

# 숯을 이용한 저장고의 저장효과연구

하현태\* · 박윤문\*\*

(\*의성군농업기술센터 · \*\*안동대학교 자연과학대학 생명자원과학부)

## Evaluation of Charcoal Effects for Practical Storage Application

Ha, Hyun-Tae\* · Park, Youn-Moon\*\*

\*UiSeong-Gun Agricultural Technology & Extension Center

\*\*School of Bioresource Sciences, Andong National University

### 적 요

숯의 에틸렌 흡착능은 87g 숯을 사용한 정적인 상태에서는 48.6 $\mu$ l/24시간, 80g을 이용한 간헐적 유동시스템에서는 49.0 $\mu$ l/24시간으로써 그다지 크지는 않은 것으로 조사되었다. 숯 100g당 추정 최대 가스 흡착량은 에틸렌의 경우, 평형상태에 도달한 24시간후의 흡착량을 기준으로 볼 때 58.5 $\mu$ l로 추산되며 이산화탄소는 포화상태 도달시간이 상대적으로 늦어 72시간 후의 흡착량을 기준으로 계산하면 602mg 수준으로 추산되었다. 실제로 치상 시간을 연장할 경우에는 불규칙적이기는 하나 에틸렌의 증가현상이 나타남으로써 숯의 에틸렌 흡착은 빠른 시간안에 포화상태 혹은 평형상태에 도달한 후 그 이후에는 온도나 공기 유동 등 주변 환경에 따라 흡착과 탈착이 반복되는 것으로 추정되었다. 따라서 참숯을 과실이나 채소류의 저장 혹은 상품 포장 내에 치상하여 에틸렌을 흡착 제거하기 위해서는 해당 산물의 저장, 유통 환경에서의 에틸렌 발생량, 저장, 유통기간 등을 고려하여 숯의 양을 조절하고 일정 시간이 경과한 후에는 새로운 숯으로 바꾸어 주어야 할 것으로 조사되었다. 지속적인 유동 시스템을 이용한 숯의 가스 흡착능 조사 결과 에틸렌과 이산화탄소 모두 치상후 2~4시간 동안 급격한 흡착을 보인 후 흡착량이 감소하는 전형적인 로그곡선을 나타내었다. 한편 숯의 경우에는, 비교적 탈착이 용이할 것으로 사료되므로 에틸렌 흡착과정을 지난 숯은 적정 온도와 압력하에서 탈착시켜 재사용 할 수 있는 기술 개발이 필요할 것으로 보인다.

### I. 서론

숯은 자연생인 나무를 첨가제 없이 고온(600 $^{\circ}$ C 이상)에서 열분해 하여 남은 것으로 저공해 물질이며, 고형탄소가 80~90%이고, pH 8~9로 알칼리성이며, 특징은 나무의 세포벽 그대로 탄화되어 다공질이다. 숯 1g의 내부표면적은 200~400 $m^2$ (약 100평)이며 구멍이 큰 것은 사방으로 통하여 공기가 잘 유통되어

흡착성, 통기성, 보수성, 배수성, 보비성, 축열성이 좋고 음 이온을 가지고 있으며 주위 환경의 자장을 강하게 하는 성질을 가지고 있다고 알려져 있다.

이러한 특성으로 인해 숯은 연료 사용 외에도 토양 개량제, 조습제, 수질 정화제, 탈취제 등으로 널리 사용되고 있으며, 음이온과 흡착성 주위환경의 자장을 강하게 하는 성질을 이용하여 건강재료로 쓰이고 있다.

일반적으로 전자의 이탈을 산화라고 하며 분자에

전자가 많게 되면 음이온 상태가 되어 물질이나 생명체의 산화를 방지하게 된다. 그럼으로 주위에 숲을 많이 두면 주위 환경의 자장이 강하게 되고 음이온 상태가 되어 전자의 이탈이 방지되고 전자가 모이게 되어 물질의 부패가 억제되며 생명체의 건강에 플러스 작용을 한다.

우리의 선조들이 해인사의 팔만대장경 보존에 숲을 사용한 것도 이와 같은 원리를 이용한 것으로 생각되며 또한 장 담글 때 숲을 넣는 것은 숲의 흡착성을 이용 나쁜 물질을 제거하기 위한 것이며, 아기 출생시 '금줄'에 숲을 꿰는 것은 숲의 특성을 상징적으로 나타낸 것이라 볼 수 있다.

본실험은 이런 숲의 특성을 이용하여 농산물을 저장할 경우 저장효과가 있을 것으로 기대되어 숲의 가스 흡착능을 조사하여 농산물 저장의 기초자료로 활용코자 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

실험 시스템의 구성 저장고 내외 포장 상자내의 원예생산물에 대한 참숯 처리효과를 보기 위하여 10 l 밀폐형 유리병을 이용하여 정적인 시스템 (static state system)과 동적인 시스템 (flow system; dynamic state system)을 모의하여 실험에 적용하였다 (그림 1).

정적인 시스템은 유통중 공기의 유동이 없는 포장 상자 내 숲의 처리효과를 모의하였고 간헐적 유동시스템 (intermittent dynamic system)은 저온 저장고 일반 운영체제인 1일 평균 8시간 송풍기 작동을 전제로 하여 15분간 공기순환 펌프를 작동하고 30분간 정지하는 주기로 타이머를 부착하여 공기를 순환시켰다.

흡착시스템 내부의 최초 에틸렌과 이산화탄소 농도는 10.9ppm 에틸렌 표준가스와 11% 이산화탄소 혼합가스를 이용하여 5분간 유리병 내 공기를 치환시키는 방법으로 조성하였는데 에틸렌 농도는 평균 8ppm 이상, 이산화탄소 농도는 8% 이상으로 조성되었다. 유동적 흡착시스템에서의 공기 순환량은 2.5 l/min으로 10분 가동시 유리병 저장 chamber 내 공기

가 2.5회 정도 순환되는 양이었다. 흡착용 숯 사용량은 정적 시스템과 간헐적 유동 시스템에서는 80~90g, 지속적인 유동시스템에서는 60g의 숯 필터를 밀폐한 유리병 내부 혹은 외부에 장착하여 경시적인 흡착능의 변화를 조사하였다.

숯과 가스 흡착제 숯은 시중에서 판매하는 참나무 숯을 사용하였고 가스 흡착제는 현재 이산화탄소 및 에틸렌 흡착소재로 개발하고 있는 실험용 소재를 이용하여 숯의 흡착능과 비교하고자 하였다.

MA 저장 MA 저장은 현장에서의 적용시 완전 밀봉이 어려운 점을 고려하여 사과 과실 5개를 60 $\mu$ m 두께의 PE zipper bag(25 $\times$ 30cm)에 담고 100g의 참나무 숯 혹은 상용제작된 흡착제를 넣고 지퍼를 닫아 밀봉하는 것으로 대신하였다. 저장에 사용한 과실은 11월 초에 수확한 의성사과와 청송사과를 이용하여 지역과 과수원을 반복으로 하여 실험을 수행하였다.

가스 농도의 측정 에틸렌과 이산화탄소 농도는 gas chromatograph(Young Lin, model 600D, Seoul)로 측정하였다. 에틸렌은 Porapak Q column을 사용, injector 90 $^{\circ}$ C, oven 100 $^{\circ}$ C, detector 110 $^{\circ}$ C 조건에서 flame ionization detector로 측정하였고 이산화탄소는 Porapak Q column을 사용, injector 80 $^{\circ}$ C, oven 90 $^{\circ}$ C, detector 90 $^{\circ}$ C 조건에서 thermal conductivity detector로 측정하였다.

과실 특성 MA 저장 '후지' 사과의 과실 경도는 물성측정기(Texture analyzer, Model TA-XT2, Stable Micro Systems Ltd., UK)로 과실 적도부 양쪽을 측정 한 평균값을 취하였고, 당함량은 휴대용 굴절당도계(ATAGO N-1, Japan)로 측정하였다. 산함량은 반복 당 2개 과실의 과즙을 착즙하여 40ml를 취하여 0.1N NaOH로 적정한 후 사과산 함량으로 표현하였다. 한편, MA 저장시 나타나는 내부 갈변 증상은 반복없이 조사한 총 과실 중 장해가 발생한 과실의 비율로 표시하였다.

### III. 결과 및 고찰

에틸렌 가스에 대한 숯의 흡착량은, 87g 숯을 사용한 정적인 상태에서는 48.6 $\mu$ l/24시간, 80g을 이용한 간헐적 유동시스템에서는 49.0 $\mu$ l/24시간으로써 숯의 에틸렌 흡착능은 그다지 크지는 않은 것으로 조사되었다. 실제로 가동 시간을 연장할 경우에는 불규칙적이기는 하나 오히려 에틸렌의 증가현상이 나타남으로써 (data 미제시), 숯의 에틸렌 흡착은 빠른 시간 안에 포화상태 혹은 평형상태에 도달한 후 (표 1, 그림 2) 그 이후에는 온도나 공기 유동 등 주변 환경에 따라 흡착과 탈착이 반복되는 것으로 추정되었다. 따라서 참숯을 과실이나 채소류의 저장 혹은 상품 포장 내에 치상하여 에틸렌을 흡착, 제거하기 위해서는 해당 산물의 저장, 유통환경에서의 에틸렌 발생량, 저장, 유통기간 등을 고려하여 숯의 양을 조절하고 일정 시간이 경과한 후에는 새로운 숯으로 바꾸어 주어야 할 것으로 조사되었다.

지속적인 유동 시스템 (continuous flow system)을 이용한 숯의 가스 흡착능 조사 결과 (그림 2, 3), 에틸렌과 이산화탄소 모두 치상 후 2~4시간 동안 급격한 흡착을 보인 후 흡착량이 감소하는 전형적인 로

그곡선을 나타내었다.

숯 100g 당 추정 최대 가스 흡착량은 에틸렌의 경우, 평형상태에 도달한 24시간후의 흡착량을 기준으로 볼 때 58.5 $\mu$ l로 추산되며(표 1) 이산화탄소는 포화상태 도달시간이 상대적으로 늦어 72시간후의 흡착량을 기준으로 계산하면 602mg 수준으로 추산되었다(표 2).

MA 저장 실험 결과, 숯이나 실험용 가스흡착제 첨가가 사과와 품질에 미치는 효과는 없는 것으로 조사되었다(표 3). 그러나 숯과 흡착제 처리에서는 MA 밀봉저장 시 나타나는 것으로 보고된(김, 1995) 내부갈변 증상이 방지된 것으로 나타났다. 이러한 결과는 숯이나 흡착제 처리가 비록 유의성이 인정될 만큼 이산화탄소를 흡착하지는 않더라도 저장 초기에 이산화탄소 농도의 증가를 지연시킴으로써 위험수준에 도달하는 시기를 늦추거나 경우에 따라서는 MA 포장 내 이산화탄소 농도가 장해 유기농도 이상으로 올라가지 않도록 흡착역할을 하였기 때문인 것으로 풀이된다. 즉, 사과와 CA 저장 중 나타나는 내부 갈변장해가 자연 CA 저장에 의해 감소하는 현상(Elgar 등, 1998; Johnson 등, 1998)과 유사한 효과가 나타난 것으로 추정된다.

표 1. 10리터 모의저장 챔버내 치상한 참숯에 의한 에틸렌 흡착효과

흡착 시스템	에틸렌 농도(ppm)			평균흡착량 ( $\mu$ lC2H4/24hrs)	추정 최대흡착량 <sup>x</sup> ( $\mu$ l/100g chorcoal)
	0시간	12시간	24시간		
정적인 상태 <sup>z</sup>	8.56	4.77	3.70	48.6	58.5
간헐적 유동 <sup>y</sup>	8.25	4.73	3.35	49.0	

<sup>z</sup>정적인상태 : 참숯 87g을 사용.

<sup>y</sup>간헐적유동:참숯 80g사용, 진공순환펌프를 이용하여 1분당 2.5 l 의 공기를 15분 순환-30분 정지 주기로 밀폐유리병 내 공기 순환을 실행.

<sup>x</sup>24시간후 두 시스템의 평균 흡착량 기준.

표 2. 10리터 모의 저장챔버 내 치상한 참숯에 의한 이산화탄소 흡착효과

흡착 시스템 <sup>z</sup>	이산화탄소 농도(%)				평균흡착량 (mg CO2/24hrs)	추정 최대흡착량 <sup>y</sup> (mg/100g chorcoal)
	0시간	12시간	24시간	72시간		
정적	10.5	8.9	8.6	7.5	380	602

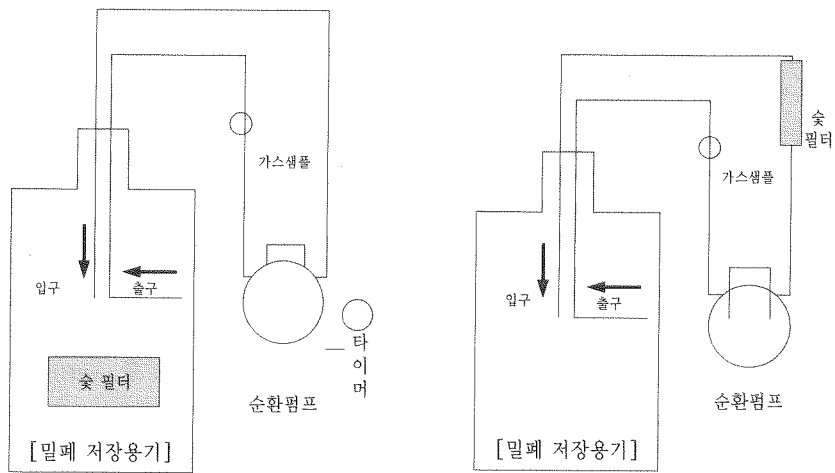
<sup>z</sup>참숯치상량: 103g.

<sup>y</sup>72시간후 평균 흡착량 기준.

표 3. 60 $\mu$ m PE 필름 봉지에 포장하여 0°C에서 175일 저장한 후의 '후지' 사과 품질과 내부갈변 발생을

가스 흡습제	과육 경도 (g/2mm $\phi$ )	당함량 (%)	산함량 (%)	내부갈변율(%)
사용안함	257.7 $\pm$ 8.2 <sup>2</sup>	14.2 $\pm$ 0.59	0.27 $\pm$ 0.02	26.7
숯	253.7 $\pm$ 13.3	14.0 $\pm$ 0.55	0.27 $\pm$ 0.04	6.7
Commercial product	258.7 $\pm$ 18.0	13.8 $\pm$ 0.64	0.26 $\pm$ 0.05	0.0

<sup>2</sup>Mean  $\pm$  SE.



A: 저장고내 흡착식 모의 유형

B: 저장고 외부 흡착식 모의 유형

그림 1. 가스 흡착능 실험을 위한 system 구성.

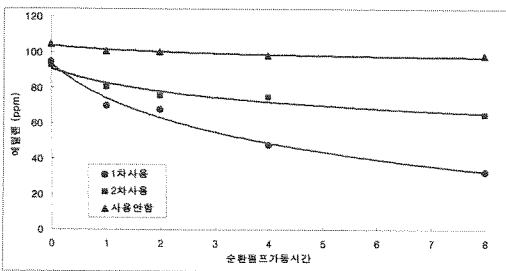


그림 2. 외부 배관을 이용한 지속적 유동 흡착 시스템에서의 시간 경과에 따른 에틸렌 흡착능의 변화.

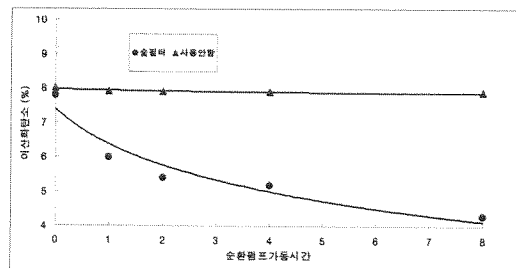


그림 3. 외부 배관을 이용한 지속적 유동 흡착 시스템에서의 시간 경과에 따른 이산화탄소 흡착능의 변화

#### IV. 결론

본 연구결과를 종합해 볼 때, 숯을 이용하여 이산화탄소 농도나 에틸렌 농도를 줄여 농산물 저장 및 유통시 저장력과 신선도를 높이기 위해서는 더 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다. 다만 골판지 상자 유통 시에는 포장용기가 밀봉된 상태가 아니므로 포장 내 축적 될 수 있는 에틸렌 농도도 상대적으로 낮을 것으로 판단되므로 어느 정도 에틸렌 농도를 저하시키는 효과는 기대된다. 또한 숯의 경우에는, 비교적 탈착이 용이할 것으로 사료되므로 이산화탄소나 에틸렌 흡착과정을 지난 숯은 적정 온도와 압력하에서 탈착시켜 재사용 할 수 있는 기술개발이 필요할 것으로 보인다.

#### 인용 문헌

1. 김종천, 손기철, 고재영(1995), 필름 종류와 LCA 조성제가 'Fuji' 사과의 단기 저장중 가스 조성 및 품질 에 미치는 영향, 한국원예학회지 36: 74-82
2. Elgar, H.J., D. M. Burmeister, and C.B. Watkins (1998), Storage and handling effects on a CO<sub>2</sub>-related internal browning disorder of 'Braeburn' apples, HortScience 33:719-722.
3. Johnson, D.S., C.J. Dover, and R.J. Colgan (1998), Effect of rate of establishment of CA conditions on the development of CO<sub>2</sub> injury in 'Bramley's Seedling' apples, Acta Hort. 464:351-356.

#### 참고 문헌

1. 김동원(1994), PE 필름을 이용한 사과 저장 실패, 원예저장 유통연구회지 3:62-64.
2. 노기안, 이병무, 이동창, 박무언(1995), 저장온도가 사과의 ethylene 발생에 미치는 영향, 농진청 농업논문집 37(2):696-702.
3. 박 윤문, 이 승구(1992), 'Fuji' 사과의 CA 저장중 저산소 장애 및 고이산화탄소 장애에 대한 감수성, 한국원예학회지 33: 38-43.

4. 이주백, 최중욱(1997), Fuji 사과의 CA 저장 중 저장조건이 과육갈변에 미치는 영향, 농산물 저장 유통학회지 4:227-235.
5. Hardenburg, R.E., A.E. Watada, and C.Y. Wang(1986), The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks, U.S. Dept. Agr. Handbook 66. p. 11.
6. Kweon, H.J., H.Y. Kim, O.H. Ryu, and Y.M. Park(1998), Effects of CA storage procedures and storage factors on the quality and the incidence of physiological disorders of 'Fuji' apples, J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:35-39.
7. Lau, O.L., Efficacy of diphenylamine, ultra-low oxygen, and ethylene scrubbing on scald control in 'Delicious' apples, J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 959-961.
8. Mattheis, J. P. (1995), Factors contributing to internal breakdown of 'Fuji' apples, Tree Fruit Postharvest Journal 6: 3-4.
9. Park, Y.M., H.J. Kweon, H.Y. Kim, and O.H. Ryu(1997), Preharvest factors affecting the incidence of physiological disorders during CA storage of 'Fuji' apples, J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38:725-729.