

숯을 활용한 포장재 개발에 관한 연구 (제1보)

- 에틸렌 가스흡착 -

서영범[†] · 전양 · 이화형 · 정태영 · 이종석*

(2003년 3월 4일 접수; 2003년 5월 6일 채택)

Development of Charcoal Containing Paper for Packing Grades(I)

- Ethylene Gas Adsorption -

Yung Bum Seo[†], Yang Jeon, Hwa Hyung Lee, Tae Young Jung, and Jong Suk Lee*

(Received on March 4, 2003; Accepted on May 6, 2003)

ABSTRACT

The charcoal is known to have gas adsorption capability and is used frequently to mitigate the unpleasant smells from food and clothing. It is also used to treat water to remove dissolved organic and inorganic substances. In this paper, we applied the several different kinds of charcoals to the papers in three different ways to investigate if charcoal application method affects its gas adsorption capability. Wet end addition, making multiply, and coating method were tested. Specific ethylene gas adsorption capabilities were measured. Experimental results shows that manufacturing conditions of the charcoal itself changed its gas adsorption properties. The boxes used for agricultural produces, and the packaging paper for flowers are to be well fitted application for the charcoal added paper. Mulch paper, which needs opacity and air permeability with proper strength properties, is another candidate for the application of charcoal added paper.

Keywords : charcoal containing paper, Black charcoal, Fine charcoal, Ethylene gas adsorption, Multiply paper, coating

• 본 연구는 농림기술관리센터의 첨단기술개발사업 중 첨단기술 개발과제에 의해 수행된 결과의 일부임.(201088-03)

• 충남대학교 농업생명과학대학 임산공학과 (Dept. of Forest Products, Coll. of Agri., Chungnam Univ., Daejun, Yousung-Gu, Gung-Dong, Rep. of Korea)

* 충남대학교 농업생명과학대학 원예학과 (Dept. of Horticulture, Coll. of Agri., Chungnam Univ., Daejun, Yousung-Gu, Gung-Dong, Rep. of Korea)

[†] 주저자(Corresponding author) : E-mail : ybseo@cnu.ac.kr

1. 서론

본 연구에서는 일반 숯 (흑탄)과, 고온으로 제조한 숯 (백탄), 활성탄과, 탄소섬유들을 사용하여 에틸렌 흡착기능이 우수한 농산물 포장용 숯 포장지를 제조하였으며, 숯의 크기와 종이에 적용방법, 첨가량에 따른 에틸렌 흡착성능을 측정 비교하였다. 에틸렌가스는 사과와 같은 과일을 저장할 때 방출되며, 과일들을 조기 성숙시켜서 유효 저장기간을 짧게 만드는 성질이 있다. 따라서 조기에 에틸렌 가스를 흡착 제거시켜줌으로써, 과일의 저장기간을 연장시켜줄 수 있다. 특히 카네이션은 에틸렌 가스에 매우 취약하므로 에틸렌 가스를 조기에 제거시켜 줄 필요가 있다.²⁾ 또 과수의 재배에 사용할 시, 햇빛의 차단이 필요한 경우에는 숯을 이용한 과수봉지가 잘 이용될 수 있으며, 단순한 병충해 방지효과 뿐만 아니라, 수확 후에도 계속 과수 봉지 내에서 과수의 선도를 유지시키는 효과를 보일 것으로 판단된다. Mulching 지에서는 차광효과가 매우 중요한데,³⁾ 숯을 이용한 mulching지는 이러한 점에서 매우 유용하다고 볼 수 있다. 더 나아가 병충해 방지와 토양개선효과까지 기대할 수 있는 장점이 있다.

숯을 종이에 효과적으로 이용하기 위해서는 종이에 숯을 첨가하는 방식들이 필요하다. 본 연구에서는 다양한 폴리머들을 이용하여 숯을 종이에 내침시킴으로써 많은 양의 숯을 종이에 포함시킬 수 있었으며 (약 80%까지), 다층지(multiply)를 제조함으로써 숯의 까만색을 보이지 않게 만들 수 있었다. 숯을 내침하는 경우 종이의 강도가 현저하게 떨어지게 되는데 강도가 특별히 필요한 경우에는 종이에 숯을 코팅시킴으로써 강도저하 문제를 해결할 수 있었다.

2. 재료 및 방법

2.1. 숯종이의 제조

가스흡착작용이 효과적이라고 판단되는 4 종류의 숯을 선별하였다. 즉 일반 숯 (흑탄)과 고온에서 제조된 굴참나무 숯 (백탄, 사용된 숯은 섭씨 1000 이상에서 조성됨),³⁻⁶⁾ 시중에서 구입한 활성탄과 충남대학교 화공과에서 개발한 탄소섬유 실험대상으로 하였다. 숯을 일반 종이에 전건 섬유대비 80% 까지 효과적으로 첨가하였으며, 이와 같은 높은 습부첨가율을 위한 숯

의 첨가 방식도 확립하였다. 종이에 숯을 첨가하는 방식은 다음의 세 가지 방식을 취하였으며, 내침의 경우 첨가량은 전건섬유 대비 30%, 50%, 80%를 첨가하였다. 경우에 따라서는 60% 첨가도 실시하였다. 세 종류의 숯 첨가방식을 사용하였는데 그것은 다음과 같다.

- (1) Wet end에 숯 첨가로 single ply 제조-숯과 섬유의 floc 제조
- (2) 숯을 첨가한 종이를 middle ply 에 위치시킨 다층지(multiply) 제조
- (3) 숯을 400 mesh screen 에 통과시킨 후 종이에 코팅하는 방식.

숯 생성시 숯의 모습은 나무덩어리 형태이므로 이들을 작은 가루로 만드는 일이 필요하다. 특히 코팅을 하기 위해서는 매우 작은 입자들로 숯을 분쇄하는 것이 필요하다. 내침의 경우 숯의 분말크기가 10 μm 이하인 경우 문제가 없지만 코팅의 경우 3μm 이하가 바람직하다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 기본적으로 모든 숯 분말은 100 mesh 스크린을 통과하였으며, 200 mesh 스크린 통과분을 내침에 사용하는 경우 문제점이 없었다. 400 mesh 스크린을 통해 걸러낸 분말은 코팅에도 큰 문제점이 없었다.

숯을 첨가한 종이는 다음의 세 가지 특성을 측정하였다.

- 숯을 첨가한 종이의 에틸렌가스 흡착정도를 측정하였으며 흡착능력이 매우 우수한 숯의 종류와 첨가 방식을 선별하였다.
- 숯을 첨가한 sheet의 전기 저항치를 측정하였으며 숯 첨가 농도에 따른 저항수치 변화도를 측정하였다.
- 숯 종이를 사용한 골판지제조나 기타 강도가 필요한 종이의 제조를 위해서는 강도적 성질의 측정이 필요하였다.

흑탄과 백탄, 활성탄은 모두 100 mesh를 통과한 것을 사용하였으며, 코팅을 위해서는 400 mesh 통과분을 사용하였다. 숯이 들어간 원지는 검은 색을 띠게된다. 검은색을 가리기 위해 얇은 섬유층을 더하여 Multiply 원지를 만들 수 있었다. 이들의 에틸렌가스 흡착 특성도 변이가 생길 것으로 판단되었다. 이들의 모습을 Fig. 1에서 보이고 있다.

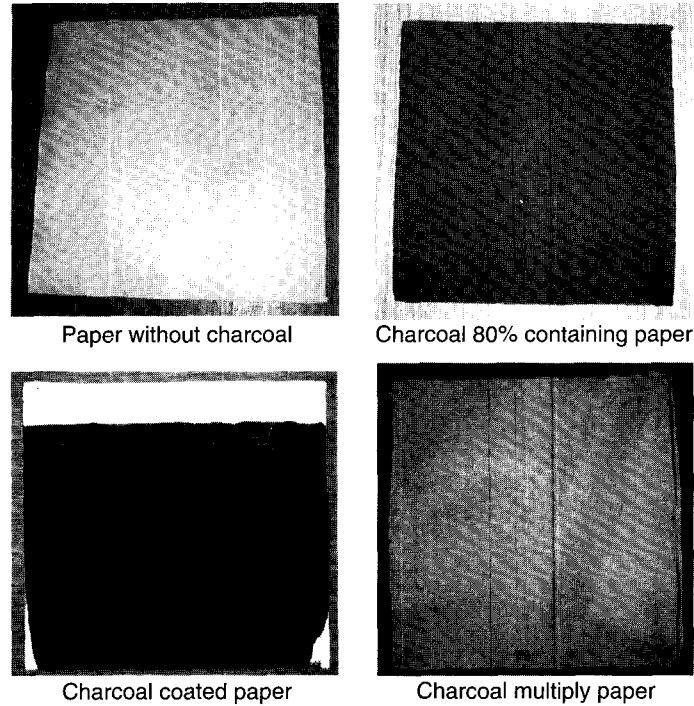


Fig. 1. Charcoal containing papers.

2.2. 에틸렌가스 흡착 실험

숯을 첨가하여 제작한 수초지, 에틸렌가스, 1000 ml 에틸렌가스 흡착용기(Fig. 2), 주사기, 에틸렌가스 농도 측정기(가스 크로마토 그래프 DC-14B)를 사용하였다.

각 조건별로 제작한 수초지 4g을 에틸렌흡착 용기에 넣고 밀봉한 다음, 주사기를 이용하여 에틸렌가스 약 10ppm을 주입한다. 일정시간 후에 주사기를 이용하여 용기 내 가스를 빼내어 농도를 측정한다. 에틸렌가스 주입 후 약간 흔들어 준 다음 가스를 빼내는데 이



Fig. 2. Sample bottle containing ethylene gas.

때 바로 빼내는 에틸렌가스의 ppm을 초기 주입된 가스의 ppm으로 간주한다. 시간별로 빼낸 가스의 농도를 가스 농도측정기에 넣고 농도를 측정한다.

3. 결과 및 고찰

에틸렌 가스 흡착실험에서 가스 흡착용기에 에틸렌 가스를 넣고, 숯을 첨가하지 않은 종이를 4g 넣은 것을 'control' 이라고 지칭하였다.

Fig. 3 이하는 이들을 각각 분석한 그래프들이다. Fig. 4에서 굴참나무숯의 경우 Fig. 3의 일반 숯보다 월등한 흡착효과를 보이고 있었다. Fig. 5에서 200 mesh 통과분은 Fig. 4의 100 mesh 통과 굴참나무숯보다 대체적으로 우수한 흡착효과를 보이고 있었다. 특히 Fig. 6에서 굴참나무숯 원지를 multiply 의 가운데 층(middle ply)에 넣고 제조한 경우 Fig. 4의 에틸렌가스의 흡착량과 변화가 크지 않았다. 이로써 숯을 사용한 원지를 middle ply로 사용하는 경우 에틸렌 흡착능력의 저하없이 그대로 사용할 수 있음을 밝혔다.

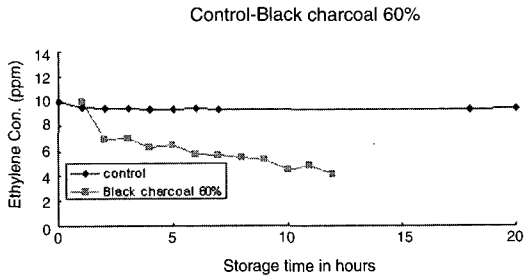


Fig. 3. Ethylene gas adsorption by black charcoal containing paper.

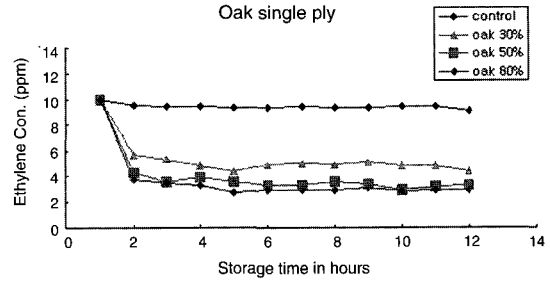


Fig. 4. Ethylene gas adsorption by hard charcoal (oak) containing paper.

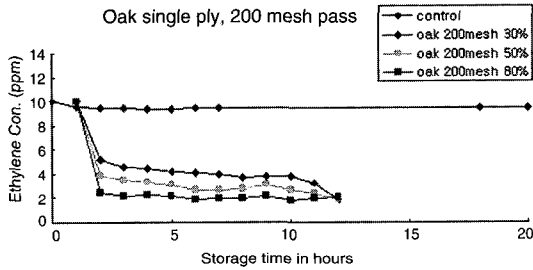


Fig. 5. Ethylene gas adsorption by hard charcoal (200 mesh pass, oak) containing paper.

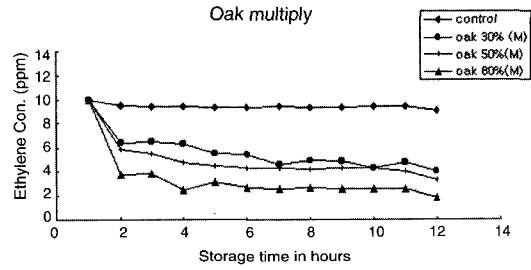


Fig. 6. Ethylene gas adsorption by hard charcoal containing multiply paper.

Fig. 7은 400 mesh 통과 참나무 숯을 표면에 코팅했을 경우를 보이고 있다. 이러한 경우 숯의 표면에 공극에 접착제로 사용되는 전분이 채워지므로 에틸렌 흡착능력이 현저히 떨어지게 됨을 예상할 수 있다. 따라서 에틸렌 흡착능력이 중요시되는 원지에 있어서는 숯의 코팅사용은 비효율적인 방식이 될 수도 있다. 또 코팅의 경우 숯의 첨가량이 제한되므로 에틸렌가스 절대 흡착량이 적어질 수 있다. Fig. 7은 이러한 두가지 원인으로 인해 매우 낮은 흡착량을 보이고 있다. 하지만 숯의 그램당 흡착량은 코팅에 사용된 숯이 월등히 높은 효율을 보였다(Fig. 8). 그것은 코팅에 사용된 숯이

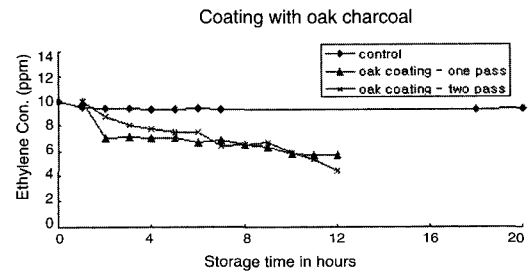


Fig. 7. Ethylene gas adsorption by hard charcoal coated paper. (one pass : coating one time; two pass : coating two times)

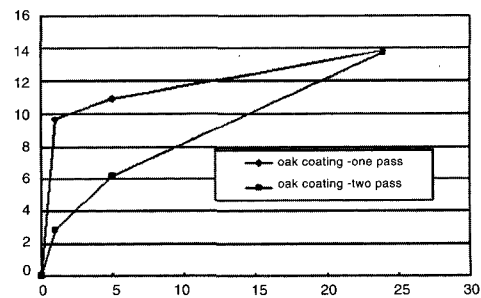
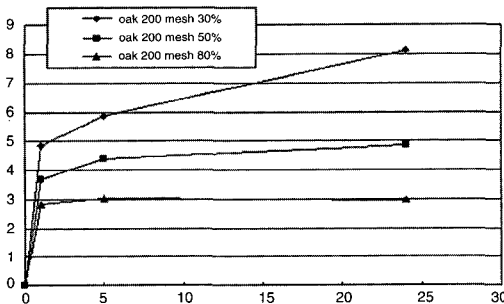


Fig. 8. Specific ethylene gas adsorption comparison between hard charcoal containing and coated paper (ppm/g, charcoal).

400 mesh 통과분이기 때문인 것과 접착제가 숲의 공극을 크게 메우지 않는 것으로 가정할 때 가능할 수 있다. 본 연구에서는 일단 전분 접착제들이 숲의 공극을 크게 메우지 않는 것으로 판단하였다.

굴참나무숯을 이용하는 방식에 따라 얼마나 흡착능력이 변화하는지 Fig. 9 에서 요약하여 보이고 있다. 200mesh 통과분을 첨가한 원지의 흡착량이 가장 높았고, multiply를 만들거나 그냥 원지를 사용하거나 흡착량의 변화는 차이가 없음을 보이고 있다. 단 숯을 코팅하여 사용하는 경우 에틸렌 흡착 절대량은 크지 않음을 보이고 있다.

Figs. 10와 11은 활성탄의 경우와 활성탄 원지를 multiply로 만든 경우를 보이고 있다. 역시 굴참나무숯의 경우와 마찬가지로 multiply 의 흡착방해효과가 없다고 판단되었다. 탄소섬유는 매우 우수한 전기흐름을 보이는 섬유이지만 에틸렌 흡착능력도 상당히 우수함을 Fig. 12 이 보이고 있다. 하지만 탄소섬유는 매우 비싸서 에틸렌가스 흡착용으로 사용하기에는 경제적인 점에서 적합하지 않다고 판단되며, 특별히 흡착능력이 높은 온도에서 조성된 굴참나무 숯보다 더 우수하다고 판단되지는 않는다.

4. 결론

본 실험에서는 네 가지의 숲의 종류 즉, 낮은 온도에서 조성된 흑탄(black charcoal), 높은 온도에서 조성된 굴참나무 숯(백탄, hard charcoal), 활성탄(activated carbon) 과 탄소섬유(activated carbon fiber)를 사용하여 세 가지 첨가방식 즉, 종이의 내부에 넣는 내첨방식, 종이의 표면에 접착제와 함께 바르는 코팅방식, 숲이 내첨된 종이의 양면을 얇은 종이를 붙이는 multiply 방식을 사용하여 숲이 포함된 종이를 제조하였다. 이들의 에틸렌 흡착능력을 조사한 바 다음과 같은 결론들을 얻었다.

- (1) 흑탄보다는 백탄이 에틸렌가스 흡착이 훨씬 더 우수하였다.
- (2) 숲 분말의 크기는 작을수록 에틸렌 흡착능력이 더 우수하였다.
- (3) Multiply를 만들어 숲이 내첨된 종이의 검은 색을 감추는 방식은 에틸렌가스 흡착에 뚜렷한 방해 작용을 하지 않았다.
- (4) 백탄의 400 mesh 통과분을 코팅에 사용한 경우, 그램당 에틸렌가스 흡착능력이 가장 우수하였다.

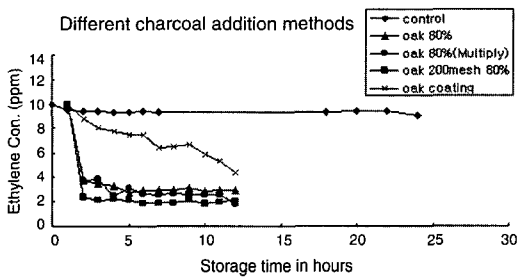


Fig. 9. Ethylene gas adsorption by hard charcoal containing papers.

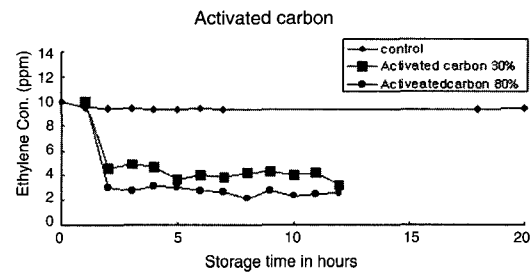


Fig. 10. Ethylene gas adsorption by activated carbon containing paper.

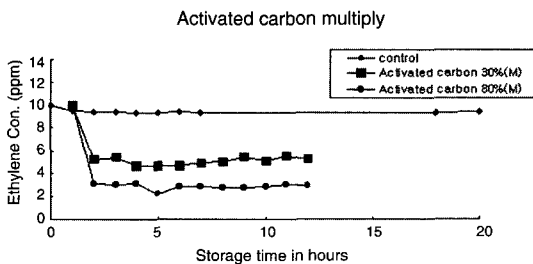


Fig. 11. Ethylene gas adsorption by activated carbon containing multiply paper.

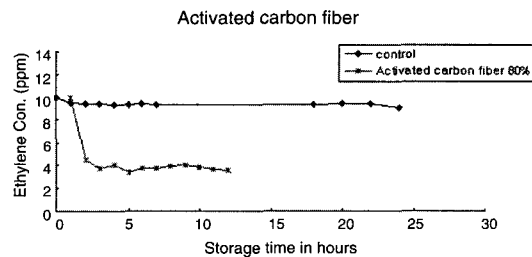


Fig. 12. Ethylene gas adsorption by activated carbon fiber containing paper.

(5) 본 실험에 사용된 백탄과 활성탄은 비슷한 에틸렌 흡착능력을 보였다.

본 실험에서 우리는 multiply를 이용한 깨끗한 에틸렌가스 흡착용 숯종이를 만들 수 있는 가능성을 보였으며, 코팅을 하여도 숯의 에틸렌 흡착효과는 크게 저하되지는 않으므로 숯 코팅을 널리 사용할 수 있는 가능성을 열어놓았다.

인용문헌

1. Abe, K. and Watada, A.E., Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables, *J. Food Sci.*, 56(6): 1589-1592 (1991).
2. Lee, H.L., Lee, J.H., Lee, B.W., Development of multi-functional mulch papers and evaluation of their performance (II), *J. of Korea TAPPI* 32(1): 57 (2000).
3. Park, S.B., and Kwon, S.D., New use of bamboo (I) - Manufacture of charcoal from bamboo, *Forest Science Technical Report* 56: 70-81 (1997).
4. Park, S.B., and Kwon, S.D., New use of bamboo (II) - Development of carbonizing furnace and carbonizing schedule for bamboo, *Forest Science Technical Report* 59: 17-24 (1998).
5. Blankehorn, P.R., Barnes, D.P., Kline, D.E., and Murphey, W.K., Porosity and pore size distribution of black cherry carbonized in an inert atmosphere, *Wood Science* 11(1):23-29 (1978).
6. Kim, C.H., Kim, S.C., and Chen, A., The development of high quality activated carbon manufacturing process using Chinese coal, *KIER Technical Report* (1996).