

국내 시판용 목탄의 흡착 특성 (I)*¹

이 동 영*² · 김 병 로*^{2†}

Adsorption Characteristics of Commercial Wood Charcoal in Korea (I)*¹

Dong-Young Lee*² · Byung-Ro Kim*^{2†}

요 약

본 연구에서는 국내에서 생산 유통되고 있는 시판용 목탄(전통숯, 기계숯)의 기본물성과 흡착특성을 알아보기 위해 탄화물의 공업분석, 세공분석, 메틸렌블루 흡착량, 포름알데히드 제거율, 에틸렌가스 제거율 등을 분석하였다. 고정탄소는 전통숯의 흑탄이 51.8~76.6%, 백탄이 72.9~84.6%, 기계숯이 48.5~80.3%로 백탄이 높은 것으로 나타났다. 정련도는 흑탄의 경우 대부분 9였고, 백탄과 기계숯은 0으로 나타났다. 비표면적은 흑탄이 0.1~13.7 m²/g, 백탄이 53.2~372.6 m²/g, 기계숯이 224.3~464.6 m²/g로 흑탄이 가장 낮은 것으로 나타났다. 메틸렌블루 흡착량은 흑탄이 0.53~1.97 mg/g, 백탄이 2.68~7.68 mg/g, 기계숯이 11.63~26.10 mg/g 범위로 흑탄이 아주 낮은 경향을 나타냈다. 포름알데히드 제거율은 흑탄이 11.4~26.7%, 백탄이 17.9~34.9%, 기계숯이 5.5~25.8% 범위로, 큰 차이를 나타내지 않았다. 에틸렌가스 제거율은 흑탄이 2.2~43.5%, 백탄이 21.7~39.1%, 기계숯이 21.7~39.1% 범위로, 큰 차이를 나타내지 않았다.

ABSTRACT

To evaluate the basic characteristics and adsorption properties of commercial wood charcoal, we investigated the proximate analysis, porosimetry analysis, methylene blue adsorption, removal ratios of formaldehyde, and removal ratio of ethylene gas. Fixed carbon contents of traditional black and white charcoal, and mechanical charcoal were 51.8~76.6%, 72.9~84.6%, and 48.5~80.3%, respectively. Refining degrees of the most traditional black charcoal were 9, and those of white charcoal and mechanical charcoals were zero. Specific surface area of traditional black charcoal was 0.1~13.7 m²/g, which was quite lower than that of white charcoal (53.2~372.6 m²/g) and

*¹ 접수 2009년 7월 16일, 채택 2009년 12월 24일

*² 충북대학교 농업생명환경대학, Collage of Agriculture, Life and Environment Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea.

† 주저자(corresponding author) : 김병로(e-mail: brkim@chungbuk.ac.kr)

mechanical charcoals (224.3~464.6 m²/g). Also, amounts of methylene blue adsorption were quite lower in black charcoal (0.53~1.97 mg/g) compared with white charcoal (2.68~7.68 mg/g) and mechanical charcoal (11.63~26.10 mg/g). Removal ratios of formaldehyde of the black charcoal were 11.4~26.7%, which is quite similar to white charcoal (17.9~34.9%) and mechanical charcoal (5.5~25.8%). Removal ratios of ethylene gas for traditional black charcoal, traditional white charcoal, and mechanical charcoal were 2.2~43.5%, 21.7~39.1%, 21.7~39.1%, respectively. There was no significant difference in the removal ratios of formaldehyde and ethylene gas among traditional black charcoal, traditional white charcoal, and mechanical charcoal.

Keywords: traditional charcoal, mechanical charcoal, methylene blue adsorption, removal ratios of formaldehyde, removal ratios of ethylene gas

1. 서 론

인간이 숯을 알고 숯을 이용하기 시작한 것은 약 50만 년 전부터로 주로 연료로 사용되어 오다가 석탄, 석유, 천연가스, 도시가스 등에 밀려 생산이 감소되어 왔다. 그러나 최근 숯은 요리용으로서의 우수성과 고흡착력, 원적외선 및 음이온 방사능, 미네랄함유, 조습능, 전자파 차단력 등의 효능이 알려지면서 생산 및 이용이 증가되고 있는 실정이다. 목탄 생산량은 2007년 기준 국내생산이 흑탄이 3,238 M/T, 백탄이 8,686 M/T (산림청, 2008) 정도로 매년 증가하고 있으며, 전국 100여 곳에 전통 숯가마의 부활과 여러 곳의 공업적 탄화로가 증설되고 있는 실정으로 우리나라의 목탄 산업은 앞으로도 더욱 활성화 될 것으로 여겨진다.

지금까지 숯이라고 하면 주로 참나무(졸참나무, 상수리나무 등)를 이용한 참나무숯으로, 이 숯은 불꽃이 튀지 않고, 오래 지속되고, 향이 좋아 연료용으로 주로 이용되어 오다가 위의 기능성이 알려지면서 연료 이외에 다방면으로 이용되며 우리 전통숯가마에 의해 생산되는 숯의 대부분을 점유하고 있다.

최근 숯의 여러 효능 중에서도 대표적인 고흡착성이 새롭게 부각이 되면서 새집증후군의 원인이 되는 포름알데히드 흡착이나 과일 및 야채의 선도유지를 위한 에틸렌가스 흡착 등에 전통 참숯이나 공업적 탄화로에서 생산된 숯들이 다양하게 이용하고 있지만 현재는 과학적인 효능 검증 없이 이용되고 있는 실정이다. 앞으로 과학적 효능 검증에 의한 이용과 이를 기초로 한 효능의 제고 없이는 목탄은 하나의 유행상품으로 전락할 소

지가 있다고 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 목탄산업 발전을 위해 효능 검증 없이 국내에서 생산 판매되고 있는 시판용 목탄(전통숯, 기계숯)의 기본적인 물성과 흡착 특성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료

공시재료는 국내 전통 숯가마에서 제조 시판되는 목탄(전통숯), 기계식 숯가마로 제조 시판되는 목탄(기계숯)으로 제조법, 가마 및 숯의 형태는 Table 1 및 Figs. 1~3과 같다. 국내에서 생산 판매되는 전통숯의 수종은 주로 상수리나무, 졸참나무, 굴참나무, 신갈나무 등이 이용되나 생산자가 구별해 생산하지 않는 한 수종동정은 어려워 수종은 밝히지 못하였으나 모두 참나무과였고, 기계숯은 제조사마다 다른 수종을 원료로 하였다. 수종 및 정련도, 비중, 공극율과 산지는 Table 2와 같다.

2.2. 실험 방법

2.2.1. 공업분석 및 정련도

전통숯, 기계숯의 60 mesh의 시료에 대해 수분(KS E ISO589 무연탄-총 수분 함량의 측정 참조), 회분(KS E ISO 1171 고휘광물 연료-재 함량 측정 참조), 휘발분(KS E ISO 562 무연탄과 코크스-휘발성 물질

Table 1. Type and manufacturing method of wood charcoal

Type	Manufacturing method	Materials
Traditional charcoal (21 products of 18 company)	traditional charcoal kiln	purchased or manufactured
Mechanical charcoal (4 products of 4 company)	mechanical charcoal kiln	purchased



Fig. 1. Traditional charcoal (Black Charcoal).



Fig. 2. Traditional charcoal (White Charcoal).



Fig. 3. Mechanical Charcoal.

의 결정 참조) 및 고정탄소를 분석하였다. 탄화의 정도를 알아보기 위해 목탄정련계(삼양전기제작소 FA 56형, Japan)와 목탄경도계(삼양전기제작소, Japan)를 가지고 정련도와 경도를 측정하고, 또한 시료를 각형(1 × 1 × 1 cm)으로 제조해 체적을 구하여 기건비중과 공극율을 측정하였다.

2.2.2. 세공분석

전통숯, 기계숯의 60 mesh의 시료에 대해 비표면적, 총세공면적, 평균세공직경 및 세공분포를 측정하였다. 세공 분석을 위한 기기로는 비표면적 및 기공측정장치(Accelerated Surface Area and Porosimetry)의 일종인 ASAP 2010 (Micromeritics Co. U.S.A)를 이용하였다. 분석시료는 300°C에서 전 처리 한 다음 분석을 실시하였고, 분석온도는 77 K이며 액체질소를 이용하여 온도를 유지하였다. 흡착 가스는 N₂를 사용하였는데 한 분자의 단면적을 0.162 nm로 계산하였다. 비표면적의 계산은 BET (Brunauer-Emmett-Teller)식을 이용하였으며, 비표면적 및 기공측정장치에서 상대압력에 따른 흡착량을 측정하여 흡착등온선을 구하였고, BET plot을 통해 기울기와 Y절편 값을 얻었다. 기울기와 Y절편을 이용하여 단분자층 흡착능(V_m)을 구하고

비표면적을 산출하였다. 자동흡착장치를 이용하여 BET으로 비표면적을 산출하였다. BET plot은 BET범위(p/p₀)가 0.2 미만이 되도록 하였다.

2.2.3. 메틸렌블루 흡착

전통숯, 기계숯의 60 mesh의 시료에 대해 메틸렌블루 흡착량(adsorption of methyleneblue, MBA)을 측정하였다. 흡착 시험은 활성탄 시험법(KS M 1802, 1993)에 의거하여 시료 0.1 g, 0.2 g, 0.3 g을 1 mg까지 측정하여 메틸렌블루 용액 25 ml를 100 ml 삼각플라스크에 담아서 30분간 교반하였다. 교반한 시료를 여과하여 파장 665 nm에서 흡광도를 측정하고, 미리 작성한 검량선을 이용하여 각각의 잔류농도를 구한 후 식에 의해 흡착량을 구하였다. 흡착등온선을 작성한 후 잔류농도가 0.24 mg/l 시의 흡착량을 MBA 흡착량으로 하였다.

2.2.4. 포름알데히드 흡착

전통숯, 기계숯의 60 mesh의 시료에 대해 포름알데히드 흡착량을 측정하였다. 흡착 시험은 데시케이터법(KS M 1998-4, 2005)과 Mori 등(2000)을 응용하여 시료 2.0 g과 포름알데히드 발생원(7.31 mg/0.5 ml),

Table 2. Description of the samples (Traditional charcoal and mechanical charcoal)

Charcoal No.	Species	Type of charcoal	Specific gravity	Refining degree	Hardness	Porosity (%)	Production district
TBC1	<i>Quercus</i> spp.	Black charcoal	0.60	9	7	64.6	CB (Purchased)
TBC2	<i>Quercus</i> spp.		0.65	48	12	65.3	GW (Purchased)
TBC3	<i>Quercus</i> spp.		0.47	9	12	51.1	CB (Purchased)
TBC4	<i>Quercus</i> spp.		0.63	9	20	60.8	CB (Purchased)
TBC5	<i>Quercus</i> spp.		0.47	9	12	70.2	CB (Purchased)
TBC6	<i>Quercus</i> spp.		0.41	9	7	57.4	CB (Purchased)
TBC7	<i>Quercus</i> spp.		0.51	9	*	*	GW (Purchased)
TBC8	<i>Quercus</i> spp.		0.66	9	12	90.7	CB (Purchased)
TBC9	<i>Quercus</i> spp.		0.50	9	12	60.2	CB (Purchased)
TBC10	<i>Pinus koraiensis</i>		0.30	9	5	82.7	Itself manufactured
TBC11	<i>Larix keampferi</i>	0.45	9	5	73.3	Itself manufactured	
TWC1	<i>Quercus</i> spp.	White charcoal	0.55	0	12	71.6	CB (Purchased)
TWC2	<i>Quercus</i> spp.		0.57	0	12	70.1	CB (Purchased)
TWC3	<i>Quercus</i> spp.		0.53	0	*	*	GW (Purchased)
TWC4	<i>Quercus</i> spp.		0.74	0	12	69.3	GW (Purchased)
TWC5	<i>Quercus</i> spp.		0.85	0	17	55.1	GW (Purchased)
TWC6	<i>Quercus</i> spp.		0.96	0	12	41.6	GW (Purchased)
TWC7	<i>Quercus</i> spp.		0.77	0	12	52.7	GW (Purchased)
TWC8	<i>Quercus</i> spp.		0.75	0	20	55.9	GW (Purchased)
TWC9	<i>Quercus</i> spp.		0.70	0	12	56.3	GW (Purchased)
TWC10	<i>Quercus</i> spp.		0.90	0	12	43.6	GW (Purchased)
MC1	<i>Larix keampferi</i>	Black charcoal	0.13	0	1	89.7	GG (Purchased)
MC2	Various species		0.52	0	1	86.5	GB (Purchased)
MC3	<i>Quercus</i> spp.		0.44	0	7	74.7	GB (Purchased)
MC4	<i>Quercus</i> spp.		0.42	0	7	69.5	GW (Purchased)

Note. TBC : Traditional Black Charcoal, TWC : Traditional White Charcoal, MC : Mechanical Charcoal, CB : Chungcheonbuk-do, GW : Gangwon-do, GG : Gyeonggi-do, GB : Gyeongsangbuk-do

* No measurement due to insufficiency of sample

증류수 300 mL를 데시케이터 안에 넣고 48시간 후 방산된 포르말데히드를 포집하고 있는 증류수에서 25 mL를 채취하여 아세틸 아세톤-아세트산암모늄용액 25 mL와

혼합시켜 415 nm에서 분광광도계를 가지고 흡광도를 측정하여 대조군(15.4 ± 1 mg/ℓ)과 비교를 통해 탄화물의 포르말데히드 제거율을 가지고 흡착량을 나타냈다.

2.2.5. 에틸렌가스 흡착

전통숯, 기계숯의 60 mesh의 시료에 대해 에틸렌 가스 흡착량을 측정하였다. 주입구가 달려 있는 20 ℓ의 데시케이터에 에틸렌가스의 농도가 23 ppm이 되도록 가스토시린지로 주입하여 준 후 한시간 가량 교반스터러로 회전시켜 농도를 안정화 하였다. 안정화가 되면 시료 5 g을 넣고 5분, 15분, 30분, 60분, 120분에 달한 시점에 가스채취기(GASTECH製, Japan)와 가스검지관(GASTECH製, No. 172L)을 이용하여 데시케이터 내의 에틸렌가스 잔류농도를 조사하여 초기농도와 비교를 통해 탄화물의 에틸렌가스 제거율을 가지고 흡착량을 나타냈다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 공업분석

목탄은 일반적으로 수분, 가열에 휘산되는 휘발분, 연소 후에도 잔류하는 무기물(회분), 가열자체로는 감량되지 않는 고정탄소분으로 이루어져 있다. Table 3은 전통숯과 기계숯의 공업분석치를 나타낸 것이다. 평균적으로 함수율은 전통숯의 경우 흑탄이 5.7%, 백탄이 7.9% 정도로 백탄의 함수율이 높은 것으로 나타났다. 회분은 흑탄이 1.7%, 백탄이 2.5%로 백탄이 높게 나타났다. 휘발분은 흑탄이 31.7%, 백탄이 9.9%로 흑탄이 아주 높은 것으로 나타났다. 상대적으로 고정탄소는 흑탄이 평균 61.0% (51.8~76.6%) 백탄 79.3% (72.9~84.6%)로 백탄이 높은 것으로 나타났으며, 백탄의 고정탄소 함량은 600°C에서 탄화된 참나무 탄화물(김 등, 1999)과 비슷한 고정탄소함량을 보였다. 공업분석으로도 흑탄보다 백탄이 우수한 품질인 것을 알 수 있었다.

기계숯은 MC4를 제외하고는 평균적으로 함수율이 6.6%, 회분이 5.6%, 휘발분이 14.7%로 나타났으며, 고정탄소는 73.0% (48.5~80.3%)를 나타내 전통숯 백탄과 비슷한 고정탄소를 나타내었다. 일반적으로 기계숯은 고온에서 탄화가 이루어져 탄소함량이 높은 것으로 알려져 있는데 MC4의 경우는 전통숯 흑탄보다도 낮은 고정탄소 값을 나타내어 제품을 확인한 결과 목질 탄화물 뿐만 아니라 돌과 같은 이 물질이 상당수 포함

Table 3. Proximate analysis of traditional charcoal and mechanical charcoal

Charcoal No.	MC (%)	Ash (%)	Volatile matter (%)	Fixed carbon (%)
TBC1	56	3.4	238	673
TBC2	51	0.7	176	765
TBC3	55	1.5	309	622
TBC4	51	0.7	423	519
TBC5	53	0.9	319	620
TBC6	52	0.8	334	605
TBC7	54	1.2	225	709
TBC8	70	0.9	385	536
TBC9	64	1.9	399	518
TBC10	66	5.8	317	559
TBC11	57	0.9	347	587
TWC1	99	3.2	115	755
TWC2	102	1.7	101	780
TWC3	89	1.6	94	802
TWC4	88	2.7	118	767
TWC5	59	1.8	93	829
TWC6	89	2.2	93	795
TWC7	42	2.6	96	836
TWC8	121	4.5	105	729
TWC9	59	2.9	87	824
TWC10	37	2.0	97	846
MC1	109	1.9	121	752
MC2	30	3.3	133	803
MC3	59	11.7	189	635
MC4	10.4	22.6	185	485

되어 이로 인해 고정탄소가 낮게 측정된 것으로 생각되었다.

Table 2는 전통숯 및 기계숯의 기건비중, 정련도 및 경도를 나타낸 것이다. 기건비중의 경우 전통숯(참나무) 백탄이 흑탄보다 높은 것으로 나타났고, 이 참나무 숯보다 침엽수인 소나무숯(TBC10)와 낙엽송숯(TBC11, MC1)이 낮게 나타났다. 특히 기계숯(MC1)이 0.13으로 같은 수종 전통숯 흑탄(TBC11)보다 아주 낮은 비중과 높은 정련도를 나타냈는데 이는 기계숯의 경우 일반적으로 1000°C 이상의 고온에서 탄화가 이루어지기

때문이라고 생각한다. 목탄정련도는 목탄표면의 전기저항을 측정하여 숯의 탄화정도를 측정하는 것으로 0~9까지 10단계로 나타내고 영에 가까울수록 정련도가 좋은 것이다. 숯을 구울 때 마지막에 정련이라는 고열처리를 한다. 이 정련의 정도로 목탄의 품질은 달라진다. 정련처리를 한 목탄은 가스분이 적게 되어 탄소량이 증가하고, 단단해져 양질의 탄이 된다. 흑탄의 정련도는 4.8인 회사가 하나로 나타났고, 나머지는 전부 9로 나타났고, 백탄과 기계숯은 0으로 나타났다. 김 등(2003)의 연구에서도 백탄의 정련도는 0으로 보고하고 있다. 목탄정도는 목탄 표면의 단단함을 나타내는 것으로 6단계(1, 3, 5, 7, 12, 20)로 숫자가 높을수록 단단한 것이다. 경도는 백탄(12정도)이 흑탄(5~12 정도)보다 크고, 활엽수가 침엽수보다 큰 것으로 나타났다. 침엽수는 1정도를 나타내는 것으로 알려져 있다(岸本, 1991). 본 실험의 조사업체의 한에서는 흑탄의 정련도가 상당히 열악해 목탄제조에 개선이 필요할 것으로 사료된다.

3.2. 세공분석

Table 4는 전통숯 및 기계숯의 비표면적, 총세공용적 및 평균세공직경을 나타낸 것이다. 전통숯의 비표면적은 흑탄이 0.1~13.7 m²/g, 백탄이 53.2~372.6 m²/g, 기계숯은 224.3~464.6 m²/g로 나타나 전통숯 흑탄의 비표면적은 백탄에 비해서 상당히 낮은 것을 알 수 있었으며 기계숯이 시판 목탄 중에서는 가장 높은 비표면적을 나타내었다. 하지만 岸本 등(1964)은 시판목탄 10 (흑탄 7수종, 백탄 3수종) 수종 중 흑탄의 비표면적은 375~429 m²/g, 백탄은 206~277 m²/g 범위로 흑탄이 백탄보다 높은 비표면적을 나타낸다고 보고하여 본 실험 결과와는 반대의 결과를 나타내는 것으로 나타났다. Blankehorn 등(1978)과 Pulido-Novicio 등(2001)은 목탄의 비표면적은 탄화온도가 크게 관여하며, 탄화온도가 올라가면 비표면적이 넓어진다고 하였다. 이것으로 보아 전통숯의 흑탄이 낮은 비표면적을 보인 것은 탄화온도가 낮았지 않았나 생각한다.

총세공용적은 전통숯 흑탄의 경우 0.002~0.023 cc/g, 백탄의 경우 0.031~0.177 cc/g, 기계숯은 0.171~0.214 cc/g로 비표면적과 같이 흑탄이 가장 작고 백탄,

Table 4. Porosimetry analysis of traditional charcoal and mechanical charcoal

Charcoal No.	BET surface area (m ² /g)	Total pore volume (cc/g)	Average pore diameter (Å)
TBC1	3.4	0.0105	57.2
TBC2	9.0	0.023	100.3
TBC3	4.6	0.011	104.2
TBC4	0.1	0.002	87.9
TBC5	1.9	0.004	75.8
TBC6	1.0	0.002	79.9
TBC7	13.7	0.014	40.7
TBC8	1.0	0.003	108.3
TBC9	1.6	0.004	109.3
TBC10	4.1	0.007	69.6
TBC11	3.5	0.006	67.5
TWC1	53.2	0.031	23.4
TWC2	172.0	0.092	21.5
TWC3	372.4	0.177	19.1
TWC4	N.D.	N.D.	N.D.
TWC5	118.8	0.063	20.8
TWC6	230.2	0.128	22.2
TWC7	108.9	0.049	19.4
TWC8	271.9	0.123	18.0
TWC9	206.4	0.101	19.4
TWC10	174.3	0.105	24.1
MC1	463.4	0.214	16.3
MC2	420.4	0.206	19.6
MC3	N.D.	N.D.	N.D.
MC4	224.3	0.171	30.0

Note. N.D. : No Detection

기계숯 순으로 나타났다. 평균세공직경은 전통숯 흑탄의 경우 40.7~109.3 Å, 백탄의 경우 19.1~23.4 Å, 기계숯은 16.3~30.0 Å로 나타났으며 백탄의 경우 흑탄에 비해 micropore 영역의 세공들이 많이 발달한 것으로 나타났다. 백탄의 평균세공직경은 김 등(2002)의 굴참나무 탄화물과 비슷한 결과 치를 나타내었다.

본 시판용 전통숯 흑탄의 경우 아주 낮은 비표면적과 총세공용적, 높은 평균세공용적을 나타냈는데, 이는 제조업체의 탄화에 문제가 있는 것으로 사료돼 이들 전

국내 시판용 목탄의 흡착 특성(I)

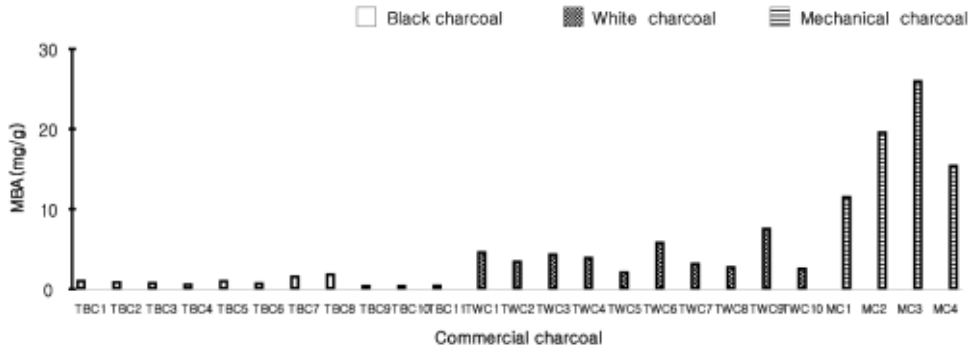


Fig. 4. Methylene blue adsorption (MBA) of traditional charcoal and mechanical charcoal.

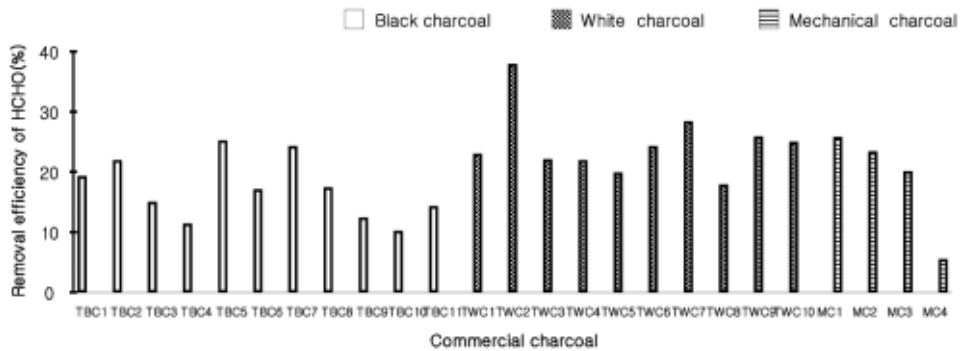


Fig. 5. Formaldehyde removal ratios of traditional charcoal and mechanical charcoal.

통숯의 제조에 전반적인 점검이 있어야 할 것으로 생각한다.

3.3. 메틸렌블루 흡착

Fig. 4는 전통숯 및 기계숯의 메틸렌블루 흡착량(MBA)을 나타낸 것이다. MBA는 숯의 액상 흡착력을 나타내는 대표적 시험으로 전통숯의 MBA는 Fig. 4에서 볼 수 있는 것과 같이 백탄이 3.55~7.68 mg/g, 흑탄이 0.53~1.97 mg/g 수준으로 상당히 작은 것으로 나타났다. 이는 전통숯의 비표면적이 작게 나타난 것에 기인하는 것으로 사료되며, 흑탄과 백탄사이에는 비표면적이 비교적 넓은 백탄의 MBA가 높게 나타났다. 공등(2002)의 연구 결과와 비교하였을 때, 흑탄의 MBA는 탄화온도 400°C의 참나무 탄화물과, 백탄의 MBA는 탄화온도 600°C의 참나무 탄화물과 비슷한 결과 치

를 나타내었다. 기계숯의 MBA는 11.63~26.10 mg/g으로 MC3가 26.10 mg/g로 시판숯 중에는 가장 높은 MBA를 나타냈으며, 기계숯은 전통숯보다 높은 값을 나타냈는데 이런 현상도 전통숯보다 넓은 비표면적에 기인하는 것으로 사료된다.

3.4. 포름알데히드 흡착

Fig. 5는 전통숯 및 기계숯의 포름알데히드 제거율을 나타낸 것이다. 포름알데히드 제거율은 숯의 기상흡착력을 나타내는 것으로 최근 포름알데히드는 새집증후군의 원인이 되는 물질로 알려지면서, 이 물질의 제거를 위한 대안으로 목탄의 기상흡착력의 이용이 시도되고 있다. 전통숯의 포름알데히드 제거율은 Fig. 5에서 볼 수 있는 것과 같이 흑탄이 11.4~26.7%, 백탄이 17.9~34.9%의 수준으로 정 등(2004)의 참숯의 결과

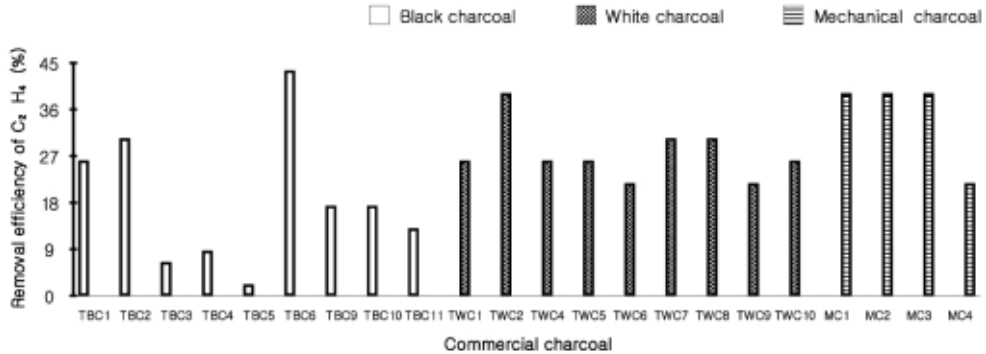


Fig. 6. Ethylene gas removal ratios of traditional charcoal and mechanical charcoal.

와 비슷한 제거율을 나타냈으며, 흑탄은 TBC8이 27%로 흑탄 중 가장 높은 흡착율을 나타냈으며, 백탄은 TWC1이 35%에 가까운 흡착력을 보여 시판숯 중 가장 우수한 포름알데히드 흡착력을 보였다. 흑탄과 백탄 사이에는 비표면적이 높은 백탄의 포름알데히드 제거율이 높게 나타났다. 그러나 메틸렌블루 흡착량에서 흑탄과 백탄이 많은 차이를 보인 만큼의 차이를 보이지는 않았다. 기계숯의 포름알데히드 제거율은 5.5~25.8%로 MC4를 제외하고는 20% 이상의 제거율을 나타냈으며 백탄과 비슷한 제거율을 나타내었다.

3.5. 에틸렌가스 흡착

Fig. 6은 전통숯 및 기계숯의 에틸렌가스 제거율을 나타낸 것이다. 에틸렌가스는 모든 세포 조직이 만들어 내는 천연 호르몬의 일종으로 가장 단순한 유기화합물이다. 식물이나 과일 자체에서 생성된 에틸렌가스는 과일이나 꽃 등을 포장 보관 시 노화나 부패를 시켜 상품 가치가 떨어져 농가소득원에 많은 피해를 입히고 있는 실정이라고 보고하고 있다(안 등, 2005).

에틸렌가스 제거율은 전통숯 흑탄이 2.2~43.5%, 백탄이 21.7~39.1%로 나타났다. 흑탄은 TBC6이 44.5%의 제거율로 시판숯 중 가장 높은 제거율을 나타낸 반면, 흑탄의 에틸렌가스 제거율은 제품사마다 큰 차이를 나타내었다. 백탄은 TWC2가 39%로 백탄 중 가장 높은 제거율을 나타냈으며, 흑탄에 비해 제품 간 제거율은 큰 차이를 나타내지 않았다. 기계숯의 에틸렌가스 제거율은 21.7~39.1%로 MC4를 제외하고는 모두

39%의 제거율을 나타내었으며 기계숯이 흑탄이나 백탄에 비해 높은 제거율을 나타내었다.

에틸렌가스 제거율도 포름알데히드 제거율과 마찬가지로 흑탄과 백탄 간에는 그다지 큰 차이를 나타내지 않았다. 따라서 기상의 포름알데히드 및 에틸렌가스 제거율은 액상의 메틸렌블루 흡착량보다 비표면적과는 상관이 적고 다른 요인이 작용하는 것으로 사료된다. 에틸렌가스 제거율은 비표면적이 1 m²/g인 제품이 가장 높은 제거율이 나타났다. 현재로서는 기상의 경우는 비표면적 외에 목탄 표면의 관능기가 작용하는 것으로 추측되는데, 이는 더 조사가 되어야 할 것으로 생각한다.

4. 결 론

국내에서 생산 판매되고 있는 시판용 목탄의 흡착 특성과 기본적인 성질을 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 공업분석은 고정탄소량이 전통숯 흑탄이 51.8~81.8%, 백탄이 72.9~76.5%, 기계숯이 48.5~80.3%로 백탄이 높은 것으로 나타났다. 정련도는 전통숯의 흑탄의 경우 대부분 9였고, 백탄과 기계숯은 0으로 나타났다.

2) 비표면적은 전통숯 흑탄이 0.1~13.7 m²/g, 백탄이 53.2~372 m²/g, 기계숯이 224.3~464.6 m²/g로 흑탄이 아주 적은 것으로 나타났다.

3) 메틸렌블루 흡착량은 전통숯 흑탄이 0.53~1.97 mg/g, 백탄이 2.68~7.68 mg/g, 기계숯이 11.63~26.10

mg/g 범위로 흑탄이 아주 낮은 경향을 나타냈다.

4) 포름알데히드 제거율은 전통숯 흑탄이 11.4~26.7%, 백탄이 17.9~34.9%, 기계숯이 5.5~25.8% 범위로, 큰 차이를 나타내지 않았다.

5) 에틸렌가스 제거율은 전통숯 흑탄이 2.2~43.5%, 백탄이 21.7~39.1%, 기계숯이 21.7~39.1% 범위로, 큰 차이를 나타내지 않았다.

이로써 본 연구의 조사범위 내의 국내 시판용 목탄의 기본적 성질과 흡착특성이 열악한 것으로 나타나, 금후 국내에서 생산되는 전통숯의 제조공정 등에 종합적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립중앙과학관 2007겨레과학기술응용개발사업의 연구비 지원에 의해 수행된 연구임.

참고문헌

1. 공석우, 김병로. 1999. 미이용 목질 폐잔재의 탄화 이용 개발(II). -수종의 목질재료 탄화와 탄화물의 특성-. 목재공학 27(2): 70~77.
2. 공석우, 김병로. 2002. 국산 주요 수종 및 목질재료 탄화물의 흡착 특성. 목재공학 30(4): 33~40.
3. 산림청. 2008. 임업통계연보 38: 324.
4. 김남훈 외 6명. 2003. 전통식 탄화로의 공정표준화에 의한 생산성 향상 및 품질 개량 기술 개발에 관한 연구-자동화된 전통식 탄화로의 개발-. 산림청.
5. 안병준, 조태수. 2005. 탄화물의 에틸렌가스 흡착 특성. 한국목재공학회 2005학술발표논문집. 490~493.
6. 이오규, 최원준, 조태수, 백기현. 2007. 목탄계 건축자재에 의한 포름알데히드 흡착. 목재공학. 35(3): 61~69.
7. 정명준 외 5명. 2004. 실내 오염 물질에 대한 숯의 흡착 제거 효과. 한국목재공학회 2004 추계학술논문집.
8. 岸本定吉, 阿部房子. 1964. 市販木炭の比表面積. 日本木材學會誌. 10(3): 120~122.
9. 岸本定吉, 1991. 木炭の新用途とその現況. 日本木質成形燃料工業協同組合. 160.
10. Blankehorn, P. R., D. P. Barnes, D. E. Kline, and W. K. Murphey. 1978. Porosity and pore size distribution of black cherry carbonized in an insert atmosphere. Wood Sic. 11(1): 23~29.
11. Mori M., Y. Saito, S. Shida, and T. Arima. 2000. Adsorption properties of charcoal from wood-based materials. Mokuzai Gakkaishi 46(4): 355~362.
12. Pulido-Novicio L., T. Hata, Y. Kurimoto, S. Doi, S. Ishihara, and Y. Imamura. 2001. Adsorption capacities and related characteristics of wood charcoals carbonized using a one-step or two-step process. J Wood Sic 47: 48~57.