

## 수증기담 처리가 筒竹의 송풍오븐건조 특성에 미치는 영향\*1

이 남 호\*2† · 정 희 석\*3 · Kazuo Hayashi\*4 · Cheng-Yuan Li\*5 ·  
Xue-Feng Zhao\*2 · 황 의 도\*4

### Effect of Vapor-dam Treatment on the Air Circulating oven Drying Characteristics of Bamboo Tubes\*1

Nam-Ho Lee\*2† · Hee-Suk Jung\*3 · Kazuo Hayashi\*4 · Cheng-Yuan Li\*5 ·  
Xue-Feng Zhao\*2 · Ui-Do Hwang\*4

#### 요 약

본 연구는 통죽의 송풍오븐 건조중 수증기담 처리가 건조속도 및 할렬과 외주할 예방에 미치는 영향을 조사하였다. 생재에서 함수율 약 7~8%까지 건조되는데 소요되는 시간은 건조스케줄이 과격할수록 적었으며, 건조소요시간은 건조초기의 건조속도에 의해서 크게 좌우되는 것으로 나타났다. 건조중 횡단면적 수축율과 통피층의 두께수축율은 모두 비정상적인 정도로 매우 크게 나타났다. 무처리재의 경우 건조개시 직후 할렬과 외주할이 발생하였으며, 수증기담 처리재에서는 약 67% 정도의 건조수율을 기대할 수 있었다. 수증기담 처리재의 외주할은 건조조건 보다는 수증기담 처리에 의한 횡단면을 통과하는 수분의 증발 차폐정도와 밀접한 관련이 있는 것으로 평가되었다.

\* 1 접수 2006년 12월 6일, 채택 2006년 12월 26일

본 연구는 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 수행되었음(과제번호 KRF- 2003-042- F20007).

\* 2 전북대학교 농업생명과학대학 College of Agriculture & Life Sciences, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea

\* 3 서울대학교 농업생명과학대학 College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

\* 4 일본 에히메대학 농학부 School of Agriculture, Ehime University, Matsuyama 790-8566, Japan

\* 5 중국 북화대학교 목재과학공정과 Department of Wood Science & Engineering, Beihua University, Jilin 132-013, China

† 주저자(corresponding author) : 이남호(e-mail: enamho@chonbuk.ac.kr)

## ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effect of Vapor-dam treatment on drying rates, prevention of checks and V-shaped split during air circulating oven drying bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel. et Z) tube. It was shown that the drying time from green to around 7~8 % of moisture content was required less as drying schedule was more severe, and distinctly dominated by the drying rate during the initial drying stage. Area shrinkages in cross section and thickness shrinkages measured during air circulating oven drying test were very large. Surface checks and V-shaped splits were occurred in untreated samples just after the beginning of drying, while sixty seven percentages of all the Vapor-dam treated samples could be produced without drying defects. The V-shaped splits occurred in the Vapor-dam treated samples were influenced more by the sealing of the vapor evaporation through the cross section than drying schedule.

**Keywords:** bamboo tube, Vapor-dam treatment, drying time, check, V-shaped split, shrinkage

## 1. 서 론

양질의 목재자원 고갈과 가격 급등으로 대나무 자원과 같은 대체 목질계 자원 개발에 대한 관심이 날로 높아지고 있다. 그러나 筒竹의 경우 건조중 재면할렬이 마구리면에까지 연결하여 터지는 이른바 외주할(V-shaped split) 등이 거의 필연적으로 발생하는 경향이 있어 대나무 자원의 용도 제약과 함께 효율적 이용의 장애가 되고 있다. 특히 대금, 단소 등 우리나라 고유의 전통 악기류들은 모두 筒竹의 형태로 이용할 수밖에 없음에도 불구하고, 외주할 등의 발생으로 원가 상승과 함께 품질이 저하되는 문제가 있다.

이 등(2006)은 수증기담 처리는 오통나무 장고용 초갈이재의 송풍오븐건조중 재면할렬 예방에 효과적임을 보고한 바 있다. ZHAO(2006)는 수증기담(Vapor-dam) 처리에 의해서 원통형 원주목 筒의 내피측과 외피측 간에 상당한 크기의 증기압 차를 건조 종료시까지 유지하는 것이 가능하기 때문에 목재 내부수분의 유동속도가 촉진되고, 이로 말미암아 표층과 내층간에 수분경사가 완만하게 형성될 수 있다고 밝힌 바 있다.

이에 본 연구에서는 수증기 담 처리한 분죽을 몇 가지 건조스케줄로 송풍오븐 건조하면서 건조소요 시간과 건조속도, 건조수축을 및 할렬과 외주할의 발생정도 등을 비교·검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시 재료

분죽을 공시 죽종으로 선정하여, 무처리 시험용(C)과 수증기담 처리용(V)으로 구분한 다음, 무처리재는 완만건조스케줄(M)로, 그리고 수증기담 처리용은 다시 적용할 건조조건에 따라 완만건조스케줄용(V-M), 중간건조스케줄용(V-Me), 그리고 과격건조스케줄용(V-S)으로 구분하였다. 각 처리별 시험용 통죽의 형상과 수량은 Table 1과 같다. 시험용 통죽의 총길이는 41.3~60.6 cm, 평균외경은 69.5~92.8 mm, 節(Node)은 2~4 개로서 평균 절간길이는 32.0~40.9 cm이었으며, 생재함수율은 125~132.1 % 범위이었다.

Table 1. Dimension and initial moisture content of bamboo tubes for air circulating oven drying

Treatment	Code of drying schedule	Sample dimension				The number of node (piece)	Average length between 2 nodes (cm)	Initial moisture content (%)	Number of samples (piece)
		Gross length (cm)	Average diameter (mm)	Thickness of cylindrical bamboo (mm)					
Control (C)	M	413	928	7.72	2	354	1321	1	
Vapor-dam (V)	M	57.6	85.7	8.50	2~4	320	131.6	3	
	Me	57.6	69.5	6.89	2~3	348	127.8	3	
	S	60.6	76.1	5.65	2	40.9	125.0	3	



Fig. 1. Control bamboo tube (above) and Vapor-dam treated bamboo tube (below).

## 2.2. 시험방법

### 2.2.1. 수증기막 처리

시험용 筒竹의 양 마구리면을 두께 0.5 mm의 식품포장용 polyethylene vinyl랩 2매로 차폐한 뒤 비닐의 끝을 부재의 접선단면상에서 內熱형 고무밴드로 결체하여 내피면에서 증발하여 筒 내부공간으로 유입되는 수증기가 외부로 유출되지 않도록 기밀처리하였다(Fig. 1).

### 2.2.2. 송풍오븐건조시험

통죽의 열기건조시험은 내부크기가 가로 60 × 세로 50 × 높이 50 cm 로서, ± 1°C까지 조절이 가능하

고, 풍속 1.5 m/s를 유지하는 송풍오븐에서 실시하였으며, 송풍오븐에는 각 처리별 시험편을 동일로드에 층적하여 건조하였다. 건조시험중 건조조건은 송풍오븐내 공기의 온도를 Table 2와 같은 조건으로 컨트롤하였다. 건조중 약 24시간 마다 송풍오븐의 작동을 중지하고 시험편의 건조중 무게를 평량하여 건조중함수율과 건조속도를 산출하였다.

### 2.2.3. 건조수축율과 건조결함 조사

건조중 무게를 평량할 때마다 각 시험편의 외피면과 양 마구리면에 발생한 활렬 또는 외주할의 발생 정도를 육안으로 조사하였으며, 건조 전후에 筒皮의 두께를 버니어캘리퍼스로, 그리고 양 마구리면의 모

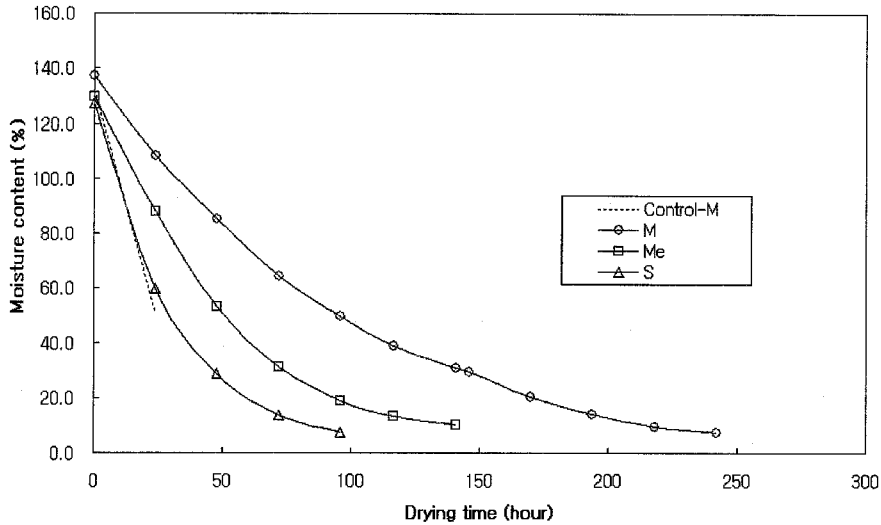


Fig. 2. Moisture contents of sound bamboo tubes as a function of drying times during air circulating oven drying.

형을 종이에 본 뜬 후 葉면적측정기를 활용하여 마 구리면의 면적을 측정 후 건조중 발생한 두께수축 율과 횡단면적 수축율을 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 건조중함수율과 건조속도

열기건조시험중 활렬이나 외주할이 발생하기 직 전 통측시험편의 건조시간 경과별 함수율과 건조속

도 곡선을 각각 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다.

생재에서 함수율을 약 7~8%까지 건조되는데 소요 되는 시간은 M스케줄의 경우 약 250시간, Me스케 줄은 약 140시간, 그리고 S스케줄의 경우 약 100시 간이 소요되어, S스케줄은 M스케줄보다 150여 시간 의 건조시간 단축효과가 있었다. 이와 같은 건조소 요시간의 단축은 건조초기의 건조속도에 의해서 크 게 좌우되는 것으로 나타났는데, 건조온도가 높을수 록 포화수증기압이 지속적으로 증가하여 증발계수 가 커지기 때문인 것으로 밝혀진 바 있다(정희석 등, 2005).

Table 2. Drying schedules for air circulating oven drying

Treatment	Code of drying schedule	Drying conditions (°C)					
		0~24 hour	24~48 hour	48~72 hour	72~96 hour	96~116.5 hour	116.5~ final
C	M	75	Finished when V-shaped split was occurred				
	Me	75	80	85	95	95	100
V	Me	80	85	90	95	95	95
	S	90	95	100	100	100	100

수증기압 처리가 筒竹의 송풍오븐건조 특성에 미치는 영향

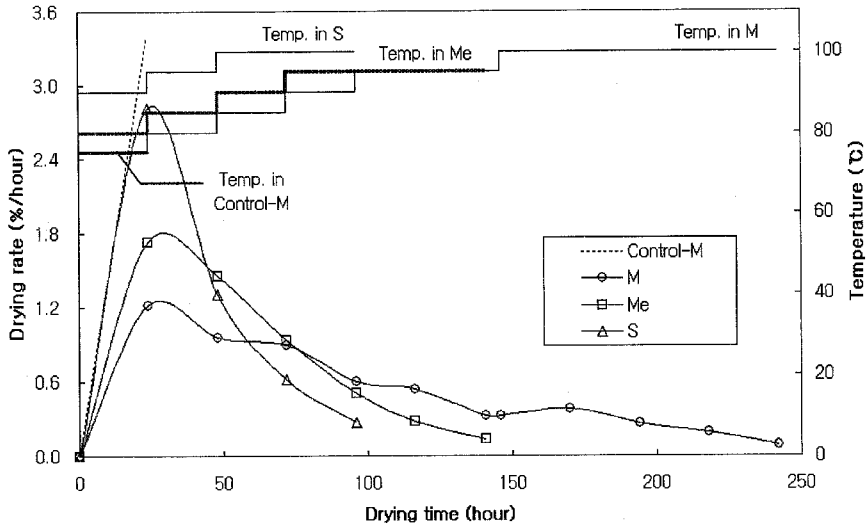


Fig. 3. Drying rates of sound bamboo tubes as a function of drying times during air circulating oven drying.

건조초기의 건조속도는 S스케줄의 경우 약 2.8%/시간으로 M스케줄이나 Me스케줄의 경우보다 훨씬 빠른 건조속도를 나타내었다.

한편 무처리재의 건조개시 직후 외주할이 발생하므로써 내피면을 통한 수분증발의 차폐가 불가능하여 건조중 함수율의 조사를 중지하였다.

### 3.2. 건조수축율

통죽의 송풍오븐건조시험중 횡단면적 수축율과

통피층의 두께 수축율을 Table 3에 나타내었다.

횡단면적수축율은 무려 42.6~49.7%이었고, 통피층의 두께수축율도 26.08~30.25%로서 비정상적인 수축을 나타내었다. 이것은 건조초기에 75°C 이상의 고온을 적용하므로써 찌그러짐이 심하게 발생하였기 때문일 것으로 판단되며, 대금용 통죽이라면 보다 저온으로 건조하여 찌그러짐의 발생을 줄여 음향성에 손실이 없도록 조치할 필요가 있을 것으로 판단된다.

Table 3. Shrinkage and the occurrence of checks and V-shaped splits during air circulating oven drying

Treatment	Code of drying schedule	Shrinkage (%)*		Checks Percentages of defected samples (%)	V-shaped split Percentages of defected samples (%)
		Area of cross section	Thickness		
C	M	-	-	100	100
	M	42.6	30.3	0	67
	V	Me	49.7	26.1	0
	S	46.6	26.9	0	33

\* : shrinkage of the samples without defects

### 3.3. 할렬과 외주할의 발생

통죽의 송풍오븐 건조시험중 할렬과 외주할의 발생정도를 Table 3에 나타내었다.

무처리재의 경우 건조개시 직후 할렬과 외주할이 발생하였으며, 수증기담 처리재의 Me스케줄과 S스케줄에서는 67% 정도의 건조수율을 기대할 수 있었다. 수증기담 처리재의 경우 엄청난 횡단면 수축과 두께 수축에도 불구하고 외주할 예방에 상당한 효과를 발휘할 수 있었던 것은 筒皮의 内皮面에서 증발된 모든 수증기를 통 내부공간에 미리 備蓄해둠으로서 수분증발이 매우 미미한 건조말기까지도 상당한 크기의 수증기압 경사를 유지하는 것이 가능하고, 큰 증기압 경사에 의해 내피층의 수분이 매우 빠른 속도로 외피층으로 밀려나기 때문에 외피층에 인장응력이 형성되는 것을 예방할 수 있음과 동시에 내피층에서 인장응력이 발생할 찰나에는 미리 비축해둔 수증기가 민활하게 공급되므로써 내피층에서의 할렬 발생 또한 효과적으로 억제할 수 있었을 것으로 해석된다.

반면에 오히려 건조조건이 더 완만한 M스케줄에서는 불과 33%의 건조수율을 얻을 수 밖에 없었는데, 이는 횡단면을 통한 수분증발의 차폐처리가 완벽하지 못하였던 것에 기인한 것으로 생각된다. 통죽의 경우 통죽의 직경이 너무 작고, 통피층의 두께도 5~8 mm 밖에 되지 않아 클램프를 활용한 차폐처리 방식(이남호 등, 2006) 또한 작업성이 좋지 못할 뿐 아니라 기밀보장도 완벽하지 못한 문제가 있을 것으로 판단된다. 따라서 수분증발 차폐가 보다 완벽하게 이루어질 수 있는 새로운 수증기담 처리법을 개발할 필요가 있는 것으로 생각된다.

## 4. 결 론

통죽의 송풍오븐 건조중 수증기담 처리가 건조속도 및 할렬과 외주할 예방에 미치는 영향을 조사한 결과는 아래와 같다..

생재에서 함수율 약 7~8%까지 건조되는데 소요되는 시간은 건조스케줄이 과격할수록 적었으며, 건조소요시간은 건조초기의 건조속도에 의해서 크게 좌우되는 것으로 나타났다.

건조중 횡단면적 수축율과 통피층의 두께수축율은 모두 비정상적일 정도로 매우 크게 나타났다.

무처리재의 경우 건조개시 직후 할렬과 외주할이 발생하였으며, 수증기담 처리재에서는 약 67% 정도의 건조수율을 기대할 수 있었다. 수증기담 처리재의 외주할은 건조조건 보다는 수증기담 처리에 의한 횡단면을 통과하는 수분의 증발 차폐정도와 밀접한 관련이 있는 것으로 평가되었다.

## 참 고 문 헌

1. 이남호. 2004. 통대나무(筒竹)의 쪼개짐 방지를 위한 건조방법. 특허청. 등록번호 0457232호.
2. 이남호 등. 2006. 수증기담처리 및 엔드코팅처리가 장교용 초갈이재의 송풍오븐건조 특성에 미치는 영향. 목재공학; in process.
3. 정희석 등. 2005. 최신 목재건조학. 서울대학교 출판부. pp 332.
4. Zhao Xue-Feng. 2006. 원통형 원주목의 건조메커니즘 구명. 전북대학교 석사학위논문. pp 39-45.