

목질탄화물을 이용한 미네랄수 제조에 관한 연구¹

신수정² · 김병로^{2,†}

Studies on Manufacture of Mineral Water with Wood Charcoals¹

Soo-Jeong Shin² · Byung-Ro Kim^{2,†}

요약

목탄을 이용한 미네랄수의 제조가능성을 알아보기 위해, 목탄의 무기성분 용출 및 수소이온농도 및 잔류염소흡착 성능을 조사하였다. 무기성분 용출은 탄화온도가 높아짐에 따라 칼륨의 경우 용출량이 높아지나, 나머지 무기성분들의 경우 차이가 적었다. 무기성분 용출량은 각 수종에서 칼륨이 가장 높은 값을 나타냈고 다음으로는 나트륨, 칼슘 순으로 나타났고, 수종 간에는 칼륨의 경우 활엽수인 굴참나무와 버즘나무가 침엽수인 소나무, 낙엽송 및 잣나무에 비하여 현저히 높게 나타났고, 나머지 무기성분은 수종간 칼륨만큼 큰 차이는 없었으나 칼륨과 같은 경향을 나타냈다. 수소이온농도는 활엽수인 버즘나무(600℃의 경우 pH 8.5)와 굴참나무(pH 8.4)가 높게 나타났고, 낙엽송(pH 7.8), 소나무(pH 7.2), 잣나무(pH 7.0)가 앞의 두 수종보다 낮은 값을 나타냈다. 염소제거량은 모든 수종에서 대조구보다 높은 제거량을 나타냈고, 침엽수인 잣나무와 소나무가 활엽수인 낙엽송, 버즘나무, 굴참나무보다 높은 제거율을 나타냈다. 분말목탄과 각형목탄 간 무기성분 용출량 및 수소이온농도에서 차이가 없으므로, 목탄을 이용한 미네랄수 제조에는 분말목탄보다 제조도 용이하고, 용출 후 처리도 용이한 각형목탄이 좋을 것으로 생각된다.

ABSTRACT

To evaluate wood charcoal as raw material for mineral water production, dissolution of inorganic ions from charcoal to water, pH and adsorption ability of chlorine in water were investigated as main variables. More potassium ion was dissolved in water as higher temperature manufactured charcoal but other ions showed no difference with different charcoal making temperatures. Highest dissolved cation was potassium followed by calcium and sodium. Among wood species, charcoal from *Quercus variabilis* and *Platanus occidentalis* showed significantly higher potassium content in water than that of larch, red pine and white pine. Other cations had similar pattern to the potassium but their difference was not apparent as much as potassium. pH value of water treated with charcoal was higher for wood charcoals from *Platanus occidentalis* (pH 8.5) and *Quercus variabilis* (pH 8.4) which contained higher inorganic cations. In chlorine removal in water by charcoal, all wood charcoals showed greater chlorine removal than that of the control, but

¹ Date Recieved April 9, 2014, Date Accepted April 28, 2014

² 충북대학교 농업생명환경대학 목재·종이과학과. Department of Wood and Paper Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

[†] 교신저자(Corresponding author): 김병로(e-mail: brkim@cbnu.ac.kr)

softwood charcoals resulted in higher removal than those of hardwoods. There was no significant difference in the dissolution of cations and pHs between particle charcoal and whole charcoal. With easy of control, whole charcoal is better for mineral water making raw material than particle charcoal does.

Keywords : wood charcoal, mineral water, inorganic ion, pH, residual chlorine

1. 서 론

목질탄화물은 요리조리용으로서의 우수성과 우수한 흡착성능, 알칼리성, 원적외선 및 음이온 방출성능, 살균성능, 방부성능, 전자파 차단성능 등이 최근 부각되면서 목탄에 대한 기능성 이용 연구가 최근 활발히 이루어지고 있다(Mshiro *et al.* 1999; Mori *et al.* 2000; Lee *et al.* 2007; Park *et al.* 2008; Lee *et al.* 2010; Lee *et al.* 2011A; Lee *et al.* 2011B). 그중 하나가 목탄이 알칼리성이며 다양한 미네랄 성분이 다량 농축되어 있고, 또한 높은 흡착성으로 인한 정수기능도 있는 것으로 알려지면서, 목탄을 이용한 정수된 미네랄워터의 제조에 관한 것이다.

최근 우리나라에서도 몸에 좋고, 맛도 좋고, 안전한 물에 대한 관심이 급증하고 있는 가운데 미네랄 성분이 많이 녹아 있는 미네랄워터가 주목 받고 있다. 이로 인해 생수수입이 늘고, 국내생수시장은 폭발적으로 증가하고 있는 실정이다. 알칼리성 미네랄워터는 수소이온농도가 8.5~10인 물로써 물속에 칼슘, 칼륨, 마그네슘 등이 많이 함유되어 있는 물을 일반적으로 말한다. 이 알칼리성 미네랄워터는 맛이 있고 소화불량, 만성설사, 위장 내 이상발효, 위산과다 등의 질환 개선에 도움이 되는 등 건강에도 이로움 것으로 알려져 있다(Akira 2000). 미네랄은 생체의 생리 기능에 필요한 광물성 영양소로 무기성분, 무기질이라 하여 Na, Ca, K, Mg, F, Mn 등이 있다.

나무는 흙으로부터 미네랄을 흡수해 성장한다. 미네랄은 광물성영양소이다. 이로 인해 목탄에도 미네랄성분인 칼슘, 칼륨을 함유하고 있다. 그 외에 철, 망간 등의 미량원소도 함유하고 있다. Akira (2000)는 미네랄성분은 목탄 제조과정에서 농축되고, 농축됨으로 해서 물에 쉽게 녹게 되며, 미네랄은 우리 몸에 상당히 중요해 이것이 부족하면 여러 가지 장애

를 일으키고, 사람도 동물도 성장에 필요한 미네랄성분은 원래는 식물로부터 얻어지는 것으로 결국 인체 내의 미네랄성분 비율은 거의 수목과 같다고 해도 과언이 아니라고 하였다. 목탄이 건강에 좋다는 이유 중 하나가 바로 이것이다. 목탄 내의 미네랄을 잘 활용하면 우리의 건강을 증진시킬 수 있을 것으로 생각된다. 수돗물에 목탄을 넣어두면 물이 맛있어 진다고 한다. 이것은 수돗물 특유의 냄새를 일으키는 염소와 약품 등이 목탄의 무수한 미세구멍에 흡착되어 정수되어지기 때문이고, 그리고 유해물질을 흡착함과 동시에 앞에서 언급한 거와 같이 천연 미네랄성분이 미세구멍으로부터 녹아나오기 때문이다. 이로 인해 수돗물이 냄새가 없는 맛있는 천연의 미네랄워터와 같은 성질로 전환 되는 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 목탄의 기능성 분석(Lee *et al.* 2011)을 바탕으로 목탄처리수의 미네랄 용출, pH, 잔류염소흡착 조사를 통해 목탄을 이용한 기능성 미네랄수의 개발가능성을 조사하는데 연구의 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

본 실험에 사용한 목탄 제조용 수종은 침엽수 3수종(소나무, 낙엽송, 잣나무), 활엽수 2수종(굴참나무, 버즘나무)으로 이들 수종의 선정 이유는 Lee *et al.* (2011A)의 목질탄화물의 기능성 분석의 연구에서 여러 수종의 무기성분 분석에서 그중 미네랄성분이 높은 이들 5개 수종을 선정하게 되었다. 수종, 목탄 제조법, 목탄의 형상은 Table 1과 같다.

Table 1. Manufacturing method of charcoal

Species (Abbreviation)	Manufacturing method	Shape of charcoal
<i>Pinus densiflora</i> (PD)	- Electric muffle furnace. - Carbonization temperature: 400, 600, 800℃ - Carbonization hour: 6 h	- Square shape: 0.7 × 0.7 × 0.7 cm - Power shape: 60 mesh
<i>Larix leptolepis</i> (LL)		
<i>Pinus koraiensis</i> (PK)		
<i>Quercus variabilis</i> (QV)		
<i>Platanus occidentalis</i> (PO)		

2.2. 실험방법

2.2.1. 탄화실험

선정된 수종에 대해 1 × 1 × 1 cm의 블록을 제작해 도가니(102 × 102 × 50 mm)에 넣어 뚜껑을 닫고 전기로(Thermolyne, Type 6000)에서 불활성가스 공급 없이 공기 중에서 탄화하였다. 전기로의 온도를 1분에 10℃의 속도로 각각 저온(400℃), 중온(600℃), 고온(800℃)까지 상승시켜 그 온도에서 6시간 유지해 냉각한 후 꺼내 탄화온도에 따른 수율을 조사하였다. 수율조사 후 시료의 형태에 따른 차이의 유무를 알아보기 위해 각형과 분말형의 목탄을 제조하였다. 각형은 탄화후의 형태를 그대로 사용하였고, 분말형태는 60 mesh로 제조하여 사용하였다.

2.2.2. 무기성분 용출 분석

증류수에 각형 목탄 및 60 mesh의 분말형 목탄(1 g씩)을 넣어 진탕기에서 24시간 진탕한 후 여과시켜 ICP (Inductively Coupled Plasma, 시료를 고주파유도코일에 의하여 형성된 플라즈마에 도입하여 6,000~8,000에서 여과된 원자가 바닥상태로 이동할 때 방출하는 발광선 및 발광강도를 측정하여 원소의 정성 및 정량분석에 이용하는 방법)를 통해 분석하였다. 분말형 목탄은 탄화시간 6시간에서 탄화온도 400℃, 600℃, 800℃로 3가지 조건에서, 각형 목탄은 탄화시간 6시간, 탄화온도 600℃의 한 가지 조건으로 조사하였다.

2.2.3. pH 분석

증류수에 각형 목탄 및 60 mesh의 분말형 목탄(1 g씩)을 넣어 진탕기에서 24시간 진탕한 후 에 여과

시켜 pH를 측정하였다. 대조구로 증류수의 pH도 함께 측정하였다. pH측정도 분말형 목탄은 탄화시간 6시간에서 탄화온도 400℃, 600℃, 800℃로 3가지 조건에서, 각형 목탄은 탄화시간 6시간, 탄화온도 600℃의 한 가지 조건으로 조사하였다.

2.2.4. 잔류염소 분석

차아염소산나트륨(NaClO₃)을 증류수에 희석시켜 잔류염소농도 0.77 mg/l의 용액을 제조하였다. 삼각플라스크에 각형 목탄 2 g을 담은 후 차아염소산나트륨용액 50 ml을 넣고 파라필름으로 밀봉하였다. 그 후 1시간과 2시간 경과 후 각각 5 mg을 채취하여 잔류염소측정기(모델: HACH Poket Colorimeter™ II, DPD법을 이용하여 DPD시약을 넣어 붉은색으로 발색이 되면 빛의 파장을 통해 잔류염소의 양을 측정한다)로 시간 경과에 따라 잔류염소농도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 탄화실험

Fig. 1은 실험 수종의 탄화온도 400, 600, 800℃ 탄화시간 6시간에서의 탄화수율을 나타낸 것이다. 모든 수종에서의 탄화수율은 탄화온도 상승함에 따라 탄화수율은 감소하는 것으로 나타났다. 침엽수, 활엽수 모두에서 탄화온도 400℃에서는 약 30%의 전후의 수율을 나타냈으며, 탄화온도 600℃에서는 20% 전후의 수율을 800℃에서는 약 26~28%의 수율을 나타냈다. 수종 간에는 400℃에서 침엽수인 적송, 낙엽송, 잣나무가 활엽수인 굴참나무, 버즘나무보다 약

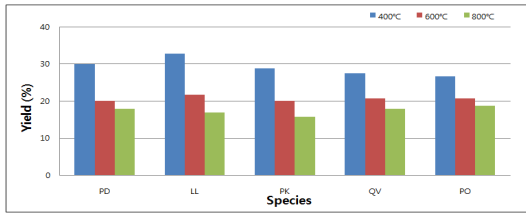


Fig. 1. Carbonization yield of experimental charcoal.

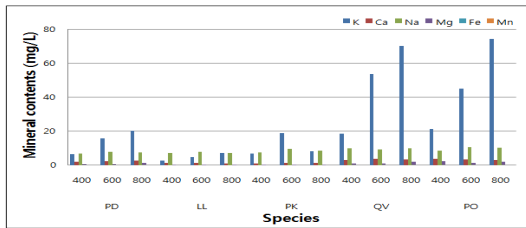


Fig. 2. Mineral contents of powder type charcoal at each carbonization temperatures.

간 높은 경향을 나타냈으나 600°C와 800°C에서는 수종 간 차이가 없는 것으로 나타났다. Kim *et al.* (2006), Kwon *et al.* (2007)의 연구에 의하면 질소분위기에서 탄화온도별 굴참나무의 수율은 340°C에서는 약 22%, 540°C에서는 약 20%, 740°C에서는 약 16%로 보고하고 있으며 본 실험의 굴참나무 수율과 비교해 본 결과 본 실험의 굴참나무 수율이 약간 더 높은 것으로 나타났다.

3.2. 무기성분 용출 분석

Fig. 2는 각 수종의 60 mesh 분말목탄의 칼륨, 칼슘, 나트륨, 마그네슘, 철 및 망간의 무기성분 용출량을 나타낸 것이다. 각 수종들의 탄화온도에 따른 무기성분들은 칼륨은 탄화온도가 높아짐에 따라 용출량이 현저한 차이로 높아지는 것으로 나타났으나, 잣나무만이 600°C에서 가장 높은 값을 나타냈다. 나머지 무기성분들은 탄화온도에 따른 차이가 적었으며 또한 용출량들은 600°C에서 가장 높은 값을 나타내는 수종이 대부분이었다. 각 수종에서 무기성분 간의 용출량은 칼륨이 가장 높은 값을 나타냈고, 다음으로

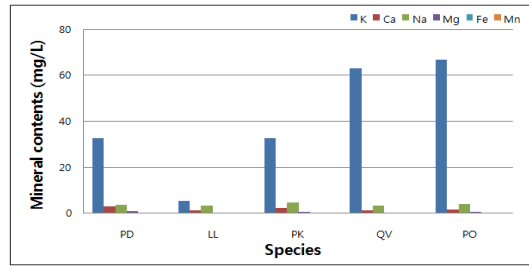


Fig. 3. Mineral contents of a shape type charcoal (carbonization temperature : 600°C).

는 나트륨, 칼슘 순으로 나타났고, 다음으로 마그네슘, 철 망간 순이었으나 이들은 미량을 나타냈다. 수종 간에는 칼륨의 경우 활엽수인 굴참나무(600°C의 경우 53.810 mg/l)와 버즘나무(600°C의 경우 45.270 mg/l)가 침엽수인 소나무, 낙엽송 및 잣나무에 비하여 현저히 높게 나타났다. 두 번째의 용출량을 보인 나트륨의 경우는 수종 간 칼륨만큼 큰 차이는 없었으나 칼륨과 같이 굴참나무(9.151 mg/l), 버즘나무(10.655 mg/l)가 약간 높은 값을 나타냈다. 세 번째의 용출량을 나타낸 것은 칼슘으로 칼슘도 굴참나무(3.939 mg/l), 버즘나무(3.494 mg/l)가 높은 값을 나타냈다. 마그네슘, 망간 및 철들은 칼륨, 나트륨, 칼슘에 비해 상대적으로 미량의 값을 나타냈고 수종 간에도 큰 차이를 보이지는 않았으나 앞의 칼륨, 나트륨 칼슘과 같은 경향으로 굴참나무(Mg 0.829 mg/l)와 버즘나무(Mg 1.229 mg/l)에서 높은 값을 나타냈다. Lee *et al.* (2011A)은 수종의 탄화물의 무기성분분석에서 버즘나무 탄화물(탄화온도 800°C, 탄화시간 6 h) 칼륨 5.27%, 칼슘 3.13%로 가장 높게 나타났다고 보고하고 있다. 전체적으로 활엽수가 침엽수보다 6가지의 무기성분에서 더 많이 용출되었음을 볼 수 있었고, 침엽수 중에는 소나무가 낙엽송, 잣나무보다 약간 많은 용출량을 나타냈다. 활엽수가 침엽수보다 많은 미네랄이 용출된 것에 대해서는 활엽수의 구성세포가 다양한 것에 기인하는 것으로 생각되나, 앞으로 이의 원인에 대해서는 다양한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Fig. 3은 각 수종의 탄화온도 600°C, 탄화시간 6 h

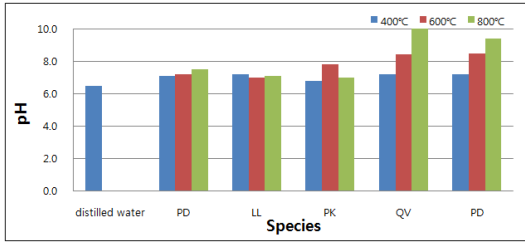


Fig. 4. pH of powder type charcoal at each carbonization temperatures.

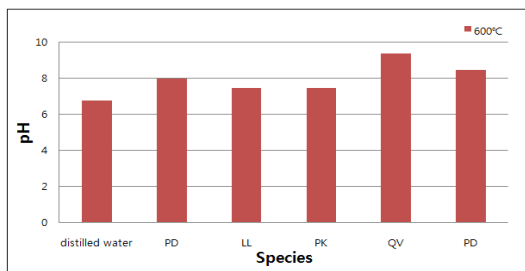


Fig. 5. pH of a shape type charcoal (carbonization temperature : 600°C).

의 각형목탄의 칼륨, 칼슘, 나트륨, 마그네슘, 철 및 망간의 미네랄 용출량을 나타낸 것이다. 각 수종에서 무기성분 간의 용출량은 60 mesh 분말목탄과 같은 경향으로 칼륨(버즘나무의 경우 나트륨의 약 16배)이 가장 높은 값을 나타냈고, 다음으로는 나트륨, 칼슘 순으로 나타났고, 마그네슘, 철 망간은 아주 미량을 나타냈다. 수종 간에는 칼륨의 경우 활엽수인 굴참나무(63.017 mg/l), 버즘나무(66.750 mg/l)가 소나무(32.617 mg/l), 잣나무(32.570 mg/l), 낙엽송(5.616 mg/l)보다 높게 나타났고, 두 번째의 용출량을 보인 나트륨은 3.402~4.930 mg/l 범위로 수종 간 차이가 적은 것으로 나타났다. 세 번째의 용출량을 나타낸 것은 칼슘으로 1.225~2.961 mg/l 범위로 나트륨 같이 수종 간 차이가 적은 것으로 나타났다. 마그네슘, 망간, 철도 수종 간에도 큰 차이를 보이지는 않았다. 활엽수와 침엽수 간에는 칼륨에서만 활엽수가 침엽수보다 높은 값을 나타냈고 나머지 무기성분에서는 차이를 보이지 않았다.

목탄의 형상에 따라 즉 60 mesh 분말목탄과 각형목탄과의 무기성분 용출량을 비교(비교온도 600°C)하면 칼륨과 칼슘용출량은 각형목탄이 60 mesh 분말목탄보다 높은 용출량을 나타내는 경향을 보였고, 나머지 성분에서는 60 mesh 분말목탄이 각형목탄보다 높은 용출량을 나타내는 경향을 나타냈으나 차이는 그다지 크게 나타나지 않았다. 따라서 목탄용 미네랄 제조수용으로 이용 시는 60 mesh 분말목탄보다는 제조도 용이하고, 여과공정과 여과 후 처리도 용이한 각형목탄이 좋을 것으로 생각된다. 시판 생수의 경우 무기물질 함량은 K사의 경우 칼슘 2.5~4.0 mg/l, 칼륨 1.5~3.4 mg/l, 나트륨 4.0~7.2 mg/l, 마그네슘 1.7~3.5 mg/l 범위를 나타내고 있다. 본 연구의 목탄 처리수는 시판생수보다 높은 무기물질 함량을 나타내므로, 목탄을 이용해 수도물을 포함한 일반 음용수를 미네랄수로 제조할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 수종에 따라 무기물질 함량에 차이를 보이므로, 수종을 선택적으로 이용하면 맞춤형 미네랄수도 제조할 수 있을 것으로 생각된다.

3.3. pH 분석

Fig. 4는 각 수종의 60 mesh 분말목탄과 대조구인 증류수의 수소이온농도를 나타낸 것이다. 각 수종들의 탄화온도에 따른 수소이온농도는 활엽수인 굴참나무, 버즘나무는 탄화온도가 높아짐에 따라 수소이온농도가 높아졌지만, 침엽수인 잣나무와 낙엽송, 소나무는 탄화온도에 따른 어떠한 경향을 나타내지 않았다. 그러나 Kim *et al.* (1999) 침엽수, 활엽수 모두에서 탄화온도가 올라가면 수소이온농도도 높아지는 것으로 보고하고 있다. 수종 간에는 버즘나무(600°C의 경우 pH 8.5), 굴참나무(pH 8.4)가 높게 나타났고, 낙엽송(pH 7.0), 소나무(pH 7.2), 잣나무(pH 7.8)가 앞의 두 수종보다 낮은 값을 나타냈다. 대조구인 증류수의 수소이온농도는 평균적으로 약 pH 7을 나타냈다. pH 7인 증류수를 목탄으로 처리하면 알칼리성을 띄는 것으로 나타났다. Fig. 5는 각 수종의 탄화온도 600°C, 탄화시간 6 h의 각형목탄의 수소이온농도를 나타낸 것이다. 각 수종 간 수소이온농도는 60

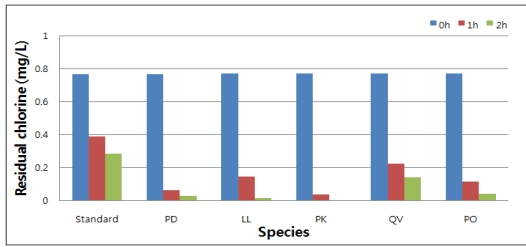


Fig. 6. Relationship the Residual chlorine of a shape type charcoal and at time.

mesh 분말목탄과 같은 경향을 나타냈다. 즉 굴참나무(pH 9.4), 버즘나무(pH 8.5)가 높고 소나무(pH 8.0), 잣나무(pH 7.5), 낙엽송(pH 7.5)이 낮게 나타났다. 또한 60 mesh 분말목탄보다 높게 나타났다. 따라서 목탄을 이용한 알칼리수 제조에는 60 mesh 분말목탄보다는 제조도 용이하고, 용출 후 처리도 용이한 각형목탄이 좋을 것으로 생각된다.

알칼리수에 대해서는 많은 이견이 있으나, 일반적으로 건강에 좋은 것으로 알려지면서 다양한 알칼리 제조기가 판매되고 있는 실정이다. 특히 세계적인 생활용품 회사인 일본의 N사는 알칼리 이온수기를 생산 판매하면서 알칼리이온수는 소화불량, 위산과다, 제산, 만성설사 및 위장 내 이상발효에 효능이 있다고 하고 있다. 알칼리수는 보통 pH 8.5 이상인 물을 말하고 있다. 따라서 본 연구결과 범위에서는 목탄을 이용한 알칼리수 제조에는 굴참나무와 버즘나무가 적당하고, 탄화온도는 600℃ 이상이어야 할 것으로 생각된다.

3.4. 잔류염소 분석

Fig. 6은 잔류염소농도 0.77 mg/l의 용액에 탄화온도 600℃에서 탄화시킨 각형목탄으로 1 h 및 2 h 처리 후의 잔류염소농도를 나타낸 것이다. 모든 수종에서 대조구보다 높은 염소 제거량을 나타냈다. 수종 간에는 잣나무가 가장 높은 제거량을 보였고 다음으로 소나무으로 나타났다. 이들은 1시간 경과에 잣나무는 약 95%가 제거됐고, 소나무는 91%의 제거율을 나타냈다. 다음으로 낙엽송, 버즘나무, 굴참나무 순

으로 나타났다. 대조구는 1시간 경과에 약 50%의 휘산으로 약 50%의 잔류염소량이 존재했고, 2시간 경과에도 약 38%의 잔류염소량을 보였다. 2시간 경과에서는 잣나무, 낙엽송, 소나무가 약 97% 이상의 제거율을 보였고, 특히 잣나무는 100%로 제거율을 보였다. 염소제거율은 목탄의 비표면적과 관계가 있을 것으로 생각된다. Kong *et al.* (2002)은 주요 수종 탄화물의 흡착특성 연구에서 600℃에서 탄화한 잣나무 목탄의 비표면적은 999.75 m²/g, 낙엽송 목탄이 611.89 m²/g, 굴참나무 목탄이 424.07 m²/g이라고 보고하였다. Kim *et al.* (2007)은 소나무 목탄 560 m²/g, 버즘나무 목탄이 422 m²/g이라고 보고하였다. 또한 목탄의 액상 흡착시의 흡착능의 지표가 되는 메칠렌블루흡착량도 Kong *et al.* (2002)은 600℃에서 탄화한 잣나무 탄화물의 메칠렌블루흡착량이 약 85 mg/g으로 다른 탄화물의 약 8~10배의 높은 메칠렌블루흡착량을 나타냈다. 따라서 염소 제거율은 목탄의 비표면적과 관련이 있는 것으로 생각되고, 비표면적이 넓으면 염소제거율도 높아지는 것으로 생각된다. 염소제거용 목탄수종으로는 잣나무를 비롯한 침엽수류가 좋을 것으로 생각된다.

4. 결 론

목탄을 이용한 미네랄수의 제조가능성을 알아보기 위해, 목탄의 무기성분 용출 및 수소이온농도 및 잔류염소흡착 성능을 조사한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 탄화수율은 탄화온도 상승함에 따라 탄화수율은 감소하는 것으로 나타났다. 침엽수, 활엽수 모두에서 탄화온도 400℃에서는 약 30%의 전후의 수율을 나타냈으며, 탄화온도 600℃에서는 20% 전후의 수율을 800℃에서는 약 26 - 28%의 수율을 나타냈다.
2. 무기성분 용출은 탄화온도가 높아짐에 따라 칼륨의 경우 용출량이 높아지나, 나머지 무기성분들의 경우 차이가 적었다. 각 수종에서 무기성분 용출량은 칼륨이 가장 높은 값을 나타냈고, 다음으로는 나트륨, 칼슘 순으로 나타났다. 수종 간에는 칼륨의 경우 활엽수인 굴참나무와 버즘나무가 침엽수인 소나무,

낙엽송 및 잣나무에 비하여 현저히 높게 나타났고, 나머지 무기성분은 수종 간 칼륨만큼 큰 차이는 없었으나 칼슘과 같은 경향을 나타냈다.

3. 수소이온농도는 활엽수인 버즘나무(600℃의 경우 pH 8.5)와 굴참나무(pH 8.4)가 높게 나타났고, 낙엽송(pH 7.8), 소나무(pH 7.2), 잣나무(pH 7.0)가 앞의 두 수종보다 낮은 값을 나타냈다.

4. 염소제거량은 모든 수종에서 대조구보다 높은 제거량을 나타냈고, 침엽수인 잣나무와 소나무가 활엽수인 낙엽송, 버즘나무, 굴참나무보다 높은 제거율을 나타냈다.

5. 분말목탄과 각형목탄 간 무기성분 용출량 및 수소이온농도에서 차이가 없으므로, 목탄을 이용한 미네랄, 알칼리수 제조에는 분말목탄보다 제조도 용이하고, 용출 후 처리도 용이한 각형목탄이 좋을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Akira, O.T. 2000. Charcoal power. Nihigasisouen. Tokyo.
- Kim, B.R., Kong, S.W. 1999. Development of carbonization technology and application of unutilized wood wastes (I). Mokchae Konghak, 27(2): 70-77.
- Kim, N.H., Hanna, R.B. 2006. Morphological characteristics of *Quercus variabilis* charcoal prepared at different temperatures. Wood Science and Technology 40: 392-401.
- Kong, S.W., Kim, B.R. 2002. Adsorption characteristics of charcoals of major Korean wood species and wood-based materials. Mokchae Konghak 30(4): 33-40.
- Kwon, S.M., Kim, N.H. 2006. Investigation of carbonization mechanism of wood(I). Mokchae Konghak 34(3): 8-14.
- Lee, O.K., Choi, J.W., Jo, T.S., Paik, K.H. 2007. Adsorption of formaldehyde by wood charcoal-based building materials. Mokchae Konghak 35(3): 61-69.
- Lee, D.Y., Kim, B.R. 2010. Analysis of functional characteristics of the commercial wood charcoal in Korea(II). Mokchae Konghak 38(6): 480-489.
- Lee, D.Y., Kim, B.R. 2011A. Analysis of functional characteristics of wood charcoals. Journal of Agricultural Science Chungbuk National University 27(3): 173-178.
- Lee, D.Y., Kim, B.R. 2011B. Adsorption characteristics of charcoal from major Korea wood species and wood-based materials(II). Mokchae Konghak 39(4): 281-290.
- Mishro, A., Ikarashi, Y., Kim, B.R., Yashiro, M. 1999. Some physical and chemical properties of carbonized wood wastes(1). Research Bulletin of the Niigata University No. 32: 1-18.
- Mori, M., Saito, Y., Shida, S., Arima, T. 2000. Adsorption properties of charcoal from wood-based materials. Mokuzai Gakkaishi 46(4): 355-362.
- Park, S.B., Lee, H.Y., Lee, S.M., Park, J.Y. 2008. Formulation of liquid coating agent using bamboo charcoal and its characteristics. Mokchae Konghak 36(6): 113-120.