

# 폐지를 원료로 한 목탄시트의 에틸렌 가스 흡착 특성

원종명<sup>1)</sup> · 송제윤<sup>1)</sup> · 엄기증<sup>2)</sup>

강원대학교 제지공학과<sup>1)</sup>, 창강 제지 기술연구소<sup>2)</sup>

## 1. 서론

원예산물은 수확 후 저장력을 약화시키는 에틸렌 가스가 발생되는데, 이 가스는 수확 후 유통 또는 저장 중에 산물의 노화를 촉진시키고, 특히 고온기에는 호흡과 함께 발생량이 급속히 증가되어 상품성 상실에 많은 피해를 주어 경제적인 손실이 매우 많다.

에틸렌은 과실류의 추숙, 노화, 최색, 낙과는 물론 식물의 개화나 생장의 촉진 혹은 억제 등 폭넓게 생리활성을 나타내는 식물 호르몬이다. 원예 산물에 유해하게 작용하는 에틸렌 가스를 발생억제 혹은 흡착을 위하여 저온저장 및 MA 저장법을 개발하여 저장성을 향상 시키는 연구는 많이 진행되어 산지에서 이용되고 있다.

에틸렌 가스를 흡착시키기 위한 다른 방법은 활성탄이나 활성화 규소, 과망간산 칼륨(KMnO<sub>4</sub>)과 천연 제올라이트 등으로 직접 흡착시키는 방법이 있다. 이 중 참나무 숯을 이용하여 목탄지를 제조하여 에틸렌 가스를 흡착시키는 연구가 진행되고 있고 베이스 페이퍼를 폐지로 하여 폐지 재활용과 경제적 이점을 고려하여 실험을 착수하게 되었다.

숯은 일반적으로 1g당 내부 표면적이 200-300m<sup>2</sup> 정도로 흡착력이 매우 큰 다공성으로 알려져 있으며 흑탄보다는 백탄이 유해물질 흡착능력이 열배이상 뛰어나다고 일반적으로 알려져 있다. 또한 백탄은 비표면적이 매우 높아 흡착능력이 뛰어나며 동시에 원적외선 방출, 알칼리성, 풍부한 미네랄, 조습능력, 살균력, 탈취능력, 방부력, 전자파 차단 등 다양한 기능을 지님으로서 오랜 시간동안 숯이 활용되어 오고 있다.

이 번 실험은 OCC와 ONP를 베이스 페이퍼로 활용 했으며 최적의 초기 조건을 찾기

위해 다양한 조건을 주었으며 솥은 참솥의 흑탄과 백탄으로 실험하여 평량, 보류제별 최적의 에틸렌 가스 흡착력을 갖는 조건을 찾기 위해 실험하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

ONP와 OCC를 열수로 용해 후 사용

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 열수로 용해

수거한 ONP와 OCC의 hot melt, 왁스계 점착물질 등 이물질 제거하기 위해 두 번 열수로 용해 후 청수로 헹궈냄

#### 2.2.2 고해

실험실용 비터를 이용하여 ONP와 OCC를 CSF 360ml로 고해함

#### 2.2.3 목탄시트 제조

원형 수초지기를 이용해 양성PAM을 보류제로 하여 첨가량 0, 0.05, 0.1, 0.5, 2, 5%(펠프대비)를 첨가하여 평량 120, 170, 220g/m<sup>2</sup> 시트를 참나무 솥 흑탄, 백탄을 흡착제로 60-80, 80-100, 100-120mesh의 세가지 조건으로 첨가(펠프대비 100%)하여 제조함

#### 2.2.4 에틸렌 가스 흡착실험

Gas chromatography(model 680D, 영인과학)로 측정함. column은 60/80 carboxen-1000, 15'×1/8"SS(2.1mm)(SUPELCO Ins.). 밀폐된 용기내에 목탄시트를 넣고 밀봉한 다음 에틸렌 가스를 주입 후 일정시간 경과마다 가스 농도를 측정함.

## 3 결과 및 고찰

### 3.1 OCC와 ONP를 이용한 목탄지 제조 시 정착제(PAM)의 첨가량이 흑탄 보류에 미치는 영향 조사

OCC와 ONP 시트 제조 시 목탄의 보류를 조절하기 위한 수단으로 양이온성 PAM이 사용되었는데, 가장 적합한 조건을 찾기 위하여 목탄의 투입량을 일정하게 (펠프 중량

의 100%) 하고, PAM의 첨가량을 조절한 결과 표 1에서 보는 바와 같이 큰 차이를 나타내지 않았다. 또한 OCC와 ONP에서의 차이도 확인되지 않았으며, 평량의 증가에도 불구하고 흑탄의 보류율에는 큰 차이를 나타내지 않았다. 따라서 펄프 시트 제조 시 PAM을 첨가하는 것은 보류에 별 의미가 없음이 확인되었다.

표 1. PAM의 첨가량이 OCC와 ONP의 목탄지 제조 시 흑탄 보류에 미치는 영향

| Grammage<br>(g/m <sup>2</sup> ) | PAM<br>(%) | OCC   |        |         | ONP   |        |         |
|---------------------------------|------------|-------|--------|---------|-------|--------|---------|
|                                 |            | 60-80 | 80-100 | 100-120 | 60-80 | 80-100 | 100-120 |
| 120                             | 0          | 42.89 | 44.86  | 43.64   | 48.85 | 50.96  | 51.96   |
|                                 | 0.05       | 43.27 | 44.28  | 42.87   | 49.01 | 51.04  | 51.23   |
|                                 | 0.1        | 42.13 | 43.31  | 42.15   | 46.29 | 49.85  | 49.93   |
|                                 | 0.5        | 44.47 | 44.3   | 39.71   | 49.84 | 51.18  | 53.02   |
|                                 | 2          | 42.83 | 43.51  | 38.59   | 50.19 | 51.01  | 51.27   |
|                                 | 5          | 45.62 | 45.04  | 40.51   | 52.15 | 50.68  | 51.72   |
| 170                             | 0          | 52.37 | 51.59  | 50.69   | 51.37 | 51.39  | 51.67   |
|                                 | 0.05       | 52.76 | 52.01  | 51.71   | 50.86 | 50.97  | 51.21   |
|                                 | 0.1        | 53.05 | 52.25  | 51.49   | 49.7  | 52.78  | 52.3    |
|                                 | 0.5        | 52.39 | 52.19  | 50.98   | 46.15 | 52.13  | 52.5    |
|                                 | 2          | 51.43 | 52.68  | 51.34   | 53.42 | 51.99  | 51.23   |
|                                 | 5          | 51.09 | 50.05  | 50.21   | 49.6  | 49.63  | 51.32   |
| 220                             | 0          | 51.63 | 52.34  | 50.43   | 50.72 | 50.65  | 51.45   |
|                                 | 0.05       | 52.03 | 52.07  | 51.96   | 50.84 | 50.93  | 51.09   |
|                                 | 0.1        | 52.42 | 52.46  | 48.57   | 50.3  | 51.21  | 49.43   |
|                                 | 0.5        | 51.47 | 52.59  | 52.2    | 50.16 | 52.84  | 48.05   |
|                                 | 2          | 51.05 | 51.73  | 51.31   | 51.18 | 49.52  | 52.54   |
|                                 | 5          | 49.32 | 52.07  | 49.46   | 50.26 | 50.63  | 52.05   |

### 3.2 OCC에 백탄과 흑탄 분말을 첨가하여 제조한 시트의 에틸렌 가스 흡착 성능 비교

Figure 1에서 보는 바와 같이 목탄이 첨가되지 않은 OCC 펄프 시트의 경우 접촉시간 11시간에서 단지 3.4% 에틸렌 가스 흡착률을 나타낸 반면, 백탄의 에틸렌 가스 흡착 능력이 약 52-59%로 매우 높은 에틸렌 가스 흡착 능력을 나타내었으며, 흑탄의 경우에는 이보다 흡착 성능이 많이 떨어지기는 했지만 OCC 펄프 시트에 비하여 훨씬 높은 약 26-31%의 우수한 에틸렌 가스 흡착능력을 보여 주었다. 각 흑탄과 백탄에 있어서 모두 목탄의 입자 크기별 에틸렌 가스 흡착 능력은 예상한 바와 같이 입자의 크기가 작을수록 흡착능력이 우수한 결과를 나타내었다. 단지 입자의 크기가 작을수록 시트 제조 시 탈수 능력에 제한이 있기 때문에 이에 대한 방안의 강구가 필요하다

### 3.3 OCC 시트에서 흑탄의 입자 크기가 에틸렌 가스 흡착 성능에 미치는 영향

앞의 결과에서 흑탄의 흡착 성능이 백탄 보다는 떨어졌지만 시트 제조 방법 또는 조건에 따라서 또는 에틸렌 가스와의 접촉 농도에 따라서도 그 결과가 달라질 수 있기 때문에 흑탄의 입자 크기를 조절하여 OCC 펄프 시트를 제조하여 87.44 ppm의 에틸렌 가스 농도에서 흡착 성능을 시험한 결과 Figure 2.에서 보는 바와 같이 보다 우수한 흡착 결과를 얻을 수 있었다. 비록 시험 조건이 달라지기는 했지만 60-80 mesh의 경우 흡착 시간 약 15시간에서 약 35.11%, 80-100 mesh의 경우 37.59%, 100-120 mesh의 경우 41.64%로 입자 크기가 작아질수록 흡착 성능이 개선됨이 확인되었다.

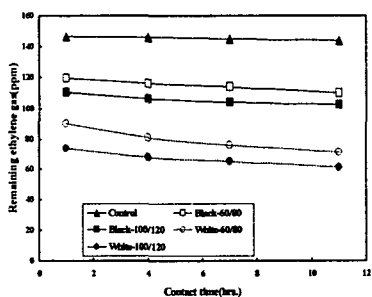


Figure 1. Effect of charcoal type and particle size on the ethylene gas adsorption of OCC charcoal paper (Injection concentration of ethylene gas: 148.81 ppm)

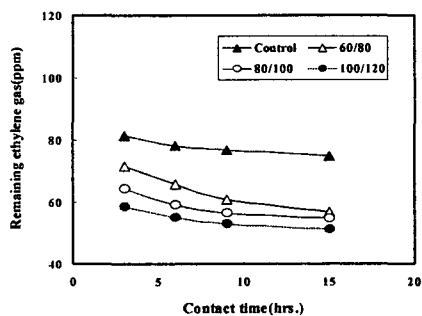


Figure 2. Effect of particle size on the ethylene gas adsorption of OCC charcoal paper (Injection concentration of ethylene gas: 87.44 ppm)

### 3.4 OCC 목탄지의 평량과 흑탄의 입자 크기가 에틸렌 가스 흡착 성능에 미치는 영향

Figure 3에서 보는 바와 같이 OCC만을 원료로 사용하며 제조한 원지의 경우에는 평량이 높아진다 할지라도 거의 에틸렌 가스의 흡착 성능이 개선되지 않았고, 전반적으로 그 흡착 성능이 거의 무시될 정도의 결과를 나타내었다. 하지만 흑탄을 첨가하여 제조한 목탄지의 경우에는 평량이 증가됨에 따라 에틸렌 가스 흡착 성능이 개선되는 경향을 나타내었으며, 흑탄의 입자가 작을수록 그 효과가 더 우수하였다.

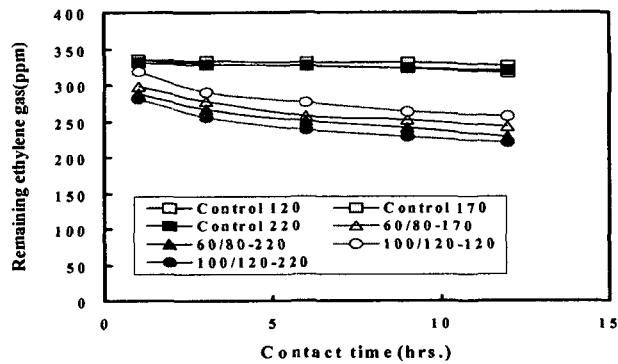


Figure 3. Effect of grammage and particle size on the ethylene gas adsorption of OCC charcoal paper(Injection concentration of ethylene gas : 337.33 ppm).

### 3.5 폐신문지(ONP)를 이용한 펄프 시트의 에틸렌 가스 흡착 성능 시험

표 1.에서 요약된 바와 같이 정착제인 PAM의 첨가량에 따른 흑탄의 보류율에서 큰 차이를 나타내지 않았기 때문에 PAM 0.1% 첨가하여 제조한 시트에 대한 에틸렌 가스 흡착 성능 시험을 실시하였으며, 아직 모든 평량에 대한 에틸렌 가스 흡착 실험이 완료되지 않았기 때문에 평량 220g/m<sup>2</sup>의 결과만 요약하였다.

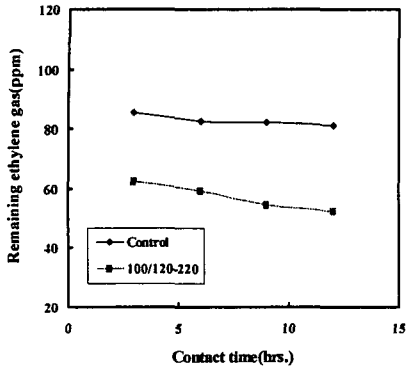


Figure 4. Ethylene gas adsorption of ONP charcoal paper (Injection concentration of ethylene gas : 87.44 ppm).

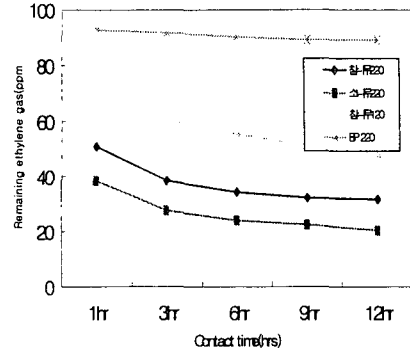


figure 4. Effect of grammage and charcoal type on the ethylene gas adsorption of OCC charcoal paper (Injection concentration of ethylene gas: 94.23 ppm)

### 3.6 OCC를 이용한 참나무와 소나무 백탄을 첨가한 목탄지의 에틸렌 가스 흡착 성능 시험

94.23ppm의 농도로 에틸렌 가스 주입시 소나무 백탄을 첨가한 시트(120-140mesh, 220g/m<sup>2</sup>)에서는 12시간 경과 후 78.35%의 흡착율을 보였고 참나무 시트(120-140mesh, 220g/m<sup>2</sup>)는 66.05%, 참나무 120g/m<sup>2</sup>의 시트의 경우 48.26%의 흡착율을 보였다. 백탄 sheet의 경우에는 평량에 따른 흡착 성능의 차이를 보였으며 소나무 시트가 참나무 시트보다 더 좋은 흡착성능을 보였다. 입자 크기가 120-140mesh를 사용하였기 때문에 탈수문제를 해결하는 방안이 필요하다.

## 4. 결론

PAM의 첨가량에 의한 숯의 보류율 변화는 아주 적었으며 OCC와 ONP의 흡착률의 변화도 찾기 힘들었다. 흑탄과 백탄의 흡착 능력은 차이가 컸으며 백탄이 흑탄보다 훨씬 우수한 것으로 나타났으며 입자 크기에 따른 흡착률은 입자 크기가 작을수록 유리하지만 100mesh 이상에서는 탈수에 대한 방안 강구되어야 한다. 참나무와 소나무의 흡착 비교에서는 소나무가 우수하게 나타났다