

중금속 제거에 우수한 바이오 활성탄 필터의 개발

김학희 · 윤경식*

선문대학교 공과대학 재료화학공학부, *자연과학대학 화학과

Development of Bio-AC Filter for Heavy Metal Adsorption

Hak Hee Kim, Kyung Sik Yoon*

Division of Material and Chemical Engineering, *Department of Chemistry
Sunmoon University, Asan 336-840, Korea

ABSTRACT

Activated carbon was prepared from coffee wastes by chemical activation with $ZnCl_2$, NaOH and KOH. The coffee wastes was used as raw material. Preparation process involves the roasting of raw material and carbonization of roasted material followed by chemical activation. N_2 -BET surface areas of activated coffee char prepared by chemical activation was measured as $1,110 \sim 2,442 m^2/g$. Removal of copper and chromium in solution by activated carbon was carried out and structural change of pore surface was observed by SEM.

1. 서 론

산업혁명 이후 인류는 화학공업의 원료로 화석자원인 석유, 가스 및 석탄자원에 크게 의존하여 산업을 발달시켜왔으나, 이러한 화석자원은 자원의 한계성을 보이고 있고, 지역의 편재에 따른 여러 가지 지역적 분쟁이 야기 되어져 왔다. 특히 자원의 대부분을 해외에 의존하고 있는 우리나라는 수입지출의 상당량을 이러한 석유, 가스 및 석탄 등의 화석연료 수입에 지출하고 있소, 대체 원료의 개발을 서두르지 않을 수 없는 현실이다. 대체 원료로 최근에 부각되고 있는 것이 바로 biomass 자원이다. 전 세계적으로 이미 biomass를 이용한 에너지 개발이 이루어지고 있다. biomass 자원은 에너지로 전환 시킬 수 있는 식물계 자원을 주로 이야기 하는데, 매장량에 한계성을 갖는 화석자원과는 달리 biomass는 재생과 회수 등의 용이한 장점이 있으며, 또한 인간은 식물자원을 계속 사용하고 있기 때문에 부산물로 얻을 수 있는 무제한적인 원료 공급에 그 장점이 있다.

폐기되는 농산물인 biomass를 이용하여 활성탄을 제조하면 값싸게 원료를 이용할 수

있으나 계절에 따른 지속적인 원료 공급과 원료 생산량에 한계가 있다는 것이 문제점이다. 또한 coal계통의 활성탄 원료들보다 고정탄소가 적고 휘발성분이 많은 것으로 나타나 비교적 저온에서의 제조 공정을 갖는 활성탄 제조 process에는 많은 원료가 공급되어야 하는 단점을 갖고 있다. 그러므로 농산물 폐기물을 원료로 하는 활성탄 제조의 난점은 다량의 원료 확보라고 할 수 있다. 일반적인 농산물 수확시기에는 원료가 원활히 공급되지만 농한기에는 원료의 공급이 지속적으로 이루어지지 않기 때문이다. 따라서 biomass의 일종인 농산물 폐기물을 이용한 활성탄 제조는 원료 공급이 원활한 것을 이용하는 것이 필수적이다.

본 연구에서는 biomass의 일종이며, 재활용 자원이라고 할 수 있는 커피폐기물을 이용하여 활성탄을 제조하였다. biomass가 가진 단점을 보완하기 위해 다른 활성탄 제조 과정에서 볼 수 없는 roasting과정을 추가함으로써 고정탄소를 증가시켰다. 전량 수입되는 커피를 추출 후 폐기하는 것이 아니라 활성탄으로 재활용함으로써 경제적인 측면과 환경적인 측면에서 좋은 효과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

2. 실험방법

2.1 Roasting 과정

원두커피의 향을 조절하기 위하여 원두커피 제조시에 배전(roasting)과정을 거치는데, 본 과정은 커피제조에 배전과는 다른 의미에서의 roasting 과정이다.

Roasting 과정에서 얻을 수 있는 기대효과는 원료인 커피 폐기물의 섬유구조 내부 및 표면에 존재하는 불순물과 휘발성 물질들을 제거하여 원료의 탄화시에 커피폐기물의 열분해가 잘 이루어질 수 있게 전처리하는 과정이며, 고정탄소의 함유량을 증가시키는 단계이다.

본 연구에서의 roasting 과정은 300~400°C의 온도범위를 유지하는 hot plate에서 충분히 실시하였다.

2.2 Carbonization 과정

활성탄 제조에 있어서 탄화온도는 500~800°C 정도에서 실시하는데, 커피폐기물은 휘발성분이 다량 함유되어 있으므로, 일반적인 탄화온도보다 조금 낮은 400~700°C의 온도로 1hr동안 전기로에서 탄화시켰다.

적절한 탄화조건은 각각의 탄화온도와 시간에서 얻은 탄화된 커피폐기물의 탄화수율과 비표면적을 측정·비교하여 커피폐기물에 대하여 알맞은 탄화조건을 설정하였다.

2.3 활성화 공정 및 비표면적 측정

Chemical activation 공정은 탄화공정에서 얻은 탄화물을 활성화제인 $ZnCl_2$, $NaOH$ 와

KOH를 이용하여 100wt%, 200wt% 및 300wt%의 침적 비율로 전기로에서 800℃의 온도로 2hr동안 시행하였다. 활성화 후 수세할 때 10%의 묽은 염산을 가하여 활성탄에 잔존하는 아연 이온을 $ZnCl_2$ 로 회수하였으며, 나트륨 이온은 NaCl로 회수하였다. 그리고 묽는 물로 여러 차례 수세한후 110℃로 10시간 정도 건조하였다. 이 활성탄의 비표면적과 세공은 기상흡착장치인 ASAP2010(Micromeritics Co., U.S.A)을 이용하여 측정하였다.

2.4 Cr^{+6} 및 Cu^{+2} 흡착

제조된 커피폐기물 활성탄을 이용하여 Cr^{+6} 및 Cu^{+2} 를 액상에서 흡착시켰다. 시약 $K_2Cr_2O_7$ (Duksan Pharmaceutical Co., LTD. Korea)과 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (Duksan Pharmaceutical Co., LTD. Korea)에 증류수를 가하여 200ppm의 용액을 제조하여, 100ml당 활성탄을 1g씩을 투여하였다. 교반 속도는 200rpm으로 설정하고, 2시간동안 Shaking하여 흡착하였다.

액상 흡착시 Cr^{+6} 은 pH변화에 따라 크롬수화물의 존재 형태가 달라지기 때문에 pH 3으로 조절하였고, Cu^{+2} 는 pH가 높을 경우 copper hydroxide로 인한 침전이 발생하여 흡광도를 측정하는 장애요인이 되기 때문에 pH를 5.0~5.5로 조절하였다.

2.5 크롬과 구리 농도 측정 및 SEM 분석을 통한 세공 구조 관찰

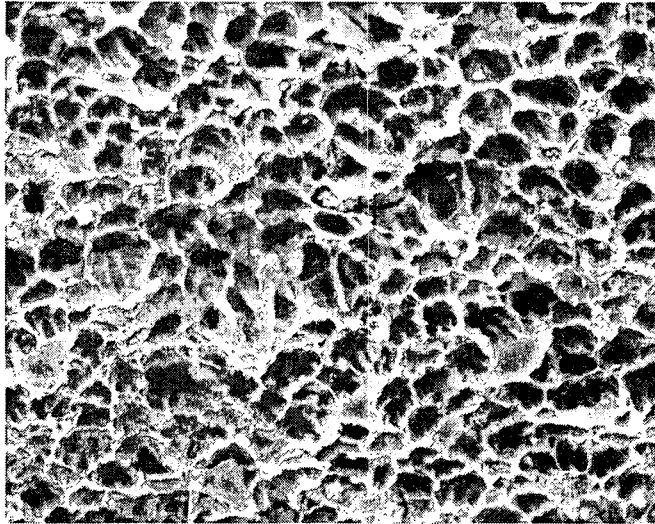
크롬과 구리의 농도 측정은 자외선-분광광도계(UV Absorption Spectrophotometer, JASCO, Japan)를 사용하였다. 농도는 크롬과 구리의 표준용액(standard solution)을 제조하고 표준검량선(standard calibration-curve)을 작성하여 산출하였다. 또한 활성탄의 표면 및 세공구조를 관찰하기 위하여 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JEOL Co., Japan)으로 촬영을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

Roasting 과정은 탄화과정에서 세공형성 및 표면활성을 용이하게 하고, 고정탄소의 함유량을 증가시키는 중요한 공정임이 실험을 통하여 입증되었다. 커피 폐기물에 대한 적합한 탄화조건은 650℃, 1hr으로 나타났으며, 이때 얻어지는 coffee char의 비표면적은 360m²/g이었다. 화학적 활성화법을 이용하여 활성화된 coffee char를 제조하였으며, 약품 활성화법에 의하여 얻은 활성화된 coffee char의 비표면적은 1110~2442m²/g로 비교적 우수한 활성탄이 제조되었다. 약품 활성화제와 coffee char의 침적비율에 따라 활성화 정도가 다르게 나타나며, 침적비율이 높을수록 비표면적은 높게 나타나는 반면에, 수율은 감소하였다. 수율과 비표면적을 고려하여 용도에 맞는 coffee char를 제조하여 이용할 수 있을 것으로 판단되었다. 크롬 액상 흡착 실험 과정에서 교반 조건이 200rpm, 50~70min의 범위에서 흡착량이 급격히 증가하는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서 사용한 커피폐기물은 원료 및 성분 등이 활성탄을 제조할 수 있는 좋은 재 활용 자원으로 평가되었으며, 높은 비표면적과 세공용적을 나타내어 산업분야에 응용될 수

있을 것으로 예상된다.



300wt%(×500)

Figure 1. SEM Photograph of activated watermelon-seed char after Cr^{+6} adsorption
(Activated agent : KOH)

Table 1. Chemical analysis of raw material, roasted coffee, coffee char

Constituent	Raw material (wt%)	Roasted coffee (wt%)	coffee char (wt%)
Total Moisture	8.3	1.5	.
Volatile matter	83.3	44.0	13.6
Ash	0.9	1.0	3.0
Fixed Carbon	7.5	53.5	83.4

Table 2. Comparison of average pore radius, total pore volume and BET surface areas by various chemical activation

Activation method		Average pore radius(Å)	Total pore volume (cm ³ /g)	BET Surface area by N ₂ (m ² /g)
ZnCl ₂	100wt%	14.4	0.51	1110
	200wt%	16.4	0.71	1486
	300wt%	17	0.81	1580
NaOH	100wt%	15	0.67	1265
	200wt%	14	1.05	2175
	300wt%	13	1.14	2300
KOH	100wt%	14.7	0.99	2023
	200wt%	14.3	1.02	2125
	300wt%	13.78	1.19	2442

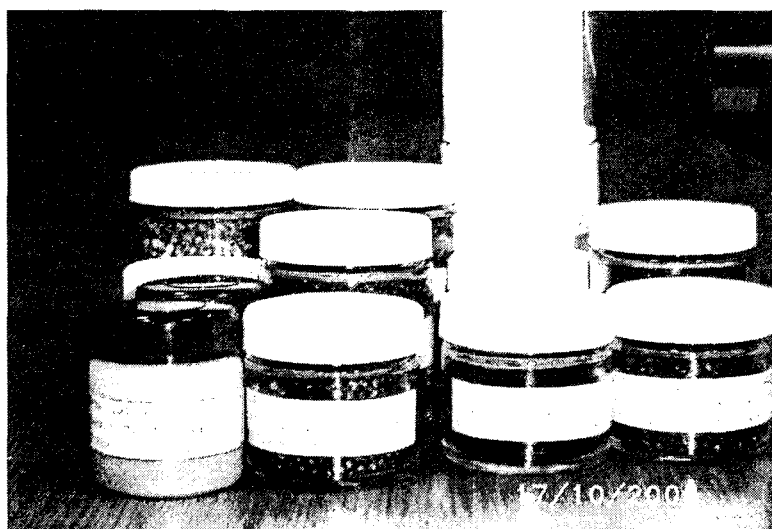


Figure 2. Activated carbon from biomass

감 사

본 연구는 한국과학재단 지정 선문대학교 공조기술연구센터의 지원에 의한 것입니다.

4. 참고문헌

1. S. H. Lim, M. N. Kim, H. H. Kim, Adsorption of Cu(II) by coffee activated carbon, *Applied Chem.*, 3, 432 (1999).
2. F. Salvador and C. Sanchez Jimenez, *Carbon*, 34, p. 511 (1996).
3. M. A. Ferro-Gracia et. al., *Carbon*, 26, p.363 (1988)
4. M. Iley, H. Marsh and F. R. Reinoso, *Carbon*, 11, p. 633 (1973)
5. A. Ahmadpour and D. D. Do, *Carbon*, 34, p.471 (1996)
6. H. H. Kim, S. K. Park, H. S. Kim, Preparation of activated coffee char by KOH activation, *Applied Chem.*, 2, 1048 (1998).
7. S. H. You, H. S. Kim, H. H. Kim, Adsorption of Chromium by Heat-treated Microporous Carbon, *J. of Korean Ind. & Eng. Chem.*, 8, 631 (1997).
8. S. J. Park, J. S. Kim, C. H. Shin, J. R. Lee, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, 11, 190 (2000).
9. J. W. Shin, H. H. Jung, S. K. Ryu, The Removal of Chromium(VI) on ACF Packed Column(I), *Theories and Applications of Chem. Eng.*, 1, 229 (1995).
10. H. H. Kim, J. H. Jee, Y. J. Kim, Adsorption of Cr⁺⁶ and Cu⁺² in wastes water by activated pepper-seed char, *Applied Chem.*, 6, 959 (2002).



일반세션:
유량계 및 밸브 - II

