

## 배추를 이용한 활성탄 제조에 관한 연구

이 성 현 · 이 봉 현\* · 박 흥 재  
인제대학교 환경시스템학부, 부산대학교 화학과  
(2001년 2월 20일 접수; 2001년 10월 12일 채택)

## Study on the Production of Activated Carbon using Chinese Cabbage

Sung-Hun Lee, Bong-Hun Lee\* and Heung-Jai Park

*School of Environmental Science Engineering, Inje Univ., Gimhae 621-749, Korea*

*\*Dept. of Chemistry, Pusan National Univ., Busan 609-735, Korea*

*(Manuscript received 20 February, 2001; accepted 12 October, 2001)*

In recent years, the demand of activated carbon has been increasing steadily because of the environmental problems. Among them waste and water treatment and removal of poisonous gas were involved. Therefore, in this study, activated carbon was made from the waste chinese cabbage and measured the iodine adsorption ability, carbonization yield, and activation yield of the produced activated carbon. The result showed that the carbonization yield was decreased when carbonization temperature was increased and that the optimal carbonization temperature was 600°C. The optimal concentration of NaOH for removing ash in the raw sample was 1~2N. The range of iodine adsorption number of activated carbon using chinese cabbage at 600°C carbonization was 610.82mg/g to 1019.58mg/g. The activation result of carbonization sample showed that the optimal activation condition was the carbonization at 400°C and the activation at 700°C. So the production of activated carbon using chinese cabbage was possible in the aspect of reuse of resource and decrease of environmental pollution compared to the commercial activated carbon.

Key words : activated carbon, Chinese cabbage, carbonization, activation

### 1. 서 론

최근 들어 대기 및 수질 오염 등의 환경 문제가 심각하게 대두됨에 따라 폐수 처리, 배출 가스 흡착 그리고 용액 회수 등에 활성탄의 수요가 많아지고 있다. 활성탄은 지금까지 개발된 흡착제 중에서 가장 효율적인 흡착제로, 탄소 물질 또는 탄소를 함유한 물질을 탄화 및 활성화한 무정형 탄소의 일종으로 구조는 흑연과 유사하다. 활성탄의 세공이 흡착 특성을 나타내면서 공업 촉매, 담체 및 분리 공정 등 많은 분야에서 이용되고 있고 점차 활용이 증가하고 있다.<sup>1)</sup>

활성탄의 제조 원료는 식물질, 동물질, 광물질, 폐기물 등으로 대별할 수 있으며 주로 사용되는 원료로는 아자 열매 껍질 및 석탄이며, 기상용 활성탄의 경우는 미세 세공 구조가 높은 밀도로 발달해야 하는데 셀룰로오스 성분으로 이루어진 식물질을 이용하는 경우가 대부분이다. 최근에는 폐기물로 인한 환경 오염 방지 및 폐자원의 재활용을 위해서 산업 폐기물 등으로부터 활성탄을 제조하는 방안도 연구되고 있다. 활성탄의 특성은 원료나 활성화조건에 의해서 달라지는데 원료의 종류 및 제조 방법에 따라 활성탄의 흡착 특성이 다르고 그 다양성으로부터 각각의 활성탄이 어느 특정 용도에 적합한가 하는 선택성을 알 수가 있다.

활성탄의 시초는 1773년에 Scheele, 1777년에 Fontana에 의해 목탄의 가스 흡착 현상, 1785년에

Corresponding Author: Heung-Jai Park, School of Environmental Science Engineering, Inje Univ., Gimhae 621-749, Korea  
Phone : +82-55-320-3418  
E-mail : envphj@ijnc.inje.ac.kr

Lowitz에 의해 액상에서의 흡착 현상이 밝혀졌다. 이같은 목탄의 흡착 현상은 우선 제당 공업에 이용되었으며, 19세기 후반에 목탄의 흡착에 관한 체계적인 연구로 발전하였다. 1862년에는 Lipscombe에 의해 음료수 정화용 활성탄의 제조가 시도되었고 비슷한 시기에 Stenhouse는 가스 마스크에 활성탄을 이용하였다. 1865년 Hunter는 여러 원료로 제조된 활성탄에 의한 유기 증기의 흡착 실험을 통해 야자각탄(coconut shell char)이 가장 뛰어난 흡착 능력을 갖고 있음을 밝혀냈다. 1915년 이후 독성 가스 제거용 흡착제로서 입상 활성탄이 사용되어 현재의 가스 흡착용 입상 활성탄이 발달되었다. 1920년에서 1930년경에는 석탄 가스에서 벤젠 배기가스, 유기용제 등의 회수에 활성탄을 이용하여 흡착 공정이 상당수 실용화되었다.<sup>2-4)</sup>

활성탄과 같은 흡착제가 갖추어야 할 가장 중요한 특성은 비표면적과 흡착 물질에 대한 친화력이며 이들 값이 클수록 흡착 효과는 커지게 된다. 활성탄의 구조는 탄화 공정이나 활성화 온도, 시간, 방법 등에 따라 매우 다르나 일반적으로 비표면적은 500~1,700m<sup>2</sup>/g에 달하며 다른 흡착제에 비해 직경 20Å 이하의 미세 세공이 잘 발달된 것이 특징이다. 활성탄은 원료의 탄화 및 활성화 공정을 통하여 제조되는데 활성화 공정이 활성탄 제조의 주된 공정으로 약품 부활법과 수증기법으로 나눌 수 있으며 장치 부식, 환경 오염 등의 문제점 때문에 대부분 수증기 부활법을 이용하고 있다. 수증기 활성화 공정에서는 일반적으로 약 500~800℃에서 탄화된 유기물질을 700~1100℃의 활성화 온도 범위에서 미세 세공의 구조를 발달시키며 수증기 투입량에 따라 활성탄의 물리적 특성이 변화된다.<sup>5,6)</sup>

환경 오염으로 인해, 더욱 엄격해지는 환경 법규와 깨끗한 물을 갈구하는 시민의 요구에 따라 정수 처리용 활성탄의 요구가 증가되는데 정수장에서 사용되는 활성탄이 2,000년에는 17,000톤에 이를 것으로 전망되며, 국내 활성탄 시장은 더욱 증가할 것으로 예상된다.<sup>7,8)</sup> 현재 국내의 활성탄 수요는 입상 및 분말탄이 주로 식품, 의약 공업 및 수 처리에 사용되고 있으며, 최근 들어 대기 및 수질 오염 등 환경 문제가 심각히 대두됨에 따라 정수 및 폐수 처리에 그 수요가 급격히 증가하고 있다.<sup>9-11)</sup>

배추는 일반 가정과 식당 등에서 사용되는데 사용 시 흙이 묻어있는 겉 부분은 버리고 음식물로 만들 때 또 일부는 폐기한다. 그래서 실제로 사용되는 배추는 전체의 1/7정도라고 볼 수 있다. 이러한 배추는 우리 나라에서 가장 많이 재배되고 소비되는 음식물 중의 하나로 이를 그대로 폐기하는 것은

경제적으로도 큰 손실이 아닐 수 없고 환경적으로도 문제를 야기시킬 수 있다고 생각된다. 이에 본 연구에서는 자원 재활용과 환경 오염 방지라는 측면에서 음식물 쓰레기 중에서 배추를 이용, 활성탄을 제조하여 다각적인 재활용 방안을 모색하고자 한다. 따라서 활성탄 제조에 있어서 중요한 회분 제거, 탄화 조건, 활성화 조건 등의 실험을 거쳐 활성탄으로의 제조 가능성 및 성능을 알아보려고 한다.

## 2. 실험 재료 및 방법

### 2.1. 실험 재료

실험에 사용한 배추는 일반 가정과 식당, 재래 시장 등에서 쓰레기로 버려지고 있는 것을 수거하여 사용하였다. 배춧잎 표면에 붙어 있는 불순물들을 제거하기 위하여 증류수로 2~3회 정도 세척하였고 배추 자체의 수분을 제거할 목적으로 건조기에서 80℃로 96시간 동안 충분히 건조시켰다.<sup>12)</sup> 건조된 시료를 분쇄기를 이용하여 분쇄한 후 실험 시 건조 분말들의 손실을 막기 위하여 건조 시료 15g을 유압 press기를 이용하여 400kg/cm<sup>2</sup>의 압력을 가해 직경 약 4cm의 시편을 제작, 시료로 사용하였다.

### 2.2. 탄화 실험

활성탄 제조에 있어서 탄화 공정은 유기질 원료탄을 가열하여 산소, 수소, 질소 및 유황 등의 비탄소 성분을 감소시켜 활성화에 필요한 탄소질 재료를 얻어내기 위한 공정으로 시료 자체가 식물성 재료를 이용한 건조 시료이므로 탄화 온도를 400, 500과 600℃의 세 가지 조건에서 60분간 실험을 하였다. 그리고 원 시료의 무기물 조성과 탄화 후 시료 내의 무기물 조성을 비교하기 위하여 XRF(X-Ray Fluorescence Spectrometer, Philips PW 2400)를 이용하여 분석하였다.<sup>13)</sup>

### 2.3. 회분 제거 실험

탄화한 시료의 회분을 제거하기 위해 NaOH 용액에 넣어 제거하였다. NaOH 용액의 농도는 1~10N 까지 10가지의 농도 차이를 두고 70~80℃ 사이의 열을 가하여 회분을 제거하였다.

### 2.4. 탄화 시료의 표면 분석

탄화 후 회분 제거한 시료의 표면 공극의 분포와 형태를 파악하기 위하여 SEM(Scanning Electron Microscope, Hitachi S-4200)을 15.0Kv, 1000배의 배율에서 관찰하였다.

### 2.5. 탄화 시료의 세공 구조 측정

탄화 시료의 세공 구조는 77K에서 질소 흡착에 의해 세공 부피(pore volume), 세공 분포(pore size distribution)를 측정하였으며, 탄화 시료의 세공 특성을 파악하여 흡착능을 파악하였다. 측정 전 시료는 질소 분위기에서 완전 탈기시켰으며, 총세공 부피(total pore volume)는 포화 흡착된 총 질소의 부피로 계산하였고 BJH 누적 세공 부피(cumulative pore volume)는 BJH(Barrett, Joyner, and Halendar) 법에 의해 계산하였다. 세공 분포는 세공 크기별 평균 직경에 대한 부피값( $dV/d\log(D_p)$ )의 분포로 구하였다.<sup>14,15)</sup>

2.6. 탄화 시료의 요오드 흡착 실험

KS 활성탄 시험 방법으로 요오드 흡착 실험을 하였는데 시료 약 0.5g을 1mg까지 정확히 달아서 마개 달린 플라스크 100ml에 넣고 0.1N 요오드 용액 50ml를 정확히 가한 후 상온에서 15분간 진탕시킨 후 원심분리기를 이용해 시료를 침전시켰다. 이 중에서 상층액 10ml를 정확히 분취, 0.1N 티오황산나트륨 용액으로 적정하여 요오드의 황색이 없어지면 지시약으로 전분 용액 1ml를 가하여 다시 적정하였다. 요오드 전분의 청색이 소멸할 때를 종점으로 하였다.<sup>16,17)</sup>

2.7. 탄화 시료의 활성화 실험

활성화 공정은 보통 700~1000℃의 온도 범위에서 일어나는 탄소의 산화 반응으로 탄화물의 표면을 침식시켜 탄화물의 미세공 구조를 보다 발달시키는 공정으로 본 실험에서는 400~600℃까지 온도별로 탄화한 시료를 NaOH 용액에 함침시킨 후 700, 800, 900℃의 세 가지 온도 조건에서 60분 동안 활성화 실험을 하였다.

2.8. 활성화 시료의 세공 구조 측정

활성화한 시료의 세공 구조와 공극 종류를 파악하여 흡착 능력을 조사하였다.<sup>18,19)</sup>

2.9. 활성화 시료의 요오드 흡착 실험

활성화한 시료를 KS 활성탄 시험 방법에 따라 요오드 흡착 실험을 하였다.

2.10. 활성화제를 사용한 활성화와 요오드 흡착 실험

활성탄의 흡착 능력을 향상시키기 위하여 10 N의 NaOH 용액을 사용하여 탄화한 시료와 NaOH의 비를 1:1로 하여 시료에 NaOH 용액을 첨가시킨 후 활성화하여 요오드 흡착 정도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 온도별 탄화 특성과 수율

본 실험에서는 배추 시료의 최적 탄화 온도를 구하기 위해, 400, 500, 600℃의 세 가지 온도 조건에서 건조 시료 15g의 탄화 실험을 10회 반복하였으며, 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 400℃에서 수율이 46.2%로 원 시료의 반정도가 소실된 것을 알 수 있고 500, 600℃에서는 수율의 차이가 크게 나지는 않았지만 400℃에서의 수율보다 더 떨어지는 40% 정도의 수율을 얻었다. 보통 유기물이 분해되는 온도가 500℃ 이상임을 감안할 때 400℃에서 탄화한 시료의 경우 아직도 미 탄화된 유기물이 남아 있어, 수율이 6% 정도 차이가 났으며, 배추 시료의 경우 500℃ 이상에서 탄화시켜야 함을 알 수 있었다.<sup>15,17)</sup> 그리고 배추 원 시료의 무기물 조성과 탄화 후의 무기물의 조성을 Table 2에 나타내었다.

Table 1. The result of carbonization

Carbonization Temp (°C)	Raw sample	Yield (g, %)
400°C	15 g	6.93g, 46.2%
500°C	15 g	6.10g, 40.7%
600°C	15 g	6.02g, 40.1%

Table 2. The composition of ash of raw sample and char sample

Compound	Raw sample (%)	Char sample (%)
K <sub>2</sub> O	19.59	2.40
CaO	16.07	32.99
Cl	3.21	0.10
SO <sub>3</sub>	2.71	2.98
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.59	4.97
RuO <sub>2</sub>	1.34	ND
SiO <sub>2</sub>	0.82	1.70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.45	0.66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.39	0.90
SrO	0.04	0.12
ZnO	ND	0.07
SUM	46.21	46.91
moisture and organic	53.79	53.09
Total	100.00	100.00

3.2. 회분 제거

활성탄을 제조하는 활성화 공정에서 회분은 전혀 역할이 없고, 원료 물질이 함유하고 있던 회분 또한 반응 후에도 전체가 그대로 제거되지 않은 상태로 남기 때문에 회분 제거가 필수적이다. 본 실험에서는 대부분의 농산 부산물의 식물질 재료를 이용한

활성탄 제조에서 회분 제거에 사용하는 NaOH로 회분을 제거하였으며, 수율을 고려하여 활성화 실험에 사용하였다. NaOH 용액의 농도는 1~10N 까지 10가지 농도의 용액을 가지고 70~80°C의 온도를 유지하면서 탄화된 시료가 NaOH 용액에 충분히 함침될 수 있게 1시간 동안 함침시킨 후 온수를 이용하여 수 차례 반복하여 시료를 씻은 다음 활성화 시료로 사용하였다. 400°C에서 탄화시킨 시료의 경우 미탄화된 유기물이 녹아 나와 용액의 색이 노란색이 되었다.

NaOH 용액의 농도에 따른 탄화 시료의 수율을 Table 3에 나타내었다. 400°C에서 탄화시킨 시료의 경우, 미탄화된 유기물이 NaOH 용액의 농도에 무관하게 녹아 나왔으며, 여기서는 500°C와 600°C의 두 가지 경우만 완전히 탄화가 되었다. NaOH 용액의 농도가 전해질에 따라 두 온도에서 똑같이 현저하게 수율이 줄어들었고, 탄화 온도가 500°C일 때 NaOH 처리 후 수율이 1N의 78.2%에서 9N의 57.6%까지 줄어들다가 10N의 경우에는 다시 수율이 많아졌고, 600°C 탄화의 경우에도 1N의 80.8%에서 9N의 61.4%까지 줄어들다가 10N의 경우에는 63.0%로 다시 많아졌다. 본 실험 결과 NaOH 처리 농도가 전해질에 따라 수율이 적어졌으므로 활성화를 위한 탄화 시료의 NaOH 최적 처리 농도는 1~2N임을 알 수 있었다.

Table 3. Effect of NaOH concentration for removing ash

Concentration NaOH (N)	Time (min)	Temp (°C)	Yield at 500°C (%)	Yield at 600°C (%)
1.0	60	80	78.2	80.8
2.0	60	80	75.7	77.8
3.0	60	80	69.7	68.3
4.0	60	80	68.0	68.0
5.0	60	80	64.5	61.9
6.0	60	80	64.4	60.6
7.0	60	80	64.2	62.0
8.0	60	80	63.1	64.6
9.0	60	80	57.6	61.4
10.0	60	80	62.4	63.0

### 3.3. 탄화 시료의 표면 분석

탄화 시료의 표면 구조를 살펴보기 위한 SEM 사진을 Fig. 1~4에 나타내었다. Fig. 1과 2는 500°C에서 탄화하여 각각 1N, 2N의 NaOH 용액에 함침시킨 후 관찰한 그림으로 Fig. 1에서 보면 시료 표면에 작은 알갱이의 불순물들이 널리 퍼져 있는 것을 관찰할 수가 있으며 공극이 생성되어 있지만 그 깊이와 분포가 아직 고르지 않았으며, Fig. 2에서는 Fig. 1에서와 마찬가지로 공극의 깊이와 분포가 고르지 못하지만 불순물들이 많이 없어진 것을 볼 수

있었다. Fig. 3과 4는 600°C에서 탄화하여 각각 1N, 2N의 NaOH 용액에 함침시킨 후 관찰한 것으로 Fig. 3에서는 표면에 약간 불순물이 있지만 Fig. 1, 2에서와는 달리 깊이가 깊은 공극을 관찰할 수가 있었다. Fig. 4 또한 Fig. 3과 마찬가지로 공극의 깊이가 깊고 공극 분포 또한 500°C에서 탄화한 시료의 공극 분포보다는 일정한 공극 분포를 보였다.<sup>2)</sup>

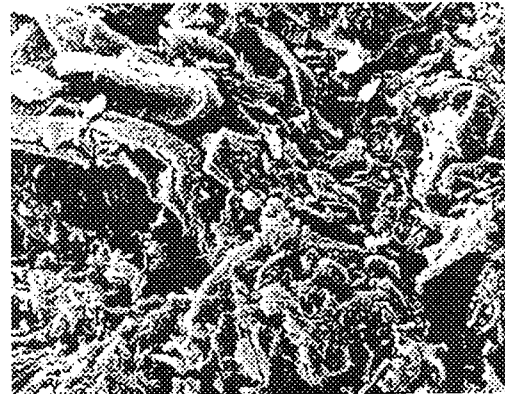


Fig. 1. SEM picture of carbonized sample (500°C, 1N NaOH).

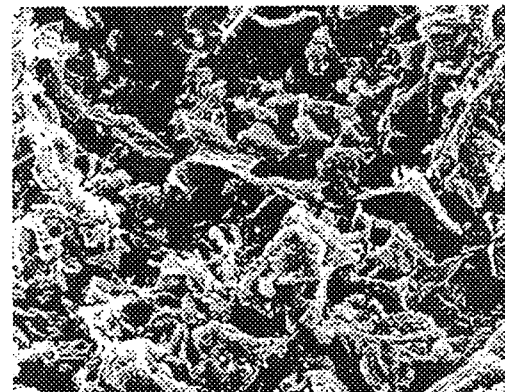


Fig. 2. SEM picture of carbonized sample (500°C, 2N NaOH).

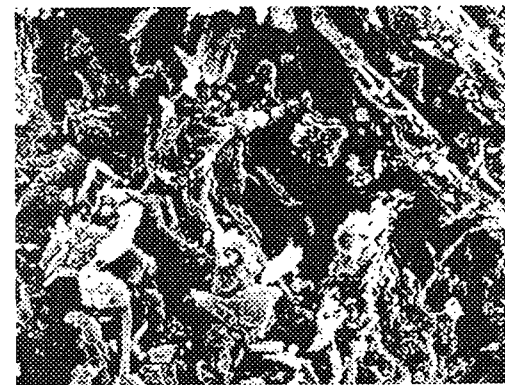


Fig. 3. SEM picture of carbonized sample (600°C, 1N NaOH).

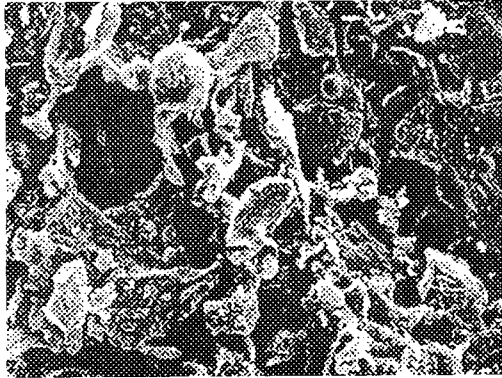


Fig. 4. SEM picture of carbonized sample (600°C, 2N NaOH).

### 3.4. 탄화 시료의 세공 구조

탄화한 시료의 세공 특성을 세공 크기별 평균 직경에 대한 부피 값( $dV/d\log(D_p)$ )의 분포로 Fig. 5에 나타내었다. 400°C에서 탄화한 시료는 세공 직경에 따른 일정한 부피 값을 가지지 못하고 세공 형성이 이루어지지 않은 것을 확인할 수가 있었으며, 500°C와 600°C에서 탄화한 시료는 세공의 크기가 20~100Å 범위의 세공이 형성되어 있고 주로 20~30Å 이하의 세공이 발달해 있었다. 세공 크기를 분류할 때 20Å 이하는 micropore라 하고 500Å 이상을 macropore, 그 중간을 mesopore라 분류하는데 본 실험에서 탄화한 시료의 경우 아직은 micropore(미세 세공)가 많이 발달되지 않은 것을 볼 수 있었다.<sup>19)</sup>

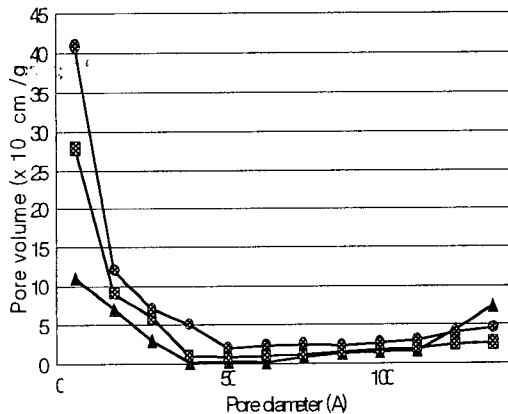


Fig. 5. Pore size distribution of carbonized sample at each temperature (▲: 400°C, ■: 500°C, ●: 600°C).

### 3.5. 탄화 시료의 요오드 흡착

Fig. 6은 500°C와 600°C에서 탄화시킨 후 NaOH

용액의 농도에 따라 처리한 시료의 요오드 흡착 실험 결과를 나타낸 것으로 500°C에서 탄화시킨 경우는 NaOH 용액의 처리 농도에 따라 369.43~713.23mg/g 까지 흡착 정도의 차이를 보였는데 1N, 2N의 농도에서는 낮은 값을 보이다가 NaOH 용액의 농도가 3N 이상으로 높아지자 요오드 값이 600mg/g 이상 상당히 높은 값이 나왔으며 600°C에서 탄화시킨 경우는 NaOH 용액의 처리 농도에 따라 313.77~679.05mg/g까지의 요오드 흡착능을 나타내어 500°C에서 탄화한 시료의 요오드 값과 비슷한 경향을 나타내었다.<sup>1,17)</sup> 한편 400°C에서의 탄화 경우, 388.65~582.00mg/g의 요오드 흡착능을 나타내었다. 이와 같은 결과는 탄화된 시료에 농도가 높은 염기성 용액에 함침되면서 탄화 시 생긴 공극 속의 불순물들이 제거되어 농도에 따라 요오드 흡착 정도가 달라진 것이라 사료된다. 탄화 실험 후 요오드 값은 활성탄의 KS 규격 중 3급(활성탄 900mg/g 이상)에도 못 미치는 값을 나타내었기에 활성화 공정을 거쳐 표면적을 증가시켜야 함을 알 수 있었다.

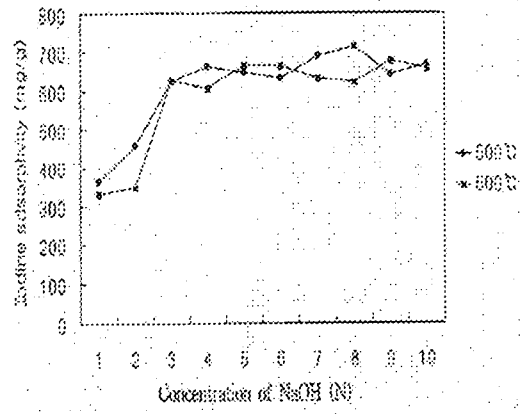


Fig. 6. Effect of NaOH concentration on the adsorption of iodine.

### 3.6. 활성화 조건과 수율

400, 500, 600°C의 세 가지 온도 조건에서 탄화하여 회분을 제거한 탄화 시료를 활성화시키기 위하여 다시 700, 800, 900°C의 세 가지 온도 조건에서 1시간 동안 활성화하였으며 그 수율을 Fig. 7에 나타내었다. 각 온도에서 탄화하여 1~10N까지의 NaOH 용액에 함침시킨 후 건조한 시료를 각 활성화 온도에 따라 활성화하였으며, NaOH 용액의 처리 농도에 무관하게 탄화 온도별로 평균하였다. 700°C에서 활성화한 경우에 400°C에서 탄화한 시료는 수율이 81.03%로 상당히 높게 나왔으며 500°C와 600°C에서

탄화한 시료 또한 800℃와 900℃에서 활성화한 각 탄화 온도별 탄화 시료에 비해서 높은 수율을 보이고 있으며 800℃에서 활성화한 시료의 수율이 47.67~54.89% 까지 안정된 수율을 얻을 수 있었으며 900℃에서 활성화시킨 시료 중 500℃의 탄화를 거친 경우에는 수율이 38.01%로 아주 낮은 수율을 나타내었다.<sup>414)</sup>

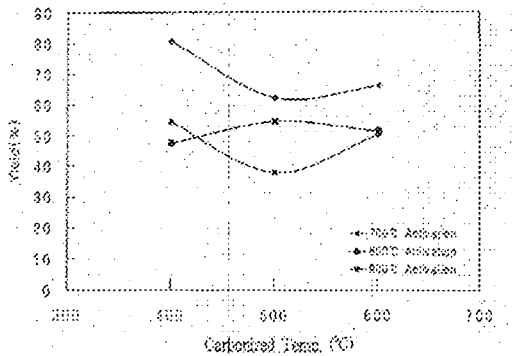


Fig. 7. Activation yield of activated sample prepared from carbonized sample.

### 3.7. 활성화 시료의 세공 구조 측정

활성화 시료의 세공 특성을 세공 크기별 평균 직경에 대한 부피 값( $dV/d\log(D_p)$ )의 분포로 Fig. 8에 나타내었다. Fig. 8은 500℃에서 탄화하여 700℃에서 활성화한 시료와 600℃에서 탄화하여 700℃에서 활성화한 시료의 세공 분포별 세공 부피를 나타낸 것으로 세공의 크기가 20~100Å 범위의 세공이 형성되어 있고 주로 20~30Å 이하의 세공이 발달해 있었는데 이것은 탄화한 시료의 세공 분포와 비슷하게 나타났다.

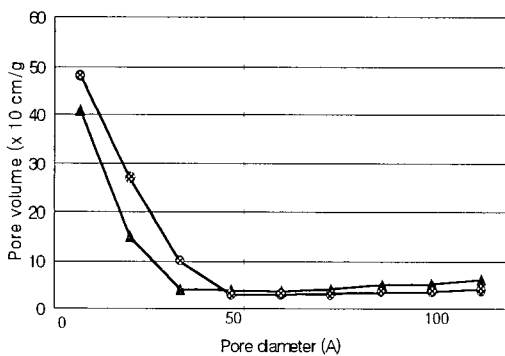


Fig. 8. Pore size distribution of activated sample(at 700°C) at different carbonized temperature (▲: 500°C, ●: 600°C).

### 3.8. 활성화 시료의 요오드 흡착

700, 800, 900℃에서 활성화한 시료의 요오드 흡착능을 Fig. 9에 나타내었다. 700℃에서 활성화한 시료는 요오드 값이 795.87~817.12mg/g까지 탄화 온도에 크게 영향을 받지 않는 것으로 보였고 800℃에서 활성화한 시료는 요오드 값이 774.47~1019.58mg/g까지 탄화 온도에 따라 요오드 값이 증가하였으며, 600℃ 탄화 후 800℃ 활성화 시에 1019.58mg/g의 가장 높은 요오드 값을 나타내었다. 이것은 시판되는 활성탄 보다 높은 값이었으며 900℃에서 활성화한 경우는 오히려 700, 800℃의 요오드 값보다 낮은 값을 보였는데 이것은 활성화 과정 즉, 흡착제의 흡착능을 크게 하는 것으로 미세공의 수를 크게 하여 내부 표면적을 증대시키는 과정이 더욱 진행됨에 따라 입자 내부의 모세관이 파괴됨과 동시에 큰 구멍이 형성되어 내부 표면적이 줄어드는 과활성화가 되어 흡착력이 떨어지는 현상으로 사료된다.<sup>16,17)</sup>

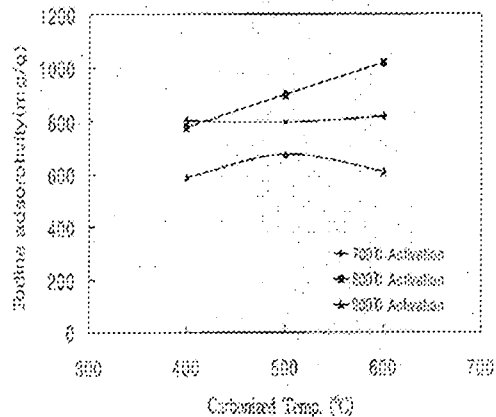


Fig. 9. Iodine adsorption capacity of activated sample.

### 3.9. 활성화제를 사용한 활성화와 요오드 흡착

탄화, 회분 제거 및 활성화 결과로부터 500℃와 600℃의 온도로 탄화시킨 시료를 1N의 NaOH 용액으로 처리하여, 활성화제로 사용한 10N의 NaOH 용액을 시료 : NaOH이 1:1(w/w)이 되게 시료에 첨가하여 700, 800, 900℃의 온도에서 1시간 동안 활성화한 시료의 요오드 값을 Fig. 10에 나타내었다. 활성화제를 첨가하지 않고 활성화만 시켰을 때의 요오드 값과 비교했을 때 700℃의 경우 800mg/g 수준에서 머물던 요오드 값이 1000mg/g 이상으로 증가하였으며 900℃의 경우에는 400mg/g 요오드 값이 증가하였다. 이는 현재 시판되고 있는 2급 활성탄(1000mg/g 이상)수준으로 활성탄으로 가능성이 있음을 알 수 있다.

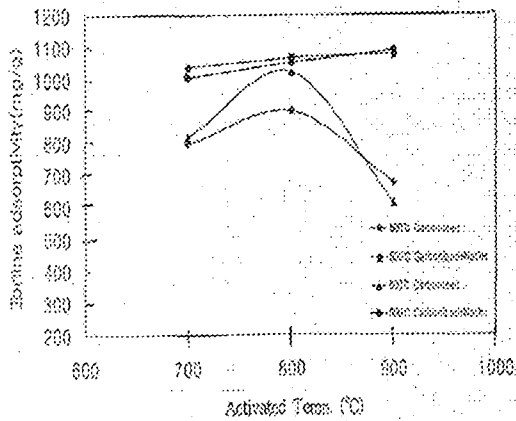


Fig. 10. Iodine adsorption capacity of activated sample prepared from carbonized sample impregnated with NaOH solution.

#### 4. 결론

본 연구는 음식물 쓰레기 중 배추를 이용하여 자원 재활용과 환경 오염 방지의 측면에서 활성탄을 제조하였으며, 탄화 조건과 활성화 조건을 알아보고 제조된 활성탄의 성능을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 배추를 이용한 활성탄 제조에서 탄화 조건은 탄화 온도가 상승함에 따라 수율이 감소하였으며 400°C 탄화 시료는 강염기성 수용액에서 미탄화된 유기물이 녹아 나와 최적 탄화 온도는 유기물이 탄화되는 500°C 이상 즉, 본 실험에서는 600°C가 최적 탄화 온도임을 알 수 있었다.

2) 탄화 시료내의 회분 제거는 NaOH 용액을 1~10N 까지 10가지 농도의 용액으로 함침시킨 결과, 그 수율이 농도가 높아질수록 급속히 낮아져 회분 제거를 위한 NaOH 용액의 농도는 수율 측면에서 보면 1~2N이 가장 알맞은 농도라고 결정하였다.

3) 탄화 시료의 SEM 사진에서 500°C 탄화 시료는 공극이 고르게 분포하지 못하고 불순물들이 표면에 붙어있었으며, 600°C 탄화 시료는 공극의 깊이가 깊고 500°C 보다는 공극 분포가 넓게 퍼져있고 불순물 또한 적게 존재하였다.

4) 탄화 시료의 흡착능을 알아보기 위해 한국 공업 규격에 따라 요오드 흡착 실험을 한 결과, 500°C에서 탄화시킨 경우는 NaOH 용액의 처리 농도에 따라 1N일 때 369.43mg/g에서 8N일 때 713.23mg/g까지 흡착능을 보였고, 1, 2N의 농도에서는 낮은 값을 보이다가 NaOH 용액의 농도가 3N 이상으로 높아지자 요오드 값이 600mg/g 이상 높은 값이 나왔으며, 600°C에서 탄화시킨 경우는 NaOH 용액의 처리 농도에 따라 1N 일 때 313.77mg/g에서

9N 일 때 679.05mg/g까지의 요오드 흡착 정도를 나타내었다.

5) 탄화된 시료를 다시 700, 800, 900°C 온도 조건으로 활성화한 결과, 수율은 700°C에서 62.49%와 66.74%로 높았지만, 요오드 흡착에서는 795.87mg/g과 817.12mg/g으로 800°C의 54.89%와 51.87% 일 때 897.38mg/g과 1019.58mg/g 보다는 낮았고, 900°C의 38.01%와 50.90%일 때 672.84mg/g과 610.82mg/g의 결과는 과활성화로 인한 기공의 표면적이 줄어든 결과임을 알 수 있었다. 활성화 조건은 600°C 탄화에 800°C 활성화가 최적인 것을 알 수 있었다.

6) 비표면적 분석 결과 기존 활성탄의 비표면적 및 세공 직경, 세공 부피 등에 아직은 미치지 못하는 결과를 볼 수가 있었다. 좀더 다각적인 활성화 방안의 모색이 필요함을 알 수가 있었다.

7) 10N의 NaOH 용액의 활성화제를 무게비로 1:1 첨가하여 활성화시킨 활성탄의 요오드 흡착은 1004.68mg/g~1089.35mg/g까지 현재 시판되고 있는 활성탄과 비슷한 흡착능을 가며, 활성탄으로 사용 가능함을 알 수 있었다.

#### 참고 문헌

- 1) 문 회, 1995, 흡착제의 특성과 운용, 흡착제와 그의 활용에 관한 Workshop 자료집(III).
- 2) Gregg, S. J. and K. S. W. Sing, 1967, Adsorption, Surface Area, and Porosity, Academic Press, N. Y.
- 3) Hassler, J. W., 1970, Activated Carbon, Chem. Pub. Co., N. Y.
- 4) 활성탄 기초와 응용, 1984, 탄소 재료 학회, (주)강담사.
- 5) Hassler, J. W., 1974, Purification With Activated Carbon.
- 6) Mitsubishi Chemical Industries, 1981, Granular Activated Carbon.
- 7) 중국 석탄을 원료로 하는 고품위 활성탄 제조 연구, 1995, 한국에너지 기술 연구소.
- 8) Kim, C. H., S. C. Kim and A. Chen, 1996, The Development of High Quality Activated Carbon Manufacturing Process using Chinese Coal, KIER Technical Report.
- 9) Robert, D. and N. O. Egiebor, 1996, Activated carbon production from synthetic crude coke, Fuel Processing Technology, 46, 157-169.
- 10) Akash, B. A. and W. S. O'Brien, 1996, The Production of Activated Carbon from a Bituminous Coal, Inter. J. Energy. Res., 20,

- 913-922.
- 11) Satya, P. M. and J. A. K. Krishnaiash, 1997, Production of Activated Carbon from Coconut Shell Char in a Fluidized Bed Reactor, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 36, 3625-3630.
  - 12) Dalai, A. K., J. Zaman, E. H. Stanley, and E. L. Tollefson, 1996, Preparation of activated carbon from Canadian coals using a fixed-bed reactor and a spouted bed-kiln system, *Fuel*, 75(2), 227-237.
  - 13) 한국 화학 연구소, 1983, 활성탄 제조에 관한 연구, 한국 과학 기술처.
  - 14) 김성철, 김원일, 이승범, 김형진, 홍인권, 1997, 역청탄을 원료로 한 활성탄의 제조 및 성능 평가, 한국 화학공학학회, 35(1).
  - 15) 이송우, 권태훈, 이상훈, 류동춘, 최동훈, 송승구, 1999, 국내 석탄으로 제조된 활성탄의 특성 연구, 한국 화학공학학회, 35(2).
  - 16) 한국 산업규격, 1993, 활성탄 시험방법 KS-M 1802.
  - 17) 한국 동력 자원 연구소, 1989, 석탄을 원료로 하는 입상 활성탄 제조 및 흡착특성, 한국 과학기술처.
  - 18) Lowell, S. and J. E. Shield, J. E., 1984, *Powder Surface Area and Porosity*, 2nd Edition, Chapman and Hall, New York.
  - 19) 김제영, 홍익표, 1994, 수증기 부활에 의해 제조된 활성 탄소 섬유 특성, 산업 과학 기술 연구소 환경 에너지 연구 본부.