

## 염화아연 약품활성화를 이용한 음식물쓰레기로부터 활성탄 제조

강화영\* · 이영동\*\* · 김세훈\*\* · 박성봉 · 정재성 · 박상숙<sup>†</sup>

순천대학교 토목·환경공학부 · \*한영대학 토목환경과 · \*\*전북대학교 환경·화학공학부

(2008년 6월 4일 접수, 2008년 8월 4일 채택)

### Preparation of Activated Carbon from Wasted Food by Chemical Activation with Zinc Chloride

Hwa-Young Kang\* · Young-Dong Lee\*\* · Se-Hoon Kim\*\*  
Sung-Bong Park · Jae-Sung Jung · Sang-Sook Park<sup>†</sup>

*Division of Civil and Environmental Engineering, Sunchon National University*

*\*Department of Civil and Environment, Hanyeong College*

*\*\*Division of Environmental and Chemical Engineering, Chonbuk National University*

**ABSTRACT** : It was studied to utilize wasted food as a starting material to produce for activated carbon. The wasted food was chemically activated with zinc chloride. Experiments were carried out at different chemical ratios(activating agent/wasted foods), activation temperatures, and activation time. The activated products were characterized by measuring the iodine and methylene blue number, the BET surface area, the pore volume, the micropore ratio, the pore diameter, the yields and the scanning electron microscope(SEM). For the products activated by impregnation ratio of 1.0 of ZnCl<sub>2</sub> at 500°C for 60 min in a rotary kiln reactor had iodine number of 480 mg/g, methylene blue number of 95 mL/g, BET surface area of 410 m<sup>2</sup>/g, pore volume of 0.248 cm<sup>3</sup>/g, and average pore diameter of 2.43 nm, respectively. The activated carbon obtained had the contribution of micropore area of 70.7% to the total pore area and micropore volume of 53.2% to the total pore volume.

**Key Words** : Activated Carbon, Chemical Activation, Iodine/methylene Blue Number, BET Surface Area, Pore Volume

**요약** : 활성탄을 제조하기 위하여 원료물질로서 음식물쓰레기를 이용하였다. 음식물쓰레기를 염화아연으로 약품활성화 하였다. 실험은 서로 다른 약품첨가비율(활성화제/음식물쓰레기), 활성화 온도, 그리고 활성화시간을 변수로 하여 수행하였다. 활성화물의 특성을 나타내기 위하여 요오드가와 메틸렌블루 가, BET 표면적, 세공 용적, 미세공 비율, 세공 직경, 수율 그리고 주사전자현미경 관찰을 수행하였다. 로터리 킬른 반응로를 이용하여 염화아연 함침비 1.0배인 시료를 500°C에서 60분 동안 활성화하여 제조한 활성화물의 요오드가는 480 mg/g, 메틸렌블루 가는 95 mL/g, BET 표면적은 410 m<sup>2</sup>/g, 세공 용적은 0.248 cm<sup>3</sup>/g, 그리고 평균세공직경은 2.43 nm로 나타났다. 제조한 활성탄의 총 표면적중 미세공 면적 비율은 70.7%, 총 세공 용적 중 미세공 용적 비율은 53.2%를 나타냈다.

**주제어** : 활성탄, 약품활성화, 요오드/메틸렌블루 가, BET 표면적, 세공용적

### 1. 서론

활성탄은 다양한 크기의 다공성 세공구조를 가진 탄소로서 오래 전부터 흡착제로써 뿐만 아니라 탈취, 탈색 및 촉매 등으로 널리 사용되고 있으며, 혼합물의 분리, 정제에도 사용되는 등 그 수요가 날로 증가하고 있다. 일반적으로 활성탄의 표면적은 500~1,400 m<sup>2</sup>/g이지만, 일부 활성탄은 3,000 m<sup>2</sup>/g 이상인 것도 있다.<sup>1)</sup> 활성탄의 흡착 능력과 응용 형태는 세공구조, 표면적, 밀도, 그리고 표면화학과 같은 그것의 물리적 특성에 의해 좌우되며,<sup>2)</sup> 같은 재료를 가지고도 온도, 침지시간, 활성화제 그리고 산화제 유량비율<sup>3-5)</sup>

과 같은 다양한 제조 변수에 따라 서로 다른 흡착특성을 가진 활성탄이 제조된다.

활성탄은 일반적으로 물리적 활성화법과 약품활성화법에 의해 제조된다. 물리적 활성화법은 원료물질의 탄화와 이산화탄소 또는 수증기를 이용한 활성화로 이루어진다. 약품활성화법은 원료물질을 인산, 황산, 염화아연 및 황화칼륨 등의 활성화제 용액에 침적시킨 다음 탄화 소성하여 제조한다. 물리적 활성화법과 비교하여 약품활성화법의 장점은 상대적으로 낮은 온도에서 단단 공정으로 활성탄 제조가 완료된다는 것이다. 그러나 약품활성화법은 장치에 대한 부식성과 세척공정이 필요하다는 단점이 있다.<sup>6)</sup>

활성탄 제조를 위한 원료물질은 높은 탄소함량과 낮은 무기물 함량을 가진 재료가 좋으며, 충분한 휘발분 함량 또한 상당히 중요하다. 활성탄 제조를 위해 가장 자주 사

<sup>†</sup> Corresponding author

E-mail: ssp@sunchon.ac.kr

Tel: 061-750-3812

Fax: 061-750-3812

용되는 재료는 무연탄, 갈탄, 나무, 야자각 등이며, 과일씨와 다양한 나무열매 각지와 같은 농업 부산물도 재료로 사용되고 있다.<sup>7)</sup> 오레가노 줄기(Oreganum stalks),<sup>6)</sup> 벚씨(Cherry stones),<sup>8)</sup> 옥수수 속대(Corncoobs),<sup>9,10)</sup> 왕겨(Rice husk),<sup>11)</sup> 복숭아 씨(Peach stones),<sup>12)</sup> 플럼 핵(Plum kernels),<sup>13)</sup> 유포비아 리기다(Euphorbia rigida)<sup>14)</sup> 등과 같은 많은 종류의 농업 부산물이 약품활성화를 통하여 성공적으로 활성탄으로 전환되었다.

한편 국내의 경우 식물쓰레기의 주요 자원화기술로서 사료화와 퇴비화가 주류를 이루고 있으나, 식물쓰레기의 불균일한 성장과 높은 염분함량으로 인해 거의 부가가치를 창출하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 식물쓰레기의 효율적인 자원화 기술의 일환으로서 활성화약품 중 높은 활성화 능력과 저렴한 가격 때문에 가장 효과적인약품중의 하나로 알려지고 있는 염화아연으로 약품활성화하여 활성탄을 제조함으로써 식물쓰레기를 유용한 흡착제로 전환하는데 연구의 목적이 있다. 높은 표면적과 잘 발달된 다공성을 가진 활성탄을 제조하기 위하여 활성화 시간과 온도 그리고 약품 함침비를 변수로 하여 활성탄을 제조하였으며, 제조한 활성탄의 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능, BET 표면적, 세공 용적, 미세공 비율, 세공 직경, 수율을 측정하였으며, 주사전자현미경 관찰도 수행하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1. 실험재료

활성탄 제조를 위해 본 연구에 사용된 재료는 사료화 및 퇴비화를 위해 현재 전주시에서 건조 처리한 식물쓰레기를 이용하였다.

### 2.2. 활성탄 제조

염화아연( $ZnCl_2$ )을 물에 녹여 100 mL 용액을 만들어 식물쓰레기와 섞은 후 50°C에서 1시간 동안 혼합 한 다음 80°C에서 24시간 동안 건조하였다. 약품이 함침된 건조 시료를 Rotary kiln 반응로에 넣고 공기를 차단한 후 100 mL/min의 비율로 질소가스를 주입하면서 10°C/min 속도로 승온하여 목적하는 활성화 온도에 도달하면 활성화 시간을 변수로 하여 열분해하였다. 활성탄 제조를 위한 약품 함침비 및 활성화 온도와 시간 변화는 다음과 같다.

- 약품 함침비 :  $ZnCl_2$ /식물쓰레기 = 0.5 / 1.0, 1.0 / 1.0, 1.5 / 1.0, 2.0 / 1.0
- 활성화 온도 : 400, 500, 600, 700°C
- 활성화 시간 : 30, 60, 90, 120, 150, 180분

활성화 반응 후 질소가스를 연속적으로 주입하면서 반응로를 상온까지 냉각한 후, 열분해 차르(char)를 10% 염산 용액 200 mL에서 80°C로 60분간 끓인 후 여과한 다음 뜨거운 물과 찬물로 연속하여 수회 세척하여 염소 이온과 다른 무기물 이온을 제거하였다. 세척 후 활성화된 시료는 110°C

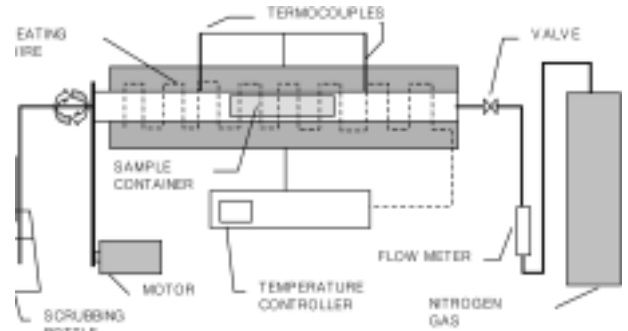


Fig. 1. Schematic diagram of activation kiln.

건조기에서 24시간 건조하여 활성탄 제조를 완료한 다음 분석용 시료로 사용하기 위해 시료보관함에 보관하였다.

### 2.3. 활성화 장치

활성탄 제조를 위해 본 연구에 사용된 실험 장치는 크게 불활성가스 유입장치, 반응로, 발생가스 응축장치 등의 3개 부분으로 구성되었으며, Fig. 1에서 보여주고 있다. 반응로의 재질은 인코넬을 사용하였고, 길이는 160 cm, 내경은 7 cm로 하였으며, 반응기의 중앙 및 좌·우측에 K-type 열전대를 이용하여 온도를 조절하였다. 반응로의 온도 상승은 1,200°C까지 가능하며, 온도 조절장치는 실험 수행조건에 따라 온도 상승속도 및 지속시간을 인위적으로 설정할 수 있다.

### 2.4. 분석방법

시료의 공업분석은 ASTM D3173, 3174, 3175 방법에 의해 결정하였다. 요오드가(흡착능) 및 메틸렌블루가(탈색능)는 KSM 1802<sup>15)</sup> 시험법에 의해 결정하였다. 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능은 식물쓰레기로부터 제조한 활성탄 g당 흡착된 요오드의 mg 및 메틸렌블루의 mL로 정의한다.

식물쓰레기로부터 제조한 활성탄의 세공구조 특성은 ASAP 2010 Sorptometer(Micromeritics Instrument Corp. Norcross, GA)로 액체질소온도에서 측정된 질소 흡착-탈착 등온선을 이용하여 분석하였다. 표면적과 세공크기 분포는 각각 Brunauer-Emmet-Teller(BET)와 Barrett-Joyner-Halenda(BJH) 식을 이용하여 계산하였다. 총 세공부피와 평균 세공직경 또한 계산하였다. 미세공 부피와 미세공 면적은 t-plot 식을 이용하여 계산하였다. 제조한 활성탄의 외부표면구조는 주사전자현미경(SEM, JEOL JSM-T330A)을 이용하여 관찰하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 재료의 공업분석

Table 1은 식물쓰레기와 야자각의 공업분석 결과를 보여주고 있다. 식물쓰레기의 휘발분은 활성탄 제조시 열분해 및 가스화가 원활하게 이루어질 정도로 충분히 높은 함량을 보여주고 있으며, 회분 함량은 16.9%로 다소 높은

**Table 1.** Proximate analysis of coconut shell and wasted foods

Raw material	Moisture	Volatile matter	Fixed carbon	ash
Coconut shell	4.5	74.9	18.9	1.7
Wasted foods	2.0	69.6	11.5	16.9

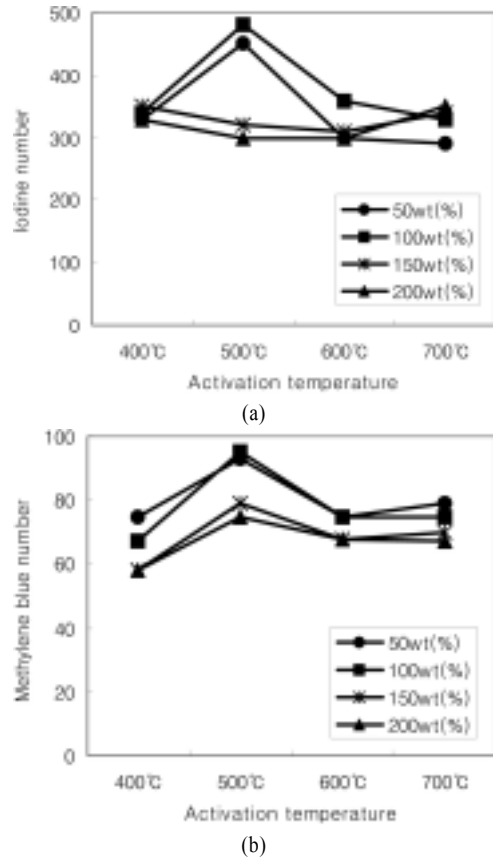
것으로 나타났다. 활성탄의 주성분은 고정탄소이어야 하나 음식물쓰레기는 회분 함량이 높아 활성표면이 감소될 것이므로, 물리적 활성화법보다는 약품활성화법을 이용하여 활성탄을 제조하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

3.2. 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능

Fig. 2와 3은 다양한 변수에서 음식물쓰레기로 제조한 활성탄에 대한 특성을 요오드 흡착능과 메틸렌블루 탈색능으로 나타냈다. 일반적으로 요오드 값은 10 Å 이상의 세공을 가지 표면을 의미하며,<sup>16)</sup> 메틸렌블루는 상대적으로 큰 색채 분자로 요오드와 메틸렌 블루의 횡단면적은 각각 42 Å<sup>2</sup> 와 128.4 Å<sup>2</sup>이다.<sup>17)</sup> 비록 가스처리를 위해서는 높은 비표면적을 가진 활성탄이 무엇보다 필요하지만 물을 정화하기 위해서는 큰 세공 또한 중요하다. 따라서 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능은 물에서 색체를 제거할 수 있는 활성탄의 흡착능 자료를 제공해 준다.

Fig. 2는 반응시간 1시간에서 염화아연 함침비와 활성화 온도를 변수로 하여 제조한 활성탄의 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능을 보여주는 것으로, 이들 흡착능 값은 음식물쓰레기에 대해 염화아연을 0.5배와 1.0배로 함침한 시료를 500°C로 활성화 할 경우 비교적 높게 나타났다. 음식물쓰레기에 대해 염화아연을 0.5배 함침한 후 500°C에서 활성화하여 제조한 활성탄의 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능은 각각 450 mg/g 및 93 mL/g을, 1.0배 함침한 후 500°C에서 활성화하여 제조한 활성탄의 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능은 각각 480 mg/g 및 95 mL/g으로 나타났다. 함침비 1.5 이상일 때 이들 값은 현저히 감소하였는데, 이는 염화아연이 Tar류를 선택적으로 용출하여 활성화가 일어나므로, 활성화제의 과량첨가는 Tar류의 과용출을 일으켜 과활성화로 인해 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능이 감소한 것으로 판단된다.

400°C에서 500°C로 활성화 온도 증가에 따른 흡착능 및 탈색능의 증가는 활성화 온도가 증가함에 따라 좀 더 많은 휘발성 물질과 타르가 지속적으로 방출됨으로서 일부 새로운 세공이 형성되었기 때문이다. 600°C와 700°C의 활성화 온도에서는 온도가 증가할수록 흡착능 및 탈색능은 감소하였는데, 이러한 감소는 600°C와 700°C의 상대적으로 높은 온도에서는 차르(char)의 소결로 인해 탄소구조의 수축과 재배열이 일어나고, 그로인해 세공용적과 세공면적이 감소되었기 때문으로 판단된다. 또한 600°C와 700°C에서 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능의 감소 요인 중 하나는 이들 온도에서 세공의 병합이 발생하였기 때문으로 판단된다.<sup>18)</sup> 염화아연 활성화시 500°C의 활성화 온도는 다른 연구가들에 의해서도 권고되었다.<sup>19,20)</sup>



**Fig. 2.** Effect of impregnation ratio of ZnCl<sub>2</sub> and activation temperature on development of (a) iodine and (b) methylene blue number(activation time: 1 hrs).

Fig. 2의 실험결과를 통해 약품 함침비와 활성화 온도 변화에 따라 제조한 활성탄의 요오드 흡착능과 메틸렌블루 탈색능이 상대적으로 높은 조건, 즉 음식물쓰레기에 대한 염화아연 함침비 0.5배와 1.0배, 그리고 활성화 온도 500°C에서 반응시간을 변화시켜 제조한 활성탄의 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능 그리고 수율의 변화를 연구하였으며, 그 결과를 Fig. 3에서 보여주고 있다. Fig. 3에서 볼 수 있듯이 반응시간 변화에 따라 음식물쓰레기로 제조한 활성탄의 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능은 반응시간 60분에서 가장 높게 나타났다. 이러한 현상은 염화아연으로 약품활성화 할 경우 반응시간 60분까지는 미세공이 합체 또는 확장되어 중세공이 되고, 동시에 더 많은 미세공이 개방되었기 때문으로 판단된다. 그러나 반응 시간이 60분을 초과할 경우 시간이 연장됨에 따라 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능이 감소하기 시작하였는데, 이러한 결과는 적정 활성화 반응시간은 세공의 유입구를 막고 있는 물질을 깨끗하게 제거해 줄뿐만 아니라 다공성을 증가시키기 위해 필요하지만, 만약 체류시간이 너무 길면 차르(char)의 수축과 압축으로 인해 세공구조가 케이킹화(caking)되어 다공성이 감소하게 되고, 그로인해 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능도 감소하게 된다.<sup>21)</sup> 그리고 반응시간이 연장됨에 따라 가스화가 지속적으로 진행되어 수율이 감소하고 있음을 알 수 있었다.

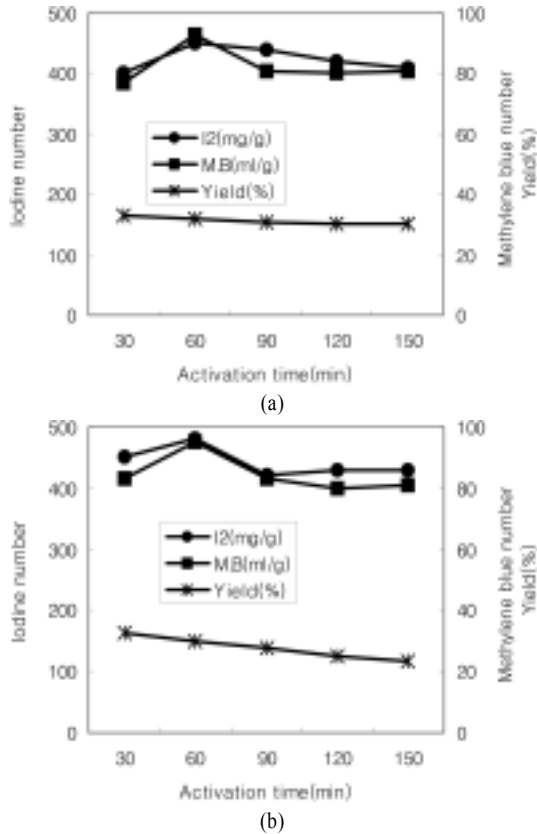


Fig. 3. Effect of activation time on development of iodine and methylene blue number at 500°C for impregnation ratio of 0.5(a) and 1.0(b) of ZnCl<sub>2</sub>.

3.3. 활성탄의 비표면적, 세공용적 및 분포

음식물쓰레기로 제조한 활성탄의 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능의 관점에서 볼 때 500°C가 적정 활성화 온도임을 Fig. 2를 통해 알 수 있었다. 따라서 Fig. 4는 활성화 온도 500°C와 활성화 시간 60분에서 약품 함침비 변화에 따른 비표면적과 수율의 변화를 보여주고 있다. 염화아연 함침비가 0.5배에서 1.0배로 증가함에 따라 제조한 활성탄의 비표면적도 증가하여 약품 함침비 1.0배에서 비표면적 값은 410 m<sup>2</sup>/g으로 가장 높게 나타났으며, 염화아연 함침비 1.5배와 2.0배에서 제조한 활성탄의 비표면적 값은 급격히 감소하였다. 염화아연 함침비 1.5배와 2.0배에서 제조한 활성탄의 비표면적 값의 감소는 높은 약품비의 첨가로 인해 일부 미세공이 합체 또는 확장되어 중세공 및 거대세공으로 전환되었을 뿐만 아니라 일부 미세공이 파괴되었기 때문으로 판단된다. 염화아연 활성화시 이러한 세공의 발달은 음식물쓰레기에 함유된 수소 및 산소는 염화아연의 강력한 탈수반응에 의해 제거되고, 아연화합물과 탄소사이에 맹렬한 상호작용이 일어나 차르(char)와 방향족 탄소구조를 생성할 뿐만 아니라 탄소의 원자층이 확장되어 세공구조가 형성되었기 때문으로 판단된다.<sup>22)</sup> 또한 약품 함침비 증가에 따라 제조한 활성탄의 수율은 감소하였는데, 이러한 결과는 약품 함침비가 증가함에 따라 차르(char)의 가스화가 촉진되기 때문이다.

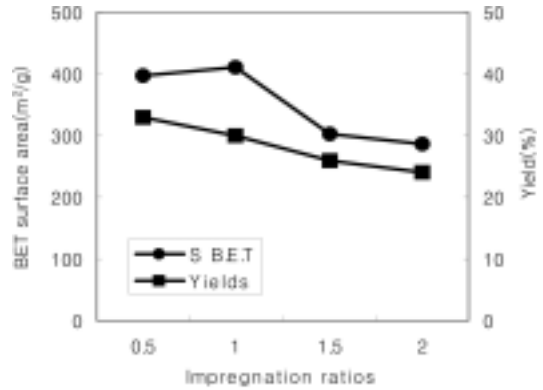


Fig. 4. Effect of impregnation ratio of ZnCl<sub>2</sub> on development of B.E.T surface area at 500°C(activation time: 1 hrs).

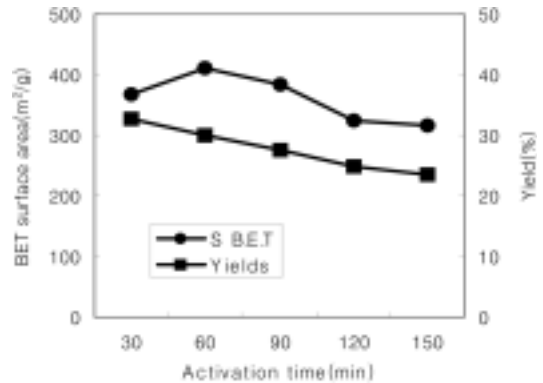


Fig. 5. Effect of activation time on development of B.E.T surface area at 500°C for impregnation ratio of 1.0 of ZnCl<sub>2</sub>.

Fig. 2와 Fig. 4의 결과를 통해 음식물쓰레기로 제조한 활성탄의 요오드 흡착능 및 비표면적 값이 높은 활성화 조건, 즉 반응온도 500°C와 염화아연 함침비 1.0배의 조건에서 반응시간 변화에 따른 비표면적과 수율의 변화를 Fig. 5에서 보여주고 있다. Fig. 5에서 볼 수 있듯이 활성화 시간의 연장에 따라 수율은 지속적으로 감소하는 반면, 비표면적은 반응시간이 연장됨에 따라 증가하여 반응시간 60분에서 410 m<sup>2</sup>/g으로 최대값에 도달한 후 반응시간을 좀 더 연장할 경우 감소하고 있음을 보여주고 있다. 반응시간 60분 이상에서 비표면적 값의 감소는 앞서서도 언급했듯이 차르(char)의 수축과 압축으로 인해 세공구조가 케이킹화(caking)되어 다공성이 감소하였을 뿐만 아니라 소결로 인해 일부 세공이 봉쇄되었기 때문으로 판단된다.

Table 2는 음식물쓰레기에 염화아연을 1.0배 함침한 후 500°C에서 60분(Zn 60-A.C)과 90분(Zn 90-A.C)간 활성화하여 제조한 활성탄의 비표면적과 세공용적 그리고 평균세공 직경을 보여주고 있다. Table 2에서 볼 수 있듯이 Zn 60-A.C의 경우 총 BET 표면적 중 미세공 면적이 70.7%를 차지하고 있으며, Zn 90-A.C의 경우 총 BET 표면적 중 미세공 면적이 68.6%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 그리고 Zn 60-A.C의 경우 총 세공용적 중 미세공 용적이 53.2%, Zn 90-A.C의 경우 미세공 용적이 48.2%를 차지하고 있는 것

**Table 2.** Surface area, pore volume and pore diameter of activated carbons prepared from wasted foods

Sample	Surface area(m <sup>2</sup> /g)			Pore volume(cm <sup>3</sup> /g)			Average pore diameter(nm)
	total surface area(BET)	micropore area	micropore fraction(%)	total pore volume	micropore volume	micropore fraction(%)	
Zn 60-A.C	410	290	70.7	0.248	0.132	53.2	2.43
Zn 90-A.C	385	264	68.6	0.247	0.119	48.2	2.57

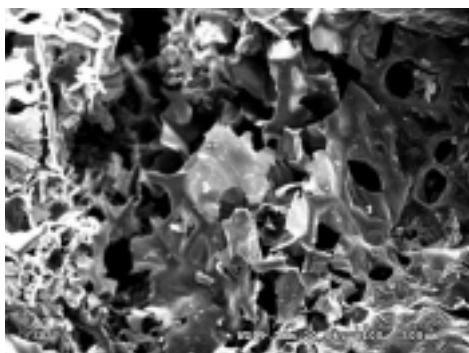
으로 나타났으며, 평균 세공직경은 각각 2.43과 2.57 nm로 나타났다. 이러한 결과는 음식물쓰레기를 염화아연으로 약품활성화하여 제조한 활성탄의 경우 상대적으로 중세공 및 거대세공 비율이 높은 활성탄의 특성을 보여주고 있음을 알 수 있다. 또한 활성화 반응시간을 60분에서 90분으로 연장함에 따라 음식물쓰레기로 제조한 활성탄의 총 세공면적과 세공용적이 감소하고, 이들 총 세공면적과 세공용적 중 미세공 면적과 용적이 차지하는 비율도 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 Zn 60-A.C의 평균세공직경은 2.43 nm에서 Zn 90-A.C의 평균세공직경은 2.57 nm로 증가하여 세공이 확장되었음을 나타내고 있다.

**3.4. 활성탄의 외부표면 구조**

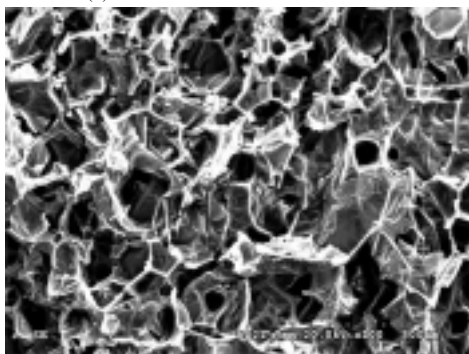
활성탄의 세공크기 분포는 특정한 공정운전에 적용이라는 관점에서 중요한 인자이다. 특히 세공의 형태는 사용된 재료의 형태에 의해 좌우되나, 활성화 방법은 최종 세공크기 분포에 영향을 줄 수 있는 또 다른 변수로 알려졌다.

따라서 본 실험에 사용된 음식물쓰레기를 약품활성화하여 제조한 활성탄의 표면을 관찰하기 위해 주사전자현미경으로 표면을 100배와 500배 확대하여 촬영하였다.

Fig. 6(a)와 (b)는 ZnCl<sub>2</sub>/음식물쓰레기를 각각 0.5/1.0과 1.0/1.0로 혼합한 후, 500℃에서 60분간 약품활성화하여 제조한 활성탄을 100배 확대하여 촬영한 활성탄의 표면구조를 보여주고 있으며, Fig. 7(a)와 (b)는 ZnCl<sub>2</sub>/음식물쓰레기를 각각 1.0/1.0과 2.0/1.0로 혼합한 후, 500℃에서 60분간 약품활성화하여 제조한 활성탄을 500배 확대하여 촬영한 활성탄의 표면구조를 보여주고 있다. 음식물쓰레기를 약품활성화하여 제조한 이들 활성탄에는 활성화 약품의 탈수 및 산화반응에 의해 서로 다른 크기의 세공과 형태가 잘 발달하였음을 보여주고 있다. 결국 이러한 세공의 발달은 비표면적과 세공용적을 증가시킬 뿐만 아니라 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능 값을 증가시키는 원인이 된다. 그러나 세공 직경이 20 Å 이하인 미세공은 활성탄 외부 표면에 극히 일부분 존재하고, 외부 표면에는 주로 직

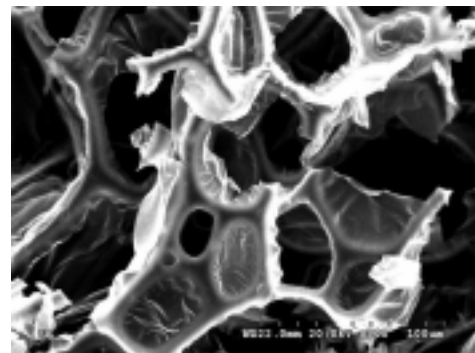


(a) ZnCl<sub>2</sub>/wasted foods ratios of 0.5

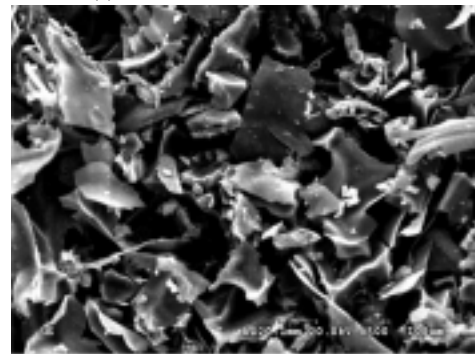


(b) ZnCl<sub>2</sub>/wasted foods ratios of 1.0

**Fig. 6.** Scanning electron micrographs(x100) of the activated carbon produced from activation at 500℃ for 60 min by using ZnCl<sub>2</sub>/wasted foods ratios of (a) 0.5 and (b) 1.0.



(a) ZnCl<sub>2</sub>/wasted foods ratios of 1.0



(b) ZnCl<sub>2</sub>/wasted foods ratios of 2.0

**Fig. 7.** Scanning electron micrographs(x500) of the activated carbon produced from activation at 500℃ for 60 min by using ZnCl<sub>2</sub>/wasted foods ratios of (a) 1.0 and (b) 2.0.

경이 500 Å 이상인 거대세공(macropores)이 분포하며, 이것으로부터 분기되어 20~500 Å의 중세공(mesopores)이 있고, 이 중세공으로부터 더욱 분기되어 미세공(micropores)이 존재하기 때문에 단지 표면 형태의 촬영에 국한되는 SEM 사진만으로는 활성탄에 형성된 정확한 세공구조를 예측하는 데는 한계가 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 가정에서 배출되는 음식물쓰레기를 염화아연으로 약품활성화하여 활성탄을 제조하였다. 제조한 활성탄의 세공 발달은 활성화 온도와 약품 함침비에 의해 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났으며, 반응시간의 연장도 활성화를 증가시켰다. 그러나 활성화제의 과량 첨가는 타르류의 과용출을 일으키는 과활성화로 인해 세공을 파괴시켜 다공성을 감소시켰으며, 지나친 온도의 증가 또한 탄소 구조의 수축을 일으켜 다공성을 감소시켰다. 또한 반응시간의 지나친 연장은 이미 형성된 세공구조가 케이킹화(caking)되어 다공성이 감소할 뿐만 아니라 소결로 인해 일부 세공이 봉쇄되어 활성탄의 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능과 비표면적을 감소시키는 결과를 나타냈다.

음식물쓰레기에 대한 염화아연 함침비 1.0배, 활성화 온도 500°C 그리고 반응시간 60분이 활성탄 제조를 위한 최적 조건임을 확인하였다. 이러한 조건에서 제조한 활성탄(Zn 60-A.C)의 요오드 흡착능 및 메틸렌블루 탈색능 그리고 BET 표면적 값과 총 세공용적은 각각 480 mg/g 및 95 mL/g 그리고 410 m<sup>2</sup>/g과 0.248 cm<sup>3</sup>/g으로 나타났으며, 평균세공직경은 2.43 nm로 나타났다. Zn 60-A.C의 경우 총 BET 표면적 중 미세공 면적이 70.7%를 차지하고 있으며, 총 세공용적 중 미세공 용적이 53.2%를 차지하고 있어 상대적으로 중세공 및 거대세공 비율이 높은 활성탄의 특성을 보여주었다.

#### 사 사

본 과제는 교육과학기술부·식자경제부의 출연금으로 수행한 순천대학교 광주·전남·제주권 산학협력중심대학육성사업단의 2007년도 4차년도 기술개발과제 지원사업으로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. Otowa, T., Tanibata, R., Itoh, M., "Production and adsorption characteristics of MAXSORB: high-surface-area active carbon," *Gas Sep. Purif.*, **7**(4), 241~245(1993).
2. Robert Dipanfilo, Nosa O. Egiebor, "Activated carbon production from synthetic crude coke," *Fuel Process. Technol.*, **46**, 157~169(1996).
3. Zhonghua, H. and Vansant, E. F., "A new composite adsorbent produced by chemical activation of elutritilite

- with zinc chloride," *J. Colloid Interface Sci.*, **176**(2), 422~431(1995).
4. Bota, A., Laszlo, K., Nagy, L.G., Copitzky, T., "Comparative study of active carbons from different precursors," *Langmuir*, **13**(24), 6502~6509(1997).
5. Pastor-Villegas, J., Gomez-Serrano, V., Duran-Valle, C. J., Higes-Rolando, F. J., "Chemical study of extracted rock-rose and of chars and activated carbons prepared at different temperature," *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, **50**, 1~16(1999).
6. Serkan Timur, Cem Kantarli I., Erdinc Ikizoglu, Jale Yanik, "Preparation of activated carbons from Oreganum stalks by chemical activation," *Energy Fuels*, **20**(6), 2636~2641(2006).
7. Wolfgang Heschel and Erhard Klose, "On the suitability of agricultural by-products for the manufacture of granular activated carbon," *Fuel*, **74**(12), 1786~1791(1995).
8. Olivares-Marín, M., Fernández-González, C., Macías-García, A., Gómez-Serrano, V., "Porous structure of activated carbon prepared from cherry stones by chemical activation with phosphoric acid," *Energy Fuels*, **21**(5), 2942~2949(2007).
9. El-Hendawy, A.A., Samra, S.E., Girgis, B.S., "Adsorption characteristics of activated carbons obtained from corncobs," *Colloids Surf., A: Physicochem. Eng. Aspects*, **180**, 209~221(2001).
10. Abdel-Nasser, A., El-Hendawy, "Surface and adsorptive properties of carbons prepared from biomass," *Appl. Surf. Sci.*, **252**, 287~295(2005).
11. John Kennedy, L., Judith Vijaya, J., Sekaran, G., "Effect of two-stage process on the preparation and characterization of porous carbon composite from rice husk by phosphoric acid activation," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **43**(8), 1832~1838(2004).
12. Amina, A.A., Badie, S.G., Nady, A.F., "Removal of methylene blue by carbons derived from peach stones by H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> activation: batch and column studies," *Dyes and Pigments*, **76**, 282~289(2008).
13. Ru-Ling Tseng, "Physical and chemical properties and adsorption type of activated carbon prepared from plum kernels by NaOH activation," *J. Hazard. Mater.*, **147**, 1020~1027(2007).
14. Özgül Gerçel, Ferdi Gerçel, H., "Adsorption of lead(II) ions from aqueous solutions by activated carbon prepared from biomass plant material of Euphorbia rigida," *Chem. Eng. J.*, **132**, 289~297(2007).
15. 한국공업규격(Korean Standard Methods, KSM) 1802(1994).
16. Satya Sai, P. M. and Jaleel Ahmed, "Production of Activated Carbon from Coconut Shell Char in a Fluidized Bed Reactor," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **36**, 3625~3630(1997).
17. László, K., Nagy, L. G., Subklew, G., Schwuger, M. J.,

- “Fractal Approach of Activated Carbons from Solid Waste Materials,” *Colloids Surf. A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **138**, 29~37(1998).
18. Kaustubha, M., Mousam J., Meikap, B.C., Biswas, M.N., “Preparation and characterization of activated carbons from thrminalia arjuna nut with zinc chloride activation for the removal of phenol from wastewater,” *Ind. Eng. Chem. Res.*, **44**(11), 4128~4138(2005).
  19. Hsisheng Teng and Tien-Sheng Yeh, “Preparation of Activated Carbons from Bituminous Coals with Zinc Chloride Activation,” *Ind. Eng. Chem. Res.*, **37**(1), 58~65(1998).
  20. Ahmadpour, A., Do, D.D., “The Preparation of Activated Carbons from Coal by Chemical and Physical Activation,” *Carbon*, **34**(4), 471~479(1996).
  21. Guo, J., Chong Lua, A., “Characterization of Chars Pyrolyzed from Oil Palm Stones for the Preparation of Activated Carbons,” *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, **46**, 113~125(1998).
  22. Bansal, R.C., Donnet, J-B., Stoeckli, F., “Active Carbon,” Marcel Dekker, New York(1988).