

농산 부산물을 이용한 활성탄 제조 및 유기물 흡착성능

백일현 · 빈현숙 · 김태영* · 김광렬** · 남기창***

한국에너지기술연구소 에너지환경연구부

*충북도립 옥천전문대학 환경공업과

**충북대학교 공과대학 환경공학과

***청주대학교 이공대학 환경공학과

(1998년 2월 25일 접수, 1998년 7월 16일 채택)

The Manufacture of Activated Carbon from Agricultural By-products and their Adsorption Performance for the Organics

Ill-Hyun Baek · Hyun-Suk Bin · Tae-Young Kim*

Kwang-Yul Kim** · Ki-Chang Nam***

Korea Institute of Energy Research, Energy & Environ., Research Dept.

**Dept. of Environ. Ind., Chungbuk Provincial Okchon College*

***Dept. of Environ. Eng., Chungbuk Nat'l Univ.*

****Dept. of Environ. Eng., Choungju Univ.*

ABSTRACT

The objectives of this study were to develop a process for manufacturing activated carbon from agricultural by-products (rice shells, peanut shells, cotton seed shell and saw dust) and to measure and compare the iodine number(mg/g), B.E.T.(m²/g), ash content(%), pore size distribution(PSD: $T_h(A)$) and COD removal ability(%) of the manufactured activated carbon to commercial products.

The steam-reaction method was adopted to manufacture activated carbon using agricultural by-products as raw material. A rotary kiln type furnace was used for both carbonization and activation. The optimum operating temperatures for carbonization and activation were 650°C and 880°C, respectively. With these conditions, the iodine number of activated carbon was 1089.6mg/g, and the B.E.T. surface area was 1,091 m²/g. Specifically, wastewater removal efficiency based on COD was 50.4% for

120ppm of original AOS(Alpha-Olefin-Sulfonate:surfactants used in detergents), 65.0% for 40ppm of industrial wastewater and 50% for 10ppm of sewage respectively.

Key Words : Activated Carbon, Rice Shell, Saw Dust, Peanut Shell, Cotton Seed Shell, COD, Ash Removal

요 약 문

본 연구에서는 주위에서 손쉽게 구할 수 있는 왕겨 및 농·임산 부산물을 이용하여 활성탄을 제조하였고, 제조된 활성탄들의 요오드 흡착력(mg/g), 비표면적(m^2/g), 회분함량(%), 세공크기분포(PSD : $r_h(A)$), 그리고 COD 제거율을 측정하여 상용화 되어 있는 활성탄들과 비교하였다. 활성탄제조는 탄화와 활성화를 동시에 할 수 있도록 Rotary Kiln Type의 로를 사용하였고, 탄화과정은 $650^\circ C$ 부근의 온도에서 행하였고, 활성화 과정은 $880^\circ C$ 부근의 온도에서 수증기 활성화 방법을 이용하여 제조하였다. 그리고 제조된 활성탄의 요오드 흡착력은 $1089.6mg/g$, 비표면적은 $1,091m^2/g$ 이었다. 또한 제조된 각각의 활성탄을 산업폐수, 생활하수, 계면활성제 인공폐수에 적용하여 흡착실험을 수행한 결과 COD 제거율이 산업폐수는 65%(원수농도 : 40 ppm), 생활하수는 50%(원수농도 : 10ppm), 그리고 계면활성제 인공폐수는 50.4%(원수농도 : 120ppm)의 제거율을 나타내었다.

주제어 : 활성탄, 왕겨, 톱밥, 땅콩껍질, 면실피, 화학적 산소요구량, 회분제거

1. 서 론

현대사회는 산업화가 진행됨에 따라 환경오염이 심화되고, 환경의 개선 및 적절한 관리가 임의적인 과정이 아닌 필수적인 과정으로 되어졌다. 예전의 수처리는 음용수로 부적절한 물을 대상으로 한 공중 위생보전의 문제가 다루어졌지만, 사회가 점점 고도화됨에 따라 다양한 오염물질이 하천에 유입되었으며, 이에 따른 수처리의 방법도 다양화, 고도화되었다.¹⁾ 선진국은 오래전부터 환경오염에 대처해 오고 있으며, 기존의 폐수 및 정수 처리과정을 2차처리에서 고차처리인 3차처리로 의무화하고 있다. 이들 정·폐수처리는 크게 물리적, 화학적, 생물학적 처리 3가지로 구분되며, 활성탄을 이용한 수처리는 오염물질을 포함한 액체상 용액과 고체상 활성탄의 표면사이의 물리적 흡착으로 오염물을 제거하는 방법이다. 활성탄은 예로부터 유해물질의 제거 등에 사

용되는 흡착제로, 공업용을 중심으로 탈취, 탈색, 정제에 사용되어 왔으며,²⁾ 요즘은 고도 수처리에 이용되고 있다. 우리 나라도 활성탄을 이용한 수처리가 널리 일반화되고 있다. 활성탄 이외의 흡착제는 사용범위와 원료물질의 종류에 따라 다양하며, 대표적으로 제올라이트, 섬유상 filter, activated alumina³⁾ 등이 있다.

국내 활성탄 산업을 살펴보면, 제조업체로는 삼천리, 한일그린텍, 대림탄소, 신기화학 등 약 15개 업체가 있으나 모두 야자각이나 톱밥을 원료로하는 기상용 활성탄만을 생산하고 있으며, 삼천리와 한일그린텍을 제외한 대부분이 규모 및 설비의 영세성으로 저급활성탄을 생산 공급하고 있다. 국내수처리용 활성탄 사용량은 94년 약 3,000톤에서 2000년 15,000톤 이상으로 수요가 급증할 예정이다. 그러나 국내에서는 수처리용 활성탄 제조기술이 확립되어 있지 않고 있다. 또한 정수용이나 폐수처리용

으로 수입되고 있는 활성탄은 대부분 저가의 저급활성탄으로 처리능력이 부족하다. 더욱이 국내 정수장에 사용되고 있는 활성탄은 대부분 수처리용도의 활성탄이 아니라 기상용(담배필터용, 공기정화용 등)으로써 코코넛 껍질을 원료로 만든 활성탄이 공급되고 있어 정수 처리능력이 매우 부족한 실정이다. 또한 국내에 적합한 수처리제 개발에 대한 국내 관련 산업체의 기술수준이 미미하고, 주로 선진국의 기술을 그대로 국내에 적용하거나 주요 기술의 경우는 외국회사의 기술에 의존하고 있는 실정이다. 그러므로 올바른 성능의 고품위 활성탄개발에 따른 정수 및 폐수처리능력 향상에 의한 고도정수처리기술의 개발은 절박하며 이를 선진국 수준까지 끌어 올리는 것이 주요 과제라 할 수 있다.

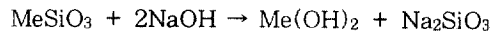
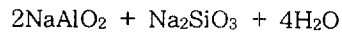
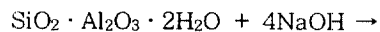
본 연구는 현재 농촌에서 폐기물 처리의 어려움을 겪고 있는 왕겨 및 농·임산 부산물을 이용한 활성탄의 제조 및 대외적으로 경쟁력이 있는 수처리제로서의 타당성 검토에 목적이 있고, 출발원료인 왕겨는 겉보기 밀도가 $0.097 \sim 0.125 \text{g/cm}^3$ 로 폐기시 상당한 부피가 문제되고 있으며, 또한 낮은 발열량과 높은 회분함량으로 매립 후에도 쉽게 분해되지 않는다.⁴⁾ 그럼에도 불구하고 대부분의 왕겨는 폐기물로 간주되며, 적은 양이 왕겨봉으로 압축되어 연료로 사용되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 주위에서 폐기되는 농·임산물을 재이용한다는 관점과 이를 원료로 하여 제조한 활성탄을 이용하여 수처리에 적용시킨다는 두 가지의 장점을 가지고 있다.

2. 실험 방법

2.1. 활성탄제조

본 실험에 사용된 왕겨(rice shell), 톱밥, 땅콩껍질은 국내에서 생산된 것을, 그리고 면실피는 중국 산을 사용하였으며, 왕겨의 밀도가 0.1g/cm^3 으로 상당히 낮기 때문에 분쇄한 왕겨를 압착성형기(screw-ing machine : 외경이 55cm, 내경이 15cm인 원통형 실린더)에 넣어 왕겨봉(Rice Shell Bar)을 제

조, 이를 이용하였다. 활성탄 제조장치로는 탄화와 활성화를 동시에 할 수 있도록 Rotary Kiln Type의 로(D : 7cm, L : 160cm)를 사용하였고, K-type 열전대를 사용하여 온도를 측정하였으며, 탄화과정 중에는 반응기내에서 산화를 방지하기 위해 20cc/min 정도의 질소를 주입하였다. 150min의 승온시간 후 탄화과정은 $600^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$ 의 온도에서 60min 동안 이루어졌다. 생성된 탄화왕겨내에 상당량의 회분이 함유되며, Table 1은 탄화왕겨내 함유된 회분의 성분조성으로 Table 1에서 볼 수 있듯이 회분의 주성분은 83.7%의 SiO_2 이고, SiO_2 와 NaOH 와의 반응은 다음의 식과 같다.^{5,6)}



탄화왕겨에 함유된 회분을 제거하기 위해 회분제거 실험을 수행하였다. 분쇄된 일정크기의 char를 NaOH 수용액에 침지시켜 SiO_2 와 NaOH 를 반응시켰으며, NaOH 수용액의 농도, 온도, 침지시간 등에 따른 회분제거량을 탄화왕겨의 수율과 회분함량으로 측정하였다.⁷⁾ 활성화 과정은 Rotary Kiln에서 탄화된 왕겨 및 회분을 제거한 탄화왕겨를 이용하여 $800^\circ\text{C} \sim 900^\circ\text{C}$ 에서 90min동안 수증기 활성화하였다.⁸⁾ 탄화왕겨 및 제조된 활성탄의 특성 및 흡착능에 대한 평가로 회분함량, 요오드 흡착력, 메틸렌블루 흡착력 및 세공크기분포(pore size distribution : PSD)를 측정하였다. PSD 측정은 각 활성탄별 BET로 PSD를 측정하였으며 pore radius는 r_h (hydraulic radius)로 나타냈다. 이는 원통형 pore model로 가정할 때는 radius의 1/2, plate model

Table 1. The Composition of Ash of Rice Sell Char

Composition	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	NaO
(%)	83.7	0.18	0.17	3.10	0.28

의 경우에는 distance의 1/2이다. 이 model은 4~10A의 범위에서는 MP method를 이용하였고, 10A 이상의 범위에서는 BJH method를 사용하여 구하였다.^{9,10)}

2.2. 제조된 활성탄의 흡착능 실험

왕겨 및 다양한 농·임산물을 이용하여 만든 활성탄을 다양한 수처리제로 적용하기 위해 공단폐수, 생활하수 및 특정 성분인 AOS(계면활성제)를 희석하여 만든 인공폐수에 흡착실험을 수행한 후 화학적 산소요구량(COD)을 측정하여 제거율을 평가하였다. 비교자료로 기존 상품화되어 있는 Calgon F-400, Kuraray(GW)를 사용하였다. 흡착실험은 200mesh 이상 분쇄한 활성탄을 100℃에서 2시간 이상 건조 후, 100mL의 폐수에 100mg의 활성탄을 첨가하여 120min 동안 일정속도로 교반하였다. 교반후, GF/C Filter 및 Membrane Filter를 이용하여 활성탄을 분리·제거한 여액으로 COD를 측정하였다. COD의 측정은 시료를 황산 산성으로 하여 과망간산칼륨 일정과량을 넣고 30분간 수욕상에서 가열반응시킨 다음 소비된 과망간산칼륨량으로부터 이에 상당하는 산소의 양을 측정하는 방법이다. 시험방법은 시료 적당량을 취하여 증류수 100mL로 채우고 공정시험법에서 명시된 과망간산칼륨법을 적용하여 COD를 시험하였고¹¹⁾, COD 제거율은 다음식을 이

용하여 계산하였다.

$$\text{COD 제거율(\%)} = \frac{(\text{원폐수의 COD} - \text{처리수의 COD})}{(\text{원폐수의 COD})} \times 100$$

3. 실험 결과 및 고찰

3.1. 활성탄제조 결과

3.1.1. 탄화실험 결과

탄화과정을 위한 승온동안(승온시간 150min)에 100℃에서 150℃ 부근에서 왕겨내의 수분을, 250℃~500℃ 부근에서 휘발성분을 제거하였다. Fig. 1은 왕겨의 탄화온도 변화에 따른 수율과 회분함량을 비교한 것으로 탄화온도를 500℃에서 600℃로 증가시켰을 경우 수율이 낮아지면서 회분의 함량이 증가되었으며, 600℃ 이상에서 탄화를 시킬 경우 휘발물질이 거의 휘발된 후이기 때문에 수율과 회분함량이 완만하게 변화하였다. 따라서 탄화과정은 600℃ 이상의 온도에서 60min 동안 탄화시키는 것이 적절하며, 이번 실험에서는 탄화온도를 650℃에서 60min으로 고정시켰으며 이 탄화과정에서의 탄화왕겨의 수율은 35.0%이었다.

3.1.2. 회분제거 실험결과

650℃에서 60min의 탄화과정동안 생성된 탄화왕겨의 회분함량이 35.0%로 기존 활성탄 원료의 회분함량인 5.0% 이내보다 상당히 높음을 알 수 있다. 활성탄을 제조하는 활성화 공정에서 회분은 반응과정에 참가하지 않고, 반응 후에도 회분 전체가 그대로 잔류되어, 결과적으로 활성탄 g당 고정탄소는 상대적으로 적어지고, 기공의 발달이 저해받게 된다. 따라서 흡착능이 큰 고품위 활성탄을 제조하기 위해서는 탄화왕겨내 회분의 제거과정이 수반되어야 한다. 회분제거는 회분의 80.0% 이상을 차지하는

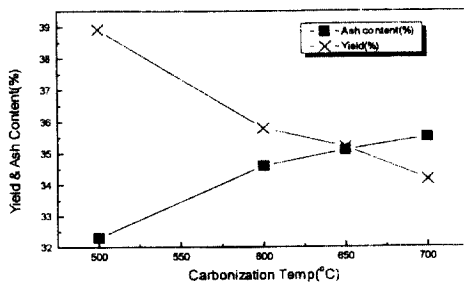


Fig. 1. Effects of yield and ash content according to carbonization temperature.

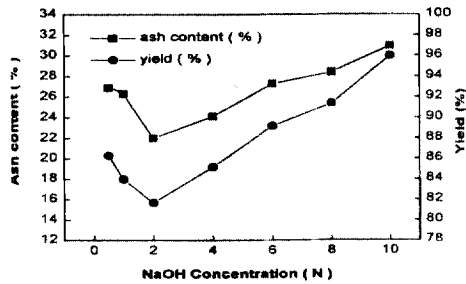


Fig. 2. Effects of NaOH concentrations.

SiO₂를 제거하는 방법으로 SiO₂가 알칼리 용액에서 반응하여 Water Glass(SiO₂-NaO₂)의 미세한 floc을 형성하는 원리를 이용하였다. 2.1.에서 제시한 회분제거 방법을 적용한 실험결과를 Fig. 2~ Fig. 4에 나타내었다. 회분제거 과정은 NaOH와 SiO₂와의 적절한 반응조건을 알아보기 위해 다음과 같은 과정으로 수행되었다.

(1) NaOH수용액 농도변화에 따른 회분제거

80℃의 NaOH 수용액에 함침시간 60min을 유지하면서 수용액의 농도변화에 따른 회분함량의 변화 및 회분제거에 따른 수율의 변화를 측정하였다. 실험결과를 Fig. 2에 나타냈으며, NaOH 수용액의 농도가 2N까지는 탄화왕겨의 회분함량이 감소하다가, NaOH 농도를 증가시킬수록 회분함량이 증가하여 실질적으로 회분의 제거율은 감소하였다. 따라서 최적의 NaOH 농도는 2N로 이 때의 회분함량은 22.0%, 수율은 81.7%이다.

(2) NaOH수용액 온도변화에 따른 회분제거

Fig. 3은 2N-NaOH 용액에 함침시간을 120min으로 고정시키고 온도변화에 따른 탄화왕겨의 회분함량 및 수율을 나타낸 것으로, 80℃에서 가장 많은 회분이 제거되었다. 본 실험에서 최적온도 80℃에서의 회분함량은 35.0%에서 14.0%로 감소하였다.

(3) NaOH수용액 함침시간에 따른 회분제거

2N-NaOH용액을 80℃로 유지하면서 함침시간의 변화에 따른 탄화왕겨내 회분의 함량을 실험한 결과

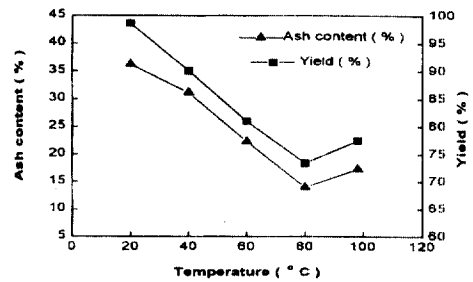


Fig. 3. Effects of NaOH solution temperatures.

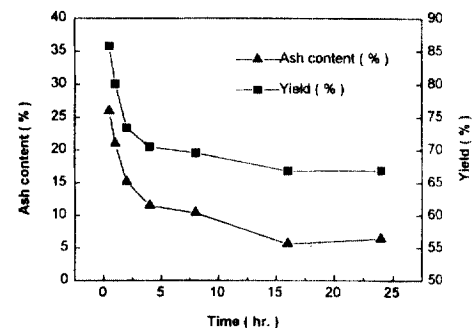


Fig. 4. Effects of immersing times.

를 Fig. 4에 나타냈다. 여기서 알 수 있듯이 함침시간을 증가시킬수록 탄화왕겨내 회분의 함량이 감소하였다. 함침시간을 0.5시간에서 16시간으로 증가시킬수록 탄화왕겨내 회분의 5.6%로 감소하였으며, 함침시간이 16시간 이상이 되면 탄화왕겨의 회분함량과 수율은 거의 일정하며 변화가 거의 없으므로 최적의 함침시간을 16시간으로 고정시켰다.

결과적으로 회분제거 실험을 통해 최적조건은 2N-NaOH 용액을 80℃에서 16시간 함침시켰을 경우이며, 이 때 회분함량이 35.0% 이상에서 5.6%로 감소됨을 알 수 있다. 탄화왕겨 및 회분을 제거한 탄화왕겨를 이용하여 활성탄을 제조한 결과를 Table 2에 나타냈으며, Table 2에서 탄화왕겨 및 회분을 제거한 탄화왕겨의 요오드 값을 비교해 보면, 탄화왕겨(RC)의 요오드 값이 321.5mg/g에서 회분을 제거하였을 경우 492.5mg/g으로 증가되었다. 이는 회분이 제거되면서 그 자리에 기공이 형성되어 요오

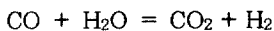
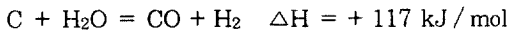
Table 2. Ash Content and Iodine Number of Char, Activated Carbon with and without Removing Ash

Property	RC	DRC	ARC	ADRC
Ash Content (%)	34.5	4.87	57.6	8.6
Iodine No. (mg/g)	321.5	492.5	638.1	1075.2

드 값이 증가된 것으로 보여진다. 탄화왕겨를 활성화시켜 제조한 활성탄(ARC)의 요오드 값이 638.1 mg/g이었으며 회분을 제거한 탄화왕겨를 원료로 제조한 활성탄(ADRC) 1075.2mg/g로 회분의 함량이 기공의 형성에 영향을 미치고 있음이 확인되었다.

3.1.3. 활성화 실험결과

활성화 과정은 수증기 활성화를 기본으로 하고 있으며, 수증기 활성화시 활성화 온도 변화에 따른 전체수율과 회분함량 및 요오드 값의 변화를 Fig. 5에서 보여주고 있다. Fig. 5에서 활성화 온도를 증가시키에 따라 고정탄소가 수증기와 반응, 산화되어 전체수율은 감소하지만 요오드 값이 상승¹²⁾하는데, 이는 탄화왕겨가 활성화 과정을 거치는 동안 기공의 발달에 의해 흡착표면적이 증가하고 있음을 증명한다.



그러나 전체수율이 감소함에 따라 회분함량은 증가하고 활성화 온도를 계속적으로 증가할 경우 고정탄소분이 산화되어 거대세공이 발달하지만, 흡착에 관여하는 미세공이 감소하게 되며 회분의 함량이 상대적으로 증가하게 된다. 이에 따라 활성화 온도를 880℃로 유지하는 것이 왕겨를 이용한 활성탄 제조에 적절하다고 판단된다. 활성화에 있어서 활성화 시간은 90min, 수증기 주입량은 45cc로 고정시켰으며, 실험결과 활성화 온도를 증가시킬수록 Total

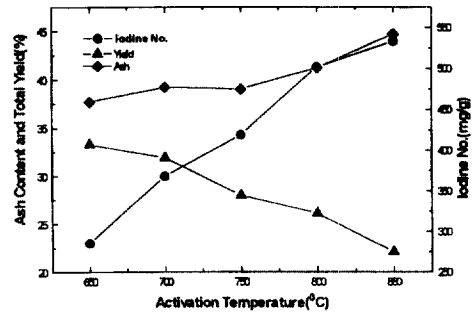


Fig. 5. Effect of ash content, total yield and iodine number an activation temperature.

Yield가 33.3%에서 21.6%로 감소하였고, 회분함량(%)이 37.7%에서 49.8%로 증가하였다.

3.1.4. 농 · 임산 부산물을 원료로 하는 활성탄 제조

왕겨를 이용한 활성탄의 제조실험을 바탕으로 다양한 농 · 임산 부산물 및 폐기물의 혼합원료를 원료로 하는 활성탄 제조실험을 수행하여 결과를 Table 3에 나타냈다. 이를 보면 왕겨를 원료로 만든 활성탄의 요오드 값은 638.1mg/g으로 기존 상품화된 Calgon이나 Kuraray보다 상당히 낮은 값을 보이지만, 회분을 제거한 탄화왕겨를 이용하여 제조한 활성탄은 요오드 값이 1075.2mg/g으로 기존의 상품화된 제품과 비교하여 별 차이가 없다. 또한 톱밥을 원료로 제조한 활성탄(ASD)의 경우 요오드 값이 1089.6mg/g, 회분함량이 10.2%로 톱밥이 활성탄의 원료로 적절한 것으로 판단된다.

3.2. 다양한 수처리 적용실험

왕겨 및 농 · 임산물을 원료로 하여 만든 활성탄의 흡착특성을 알아보기 위하여 다양한 폐수를 이용하여 수처리 적용실험을 수행하였으며, 폐수로는 공단 폐수, 생활하수 및 인공폐수(계면활성제)를 사용하였다. 활성탄의 처리량은 2.2절에서 제시한 바와 같

Table 3. The Properties of Manufactured Activated Carbon from Various Agricultural By-Products.

Sample	SAMPLE WEIGHT (g)	CARBONIZATION Temp. (°C)	ACTIVATION Temp. (°C)	ACTIVATION Time (min)	STEAM WEIGHT (mg)	WIELD (%)	ASH CONTENT (%)	IODINE NO. (mg/g)	M.B.. (mg/g)	B.E.T. (m ² /g)	Ave. γ_h . (Å)
ARC	41	650	880	90	50	18.8	57.6	638.1	192	431	6.57
ADRC	10	650	880	80	25	56.3	8.6	1075.2	197	909	17.3
ASD	60	650	880	90	35	8.46	10.2	1089.6	199	1,091	14.0
APS	60	650	880	90	40	12.66	26.4	958.6	200	1,040	11.9
Mix1	44	650	880	90	33	14.2	34.0	799.5	190	617	13.8
Mix2	48	650	880	90	40	9.8	45.0	856.6	199	698	11.7
Mix3	60	650	880	90	67	17.8	51.5	637.0	197	580	14.2
KU							3.5	1136.0	199	1,263	5.5
CAL							4.5	909.1	178	1,115	6.1

이 회분식 실험으로써 1g/L를 기준으로 실험실 규모로 100mg/100mL로 하였고, 활성탄 접촉시간은 120min으로 고정시켰다.

3.2.1. 공단폐수

공단폐수를 Sampling할 때 원폐수의 농도는 100 ppm 정도였으며, 활성탄 흡착특성 적용실험을 위해 폐수내 함유된 고형물을 여과한 후의 용존성 오염물질의 COD는 40ppm이었다. 공단폐수에 활성탄을 투입하여 흡착특성을 실험한 결과, 공단폐수내 오염물질의 제거율을 Fig. 6에 나타내었다. 제거율이 가장 우수한 활성탄은 회분을 제거한 탄화왕겨를 원료로 하는 활성탄(ADRC)으로 공단폐수내 오염물질의 제거율이 70.6%이며, 톱밥을 원료로 하는 활성탄(SD)과 혼합원료 MIX 2가 64.0%~65.0%를 나타내었다. COD 제거율이 우수한 활성탄으로 평가받고 있는 Calgon F-400는 61.5%, Kuraray 41.3%로 기존의 상용화되어 있는 활성탄보다 농·임산물을 이용하여 제조한 활성탄이 우수한 결과를 나타내었다.

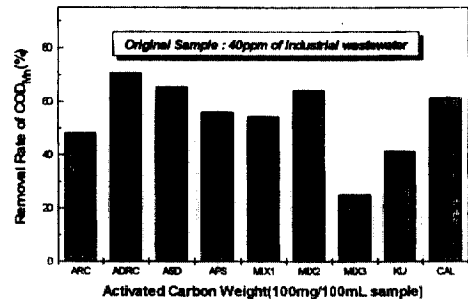


Fig. 6. Removal efficiency of COD_{Mn} in industrial wastewater.

3.2.2. 생활하수

생활하수는 초기 sampling할 때 80ppm이지만, 고형물 제거후의 용존물의 COD는 10 ppm이었다. 생활하수에 활성탄을 투입하여 흡착특성을 실험한 결과, 폐수내 오염물질의 제거율은 Fig. 7에 나타내었다. 제거율이 가장 우수한 경우 Mix3(왕겨+땅콩껍질)을 원료로 하는 활성탄으로 50.0%의 제거율을 나타냈으며, 톱밥을 원료로 하는 활성탄(SD), Mix 1, Mix 2가 30.0%에서 45.0%의 범위에서 불균일적인 제거율을 보였다. Calgon F-400은 29.5

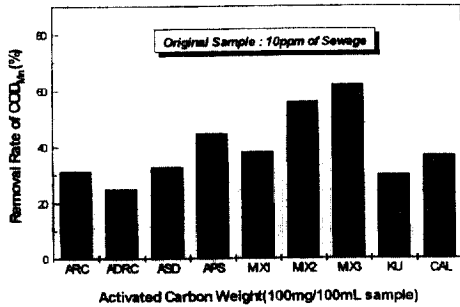


Fig. 7. Removal efficiency of COD_{Mn} in sewage.

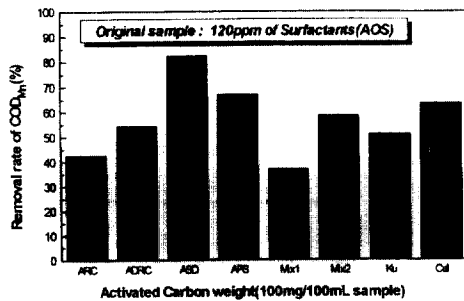


Fig. 8. Removal efficiency of COD_{Mn} in AOS.

%, Kuraray는 23.5%로 역시 농·임산물을 원료로 만든 활성탄보다 낮은 제거율을 보였다.

3.2.3. 계면활성제

현재 하천에 유입되는 폐수에서 문제되고 있는 계면활성제는 세정 및 유화 등 수많은 산업에서 상당히 많은 양이 사용되고 있으며, 계면활성제의 분산력과 거품때문에 수처리에 있어서 상당한 어려움을 수반하였다. 이에 따라 계면활성제의 한 종류인 AOS(Alpha-Olefin-Sulfonate) 원액을 희석하여 COD(120 ppm)의 인공폐수를 만들어 COD 제거율을 실험하였다. 폐수에 활성탄을 투입하여 흡착특성을 실험한 결과, 폐수내 오염물질의 제거율을 Fig. 8에 나타내었다. 가장 우수한 활성탄은 톱밥을 원료로 하는 활성탄으로 제거율이 82.3%로 계면활

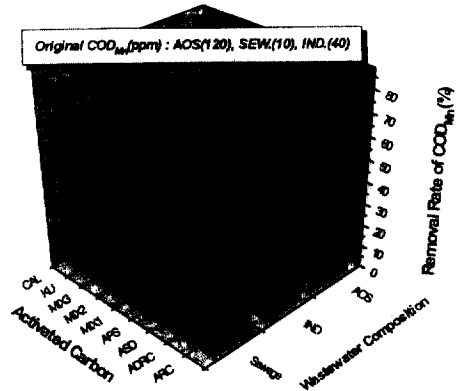


Fig. 9. Removal efficiency of COD_{Mn} on wastewater treatment with activated carbon manufactured.

성제에 대한 COD 제거율이 우수한 활성탄으로 평가받고 있는 Kuraray 51.3%보다 우수한 결과를 나타내었다. 또한 공단폐수, 생활하수, 인공폐수에 적용하여 흡착실험을 수행한 결과를 Fig. 9에 전체적으로 나타내었고, 폐수의 특징에 따라 제거율과 순위가 다르지만 전체적으로 Mix 1, 2, 3의 제거율이 우수하고 특히 Mix 2의 경우가 종합 수처리제로 바람직하다고 사료된다. 특히 계면활성제의 경우 Fig. 8~Fig. 9에서 나타난 것처럼 용액 내에 micelle 상태로 존재하는 현탁질 용액의 처리에 농·임산 부산물 및 폐기물을 원료로 하는 활성탄들이 탁월한 성능을 나타내고 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

농·임산물을 이용한 활성탄의 제조시 탄화온도는 600℃~700℃의 온도범위로 650℃에서 60min 동안 탄화시켰을 경우 대부분의 휘발분이 제거되었다. 탄화후 탄화왕겨의 무게는 약 65.0% 정도 감소하였다. 제조된 탄화왕겨의 회분제거는 2N의 NaOH 용액을 80℃에서 16시간 유지시켰을 경우 탄화왕겨의 회분이 5.6%로 감소하였으며 수율은 66.8%를

얻었다. 수증기 활성화 조건은 880℃의 온도에서 90min 동안 원료에 따라 조금씩은 다르나 60g의 원료 투입시 40mL~60mL의 물을 steam으로 일정하게 주입하였다. 이를 통해 제조된 활성탄을 공단 폐수, 생활하수, 인공폐수에 적용하여 흡착실험을 수행한 결과 폐수의 특징에 따라 제거율과 순위가 다르지만 전체적으로 Mix 1, 2, 3의 제거율이 우수하고 Mix 2의 경우가 종합 수처리제로 바람직하다고 사료된다. 특히 계면활성제의 경우에서 보는 바와 같이 용액 내에 micelle상태로 존재하는 현탁질 용액의 처리에 농·임산 부산물 및 폐기물을 원료로 하는 활성탄들이 탁월한 성능을 나타냄을 알 수 있다.

Nomenclature

RC : Rice shell char
 DRC : Deashed rice shell char
 ARC : Activated carbon produced with rice shell char
 ADRC : Activated carbon produced with deashed rice shell char
 ASD : Activated carbon produced with saw dust
 APS : Activated carbon produced with peanut shell
 Mix1 : Activated carbon produced with rice shell+saw dust+peanut shell (in equal proportion by weight)
 Mix2 : Activated carbon produced with rice shell+saw dust+peanut shell+cotton seed shell (in equal proportion by weight)
 Mix3 : Activated carbon produced with rice shell+peanut shell (in equal proportion by weight)
 KU : Kuraray Coal "GW"

CAL : Calgon F-400

참 고 문 헌

1. 조영일, 환경공학, 동화기술, 서울(1992).
2. 박영태, 활성탄 기초와 응용, 동화기술, 서울 (1997).
3. 김병욱, 장인용, "산성백토의 활성화에 관한 연구," 화학공학, 4, 113(1966).
4. Beagle, E. C., Rice - Husk Conversion to energy, Wiley, New York(1978).
5. Beijing Institute of Coal Chemistry, Handbook of Coal Analysis, Beijing(1983).
6. Lowry, H. H., Coal Analysis and Mineral Matter, Chemistry of Coal Utilization (1996).
7. Choon-Ho Kim, Chen Aiguo and Jee-Mi Suh, "The Effect of Coal Ash Content on activated Carbon Performance," Korea Chemical Engineers Scientific Conference, Oct.(1996).
8. B-S. Lee, S-C. Kim, A-G. Chen, I-S. Choi, J-K Kim, and C-H. Kim, "Coal Based Activated Carbon Manufacturing Process," 11th Korea-U.S.A. Joint Workshop on Coal Utilization Technology, Somerset, Pennsylvania U. S. A. Oct.(1995).
9. 한국공업규격, "활성탄 시험방법," KS M 1802 (1996).
10. 한국공업규격, "석탄류의 공업 분석 방법," KS E 3705(1996).
11. "수질오염, 폐기물 공해공정시험법, 수질편 제6 항," 동화기술, 서울(1997).
12. Wigmans, T., "Industrial aspects of production and use of activated carbons," Carbon, 27(1), 13~22(1989).