเตรท (มิลลิลิตร)



- $f$  = แฟกเตอร์ (Factor) ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์เฟด  
 $w$  = น้ำหนักของสาร (กรัม)

การหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์

เครื่องมือ

- เตาอบ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
- เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะของของแข็ง Autosorb-1 ของ Quantachome Corporation

หลักการวิเคราะห์

Autosorb-1 วัดปริมาณของก๊าซที่ถูกดูดซับ หรือถูกปล่อยออกจากผิวของของแข็งที่ความดันไอสมดุลโดยวิธี static volumetric ทำโดยวัดปริมาณก๊าซที่เข้ามา หรือออกจาก sample cell ที่บรรจุของแข็งที่เป็นตัวดูดซับ รักษาอุณหภูมิให้คงที่ต่ำกว่าอุณหภูมิวิกฤตของตัวดูดซับ เมื่อการดูดซับหรือปล่อยออกเกิดขึ้นความดันไอใน sample cell จะเปลี่ยนจนกระทั่งสมดุล ปริมาณของก๊าซที่ถูกดูดซับหรือปล่อยออกที่ความดันสมดุล ได้จากปริมาณที่แตกต่างกันระหว่างก๊าซที่เข้ากับก๊าซที่ออก และปริมาณที่ต้องการเพื่อเติมลงในที่ว่างรอบตัวดูดซับ

วิธีของ Brunauer-Emmett-Teller (BET) ดังสมการ

$$1/[W(P/P_0)-1] = 1/W_m C + C-1/W_m C (P/P_0) \quad (1)$$

เมื่อ  $W$  เป็นน้ำหนักของก๊าซที่ถูกดูดที่ความดันสัมพัทธ์  $P_0$

$W_m$  เป็นน้ำหนักของตัวดูดซับ ประกอบด้วย monolayer ที่ปกคลุมผิว

$C$  เป็นค่าคงที่ของ BET ซึ่งสัมพันธ์กับพลังงานของการดูดซับ ในการดูดซับขั้นแรก

วิธี Multipoint BET Method

สมการของ BET (1) จะได้เส้นตรงจากการเขียนกราฟระหว่าง  $1/[W(P/P_0)]$  กับ  $P/P_0$  ซึ่งสำหรับเกือบทุกของแข็งใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นตัวดูดซับ ขอบเขตของการดูดซับมักมีช่วง  $P/P_0$  เป็น 0.05-0.35

Standard Multipoint BET ต้องการอย่างน้อย 3 จุด ในการประมาณช่วงความดันสัมพัทธ์ น้ำหนักของ monolayer ของตัวดูดซับ  $W_m$  สามารถหาได้จากความชัน  $s$  และจุดตัด  $i$

ของ BET plot จากสมการ (1)

$$S = C - 1/W_m C \quad (2)$$

$$i = 1/W_m C \quad (3)$$

ดังนั้นน้ำหนักของ monolayer  $W_m$  สามารถหาได้จากสมการ (2) และ (3)

$$W_m = 1/S+i \quad (4)$$

ขั้นที่สอง ในการคำนวณพื้นที่ผิวจำเพาะ ต้องทราบพื้นที่หน้าตัดโมเลกุล  $A_{c_m}$  ของตัวดูดซับ พื้นที่ผิวทั้งหมด  $S_s$  ของตัวอย่างสามารถแสดงดังนี้

$$S_s = \frac{W_m N A_{c_m}}{M} \quad (5)$$

เมื่อ  $N$  เป็นเลขอาโวกาโด ( $6.023 \times 10^{23}$  โมเลกุล/โมล)

$M$  เป็นน้ำหนักโมเลกุลของตัวดูดซับ

ไนโตรเจนใช้ในการหาพื้นที่ผิวอย่างกว้างขวางมากที่สุด สำหรับค่า  $C$  (50-250) ในผิวของแข็งส่วนมาก ค่า  $C$  มีอิทธิพลต่อพื้นที่หน้าตัดของตัวดูดซับ

สำหรับ Hexagonal close-packed nitrogen monolayer ที่ 77 K

พื้นที่หน้าตัด  $A_{c_m}$  ของไนโตรเจน คือ 16.2 Å

พื้นที่ผิวจำเพาะ  $S$  ของของแข็ง สามารถคำนวณจากพื้นที่ผิวทั้งหมด  $S_s$  และน้ำหนักตัวอย่าง  $W$  ดังสมการ (6)

$$S = S_s/W \quad (6)$$

## ประวัติผู้เขียน

นายจักริน นิธิจันทร์ เกิดวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2511 จังหวัดกรุงเทพมหานคร  
สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา  
2531



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย