

숯을 활용한 포장재 개발에 관한 연구(제2보)

– 전기적, 물리적 성질 –

서영범[†] · 전양 · 이화형 · 정태영 · 이종석*

(2003년 3월 4일 접수; 2003년 5월 6일 채택)

Development of Charcoal Containing Paper for Packaging Grades(II)

– Electrical and Physical Properties –

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 electrical properties. Some practical applications of carbon materials for the purpose of limited electrical conduction were made in these days. In this paper, we applied the several different kinds of charcoal to the papers in three different ways to investigate if charcoal application method affects its electrical conduction capability. Wet end addition, making multiply, and coating method were tested. The area electrical resistivity of charcoal containing paper was measured. The strength properties of charcoal containing paper were compared to those of the control, which had no charcoal in it. Experimental results showed that manufacturing conditions of the charcoal itself changed its electrical and strength properties of charcoal containing paper. The electrical properties of charcoal containing paper can be used for the removal of electrostatic problem in packaging system. The strength property of the charcoal containing paper should be kept, at least, over the minimum requirement for the packaging system. By using coating method on paper or making multiply, strength loss of paper by inclusion of charcoal could be overcome.

Keywords: Charcoal containing paper, Black charcoal, Fine charcoal, Elcetric conduction, Moisture adsorption, Strength property, coating, Multiply

• 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., Daejeon, Yousung-Gu, Gung-Dong, Rep. of Korea)
* 충남대학교 농업생명과학대학 원예학과 (Dept. of Horticulture, Coll. of Agri., Chungnam Univ., Daejeon, 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 전기적 저항이 서로 다른 숯 포장지들을 제조하였으며, 숯의 크기와 종이에 적용방법, 첨가량에 따른 면 전기저항과 강도적 성질을 측정 비교하였다. 숯은 제조온도에 따라서 전기적 저항이 매우 다르다고 알려져 있다. 카본블랙에 열처리를 하는 경우 카본블랙의 전기저항이 열처리온도에 따라 크게 변한다고 알려져 있다.⁹⁾ 이러한 사실은 비교적 저온으로 정련시키는 흑탄 (약 섭씨 700도)과 고온으로 정련시키는 백탄 (약 섭씨 1,000도)의 전기적 성질에도 영향을 미친다.⁹⁾ Fig. 1은 열처리 온도에 따른 카본 블랙의 전기 저항치 변화를 보이고 있다.⁹⁾

따라서 약 섭씨 1400도까지의 열처리는 지속적으로 카본블랙의 전기저항이 저하하며, 전기전도도가 급격히 증가하는 양상을 나타내었다. 종이에 숯을 첨가하는 경우 먼저 숯을 구성하는 탄소구조체들이 최소한의 연결 상태를 유지해야만 전기저항이 줄어들 수 있으므로, 숯 첨가량의 최소단위가 있을 것으로 판단된다. 탄소구조체들이 서로 연결되지 않는다면 종이자체가 절연체이므로 전기저항이 급속히 증가될 것으로 판단된다.

또 숯을 종이에 이용하게 되면, 종이제품의 저렴한 가격과 대량생산을 염두에 두어야하므로 효과적이고 안정된 형태로 종이에 첨가하는 방식도 고려해야한다. 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 검은색을 보이지 않게 만들 수 있었다. 숯을 내침하는 경우, 종이의 강도가 현저하게 떨어지게 되는데, 강도가 특별히 필요한 경우에는 종이에 숯을 코팅시킴으로서 강도저하 문제를 해결할 수 있을 것으로 판단되었다. 본 실험에서 구체적인 수치를 제공하게 될 것이다. 숯은 목질섬유로부터 출발은 하였지만 친수성이라고 볼 수 없고, 목질섬유와 결합도 가지지 않는다. 즉 종이에서 광학적 성질과 인쇄적성향상을 위해 사용하는 충전제의 사용과 숯의 사용이 제지공정의 공정적인 점에서 크게 다르지 않다고 판단된다. 숯을 종이에 내침하게 되면 그 크기가 매우 작아야한다. 일반적으로 제지용 충전제들의 입경이 약 2~8 마이크로톤 정도라고 한다면, 숯도 그 정도 크기라야만 종이의 평활도를 크게 저하시키지 않으며 종이를 제조할 수 있다. 다른 한가지로서는 숯이 다공성 물질이므로 내부에 많은 공기를 포함하고 있어서 물 속에 쉽게 가라앉지 않는 성질이 있다. 이 부분도 적절한 공정적 처리에 의해 해결될 수 있으며, 본 실험에서는 큰 문제없이 종이에 균일한 내침을 실시하였다.

숯이 종이의 충전제와 마찬가지로 종이의 강도를 향상시키지 않는다 것도 분명한 사실이다. 그렇기 때문에 다층지(multiply)와 코팅을 시도하였다. 강도의 최소치가 정해져 있는 사용처에는 반드시 강도에 관한 보강방식을 고려해야 할 것이다.

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 전건섬유 대비 80%까지 효과적으로 첨가하였으며, 이와 같은 높은 습부첨가율을 위한 숯의 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

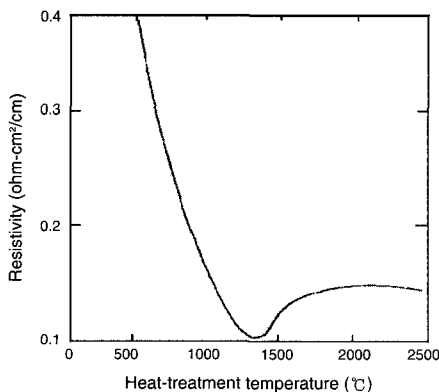


Fig. 1. Effect of heat-treatment on the electrical resistivity of carbon black.

숯 첨가방식을 사용하였는데 그것은 다음과 같다.

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

구체적인 숯종이 제조방식은 본 논문의 제 1보에 보고한 바와 같다⁷⁾.

2.2 전기적 성질-면 전기저항의 측정

전기 저항치는 Fig. 2 과 같은 방법으로 측정하였다.

흑탄 숯을 첨가한 종이는 숯을 첨가하지 않은 종이처럼 전류가 흐르지 않았으나 백탄 숯과 탄소섬유(activated carbon fiber)를 첨가한 종이는 전류가 통하였다. 본 실험에서는 길이 10cm 폭 1cm의 샘플들을 사용하였으며, 면저항을 측정하였다. 면저항의 측정방식은 다음과 같다.

$$\text{면적저항 } (\Omega/\text{cm}^2) = \text{측정 저항치}(\Omega)/\text{면적 (이 경우 } 10\text{cm}^2)$$

2.3 강도적 성질

본 실험에서는 TAPPI 조건하에서 조습처리하여, T807 om-99에 의거하여 각 샘플의 파열지수를 측정하였다.

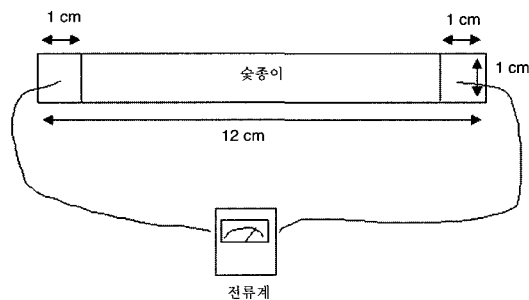


Fig. 2. Measurement of area electrical resistance (Ω/cm^2).

2.4 수분의 측정

숯을 첨가한 종지와 숯을 첨가하지 않은 원지의 주변 습도에 따른 수분 흡착의 정도를 실험하였다. 실험은 식물생장계(VS-91G09M-1300)를 사용하여 20°C 30%, 20°C 50%, 20°C 90% 3가지 조건에 숯 자체를 1일 (24hrs) 방치한 후 무게를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 전기적 성질-면 전기저항

면전기저항치를 측정된 결과를 Table 1에 보이고 있다. Table 1에서 보는 바와 같이 백탄은 80%의 숯이 첨가되는 경우 저항치가 측정될 수 있었으며, 50%까지는 전혀 일반 종지와 다를 바가 없었다. 특히 흑탄이나 활성탄의 경우 80%의 첨가에도 전혀 반응을 보이지 않았다. 이와 같이 숯을 내첨하는 경우는 전기저항치의 감소에 효과적이지 못함을 보였다. 백탄의 경우가 흑탄이나 활성탄보다 우수한 모습을 보인 것은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 상대적으로 좀 더 고온에서 생성된 때문인 것으로 판단된다.

Table 1. Area electrical resistance of charcoal-containing papers

Sample	Area electrical resistance
Control	∞
Black charcoal 60%	∞
Black charcoal 80%	∞
Fine charcoal 30%	∞
Fine charcoal 50%	∞
Fine charcoal 80%	3.3×10^6
Fine charcoal 200mesh 30%	∞
Fine charcoal 200mesh 50%	∞
Fine charcoal 200mesh 80%	6×10^5
Fine charcoal coating, 19g/m ²	7×10^4
Fine charcoal coating, 33g/m ²	12×10^4
Activated carbon 30%	∞
Activated carbon 50%	∞
Activated carbon 80%	∞
Activated carbon fiber	7×10^2

일반 백탄보다는 200 mesh를 통과한 작은 크기들의 백탄들이 더 효과적인 전기저항치의 감소를 나타내었다. 작은 크기의 백탄들은 더 많은 표면적을 가지게 되며, 숯 입자간의 접촉확률도 높아지게 되어 나타난 현상으로 판단된다.

백탄으로 코팅한 종이가 적은 양의 숯으로 고도의 전기저항치의 감소를 나타낼 수 있음을 Table 1은 보이고 있다. 따라서 효과적인 전기저항치의 감소를 위해서는 숯을 내침해서는 안되며, 종이 표면에 백탄 숯을 코팅하여 사용하는 것이 가장 효과적인 것으로 판단된다. 본 실험에 사용된 탄소섬유는 실제로 목재섬유처럼 길쭉하게 생겼으며, 적은 양으로도 상호간연결이 매우 쉬우며, 전기전도도가 높은 물질로 구성되어 있어서 상당한 전기저항치의 감소를 보이고 있었다.

Table 2. Burst strength of charcoal containing papers

Sample	Burst strength (kgf/cm ²)			Average	Burst index
Control, 0%	3.2	3.3	3.3	3.27	4.0
Fine charcoal 30%	1.4	1.4	1.4	1.4	1.76
Fine charcoal 50%	0.9	0.9	0.9	0.9	1.08
Fine charcoal 80%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fine charcoal 30% Multiply	3.5	3.4	3.5	3.47	2.45
Fine charcoal 50% Multiply	3.2	3.2	3.2	3.2	2.25
Fine charcoal 80% Multiply	2.5	2.4	2.6	2.5	1.76
Activated carbon 30%	1.1	1.1	1.0	1.03	1.27
Activated carbon 80%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Activated carbon 30% Multiply	3.1	3.2	3.3	3.2	2.25
Activated carbon 80% Multiply	1.9	1.9	1.9	1.9	1.37
Fine charcoal 200mesh 60%	0.3	0.4	0.5	0.4	0.49
Fine charcoal 200mesh 80%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fine charcoal coating 19g/m ²	4.5	4.9	4.8	4.73	4.61
Fine charcoal coating 33g/m	4.7	4.9	4.8	4.8	4.7

3.2 강도적 성질

라이너지의 KS 규격은 특급은 220g/cm² 이하 평량의 경우 파열지수가 3.3, A급은 3.0, C급은 각각 2.7 이상이 된다. 단 수분함량은 7.5±1.5% 일 경우다. 평량이 260g/cm² 을 넘는 원지들은 220g/cm² 의 파열지수보다 0.2 point 정도 낮다. 본 연구에 사용된 원지는 파열지수가 4.0으로서 특급라이너 원지에 속한다. 본 실험에 사용된 원지들의 파열지수를 Table 2와 Figs. 4~5까지 나타내었다.

Table 2와 Fig. 3에서 보면 숯을 내침하는 경우 종이의 강도가 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있다. 단 다층지(multiply)를 제조하는 경우 상당히 강도를 유지할 수 있음을 보였다. 다층지는 숯의 검은색을 가리울 뿐만 아니라 강도적 성질을 보전하며, 에틸렌 흡착능력에도 변화를 주지 않는 유용한 숯 첨가방식으로 판단된다.

Fig. 4에서는 숯 코팅을 한 경우와 숯을 처리하지 않은 라이너지와 파열지수를 비교한 것이다. 숯 코팅

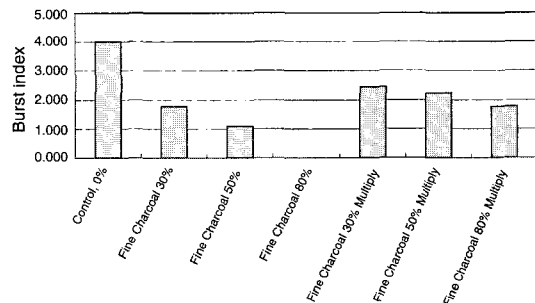


Fig. 3. Comparison of burst indices between single and multiply charcoal

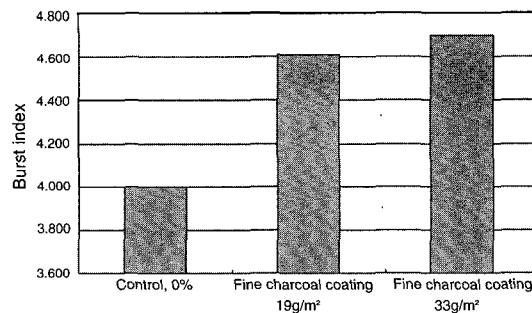


Fig. 4. Comparison of burst indices of control and charcoal coated papers.

의 경우 전분을 접착제로 사용하였기 때문에 control에 비해 강도가 올라가는 현상을 나타내었다. 즉 슛 코팅의 경우 에틸렌 흡착능력을 그대로 유지하며, 강도적 성질도 개선할 수 있는 유용한 방식임을 보였다.

스� 자체의 함유율을 표시한 Fig. 5에서 보면 상대 습도 40% 조건에서는 활성탄의 함유율이 백탄이나 흑탄보다 훨씬 높은 것을 알 수 있다. 활성탄은 백탄보다 에틸렌 흡착성질이 떨어지는 현상을 보였지만 수분 흡착능력이 백탄이나 흑탄에 비해 매우 높았다. 반면 흑탄은 에틸렌 흡착능력이 백탄에 비해 현저히 떨어지지만 수분 흡착능력이 매우 적은 편이었다. 백탄이나 흑탄 슛을 첨가한 종이의 경우 상대습도에 따른 함유율이 다른 일반 종이에 비해 낮으므로 골판지와 같이 함유율이 골판지의 강도를 결정하는 경우에 사용하기에 적합할 것으로 보인다. 즉 야채와 같은 농산물은 저장 시 고 습도를 유지해야하는데, 골판지는 습도에 취약하므로 백탄이나 흑탄과 같이 상대습도에 강한 물질을 사용함으로써 다소간 고 습도에 의한 강도저하를 최소화 할 수 있을 것이다. 물론 매우 효율적으로 에틸렌 흡착하는 기능을 백탄이 가지고 있으며, 흑탄은 훨씬 적은 편이다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 백탄이나 흑탄의 경우 슛이 들어가지 않은 라이너지와 같은 함유율을 보였는데 비해, 탄소 섬유와 활성탄은 매우 높은 함유율을 나타내었다. 또 Fig. 6에서 백탄, 흑탄, 활성탄의 상대 습도에 따른 슛 자체의 함유율 변화량

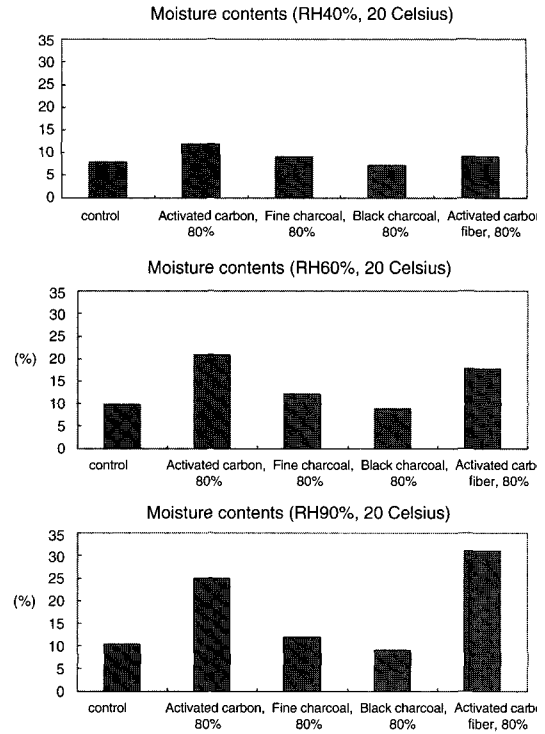


Fig. 6. Moisture content variation of charcoal containing papers at different relative humidity.

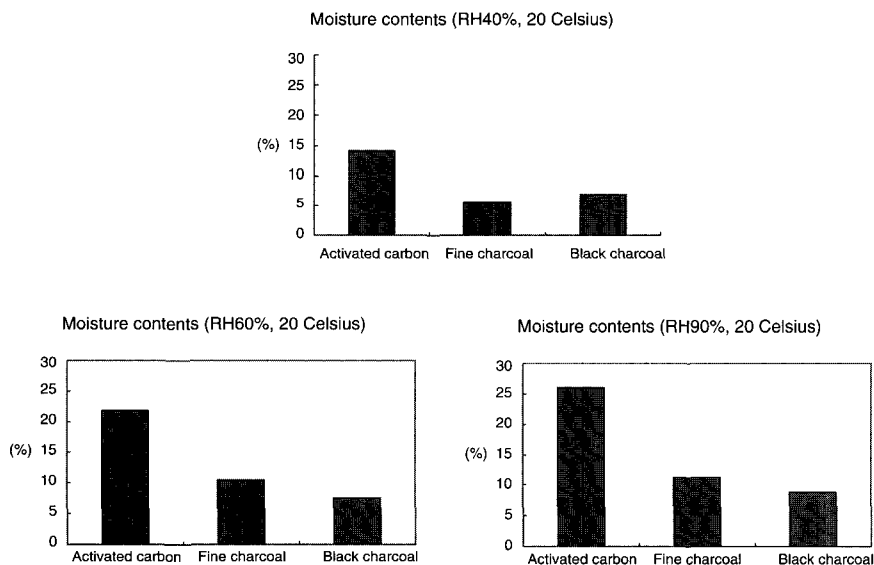


Fig. 5. Comparison of moisture absorption of different charcoals

이 숯 종이에서 그대로 반영되었음을 볼 수 있었다.

4. 결론

네 가지 서로 다른 숯과 세 가지 종이에 숯을 첨가하는 방식이 다른 숯종이들의 전기적 성질, 강도적 성질, 수분흡착능력을 서로 비교하였다. 그 결과 다음과 같은 결론들을 추출 할 수 있었다.

- 1) 숯종이의 전기저항을 낮추는 방법은 숯 첨가방식이 가장 중요하였다. 즉 종이 표면에 코팅하는 방식이 가장 우수하였다. 다른 방법으로는 탄소섬유처럼 섬유형태를 만들어 내침하는 방식을 들 수 있다.
- 2) 숯을 분말상태로 내침하는 경우 원지의 80% 이상의 첨가량이 필요하다고 판단되었다. 단 백탄의 경우 전기전도가 우수하여 다른 원료보다 적게 첨가하여도 같은 전기전도를 나타낼 것으로 판단되었다.
- 3) 파열강도의 경우 역시 숯 첨가방식이 가장 중요하였으며, 코팅이 가장 높은 강도를, 다음으로 다층지 제조, 마지막으로 내침이 가장 낮은 강도를 발현하였다.
- 4) 활성탄이나 탄소섬유는 같은 상대습도하에서도 높은 함수율을 내는 수분 흡착기능이 있었다. 반면에 흑탄과 백탄은 일반 섬유와 크게 다르지 않는 수분흡착기능을 가지고 있었다. 백탄은 높은 에틸렌 흡착기능과 함께 낮은 수분흡착기능을 보임으로서 농업용 골판지의 적용에 많은 가능성을 보였다.

인용문헌

1. Walker, P.L., in Ultrafine Particles, Kuhn, W., Edited, Wiley, New York: 297 (1963).
2. 신동소, 이화형, 임기표, 조남석, 조병목, 임산화학, 향문사: 354~373 (1983).
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).
7. Seo, Y.B., Jeon, Y., Lee, J.S., Lee, H.H, and Jung, T.Y., Development of charcoal containing paper for packaging grades-ethylene gas adsorption, J of KTAPPI, Accepted and to be published.