

# 자동화 홍삼제조용 회전식 건조기 개발

## Development of a Circular-Type Dryer for Automatized Red Ginseng Manufacturing

방승훈\*      장동일\*      강호양\*\*      송영호\*      한원석\*  
정회원      정회원                      정회원      정회원  
S. H. Bahng    D. I. Chang    H. Y. Kang    Y. H. Song    W. S. Han

### 1. 서 론

수삼은 8~11월에 채굴되어 단기간에 가공 처리되어야 하므로 원료처리량의 과다로 인한 제조공정상의 문제점을 수반하고 있다. 또한 홍삼의 경우 제조공정시의 처리 조건 등이 복잡하여 우량홍삼을 제조하는데는 상당한 고난도의 공정이 요구되고 있다. 아울러 인삼은 모든 농작물 중에서 가장 고가의 작물이며 제조후의 홍삼에서도 균열, 체형, 내공, 내백 등 복잡한 품질인자에 의하여 가격이 10배 이상 차이가 있기 때문에 과학적인 공정분석에 의한 자동화 시스템의 개발이 요구되고 있다.

96년 6월까지 홍삼사업은 국가 전매사업으로 운영되어 오다가 1996년 7월부터는 민간업체에서도 홍삼제조가 가능하도록 법규정이 개정된바 있다.

이러한 현실 속에서 실제 홍삼제조의 과정에서 최고급홍삼의 제조가 기술적인 문제로 인하여 어려운 현실이다. 이는 수삼을 홍삼으로 가공하는 과정 중에 일어나는 물리적 변화의 메카니즘이 확실하게 규명되지 않았기 때문이다. 이에 본 연구에서는 최고급 홍삼의 제조공정 자동화에 적합한 홍삼제조용 회전식 건조기를 제작하고 이의 성능을 평가하는데 목적이 있다.

### 2. 재료 및 방법

본 연구에서 개발된 건조기는 홍삼의 제조 특성에 따라 온도뿐만 아니라 습도조절이 가능하게 하여 우량홍삼 수율에 영향을 미치는 내공 및 내백의 발생요건을 감소하도록 설계하였다.

#### 가. 건조기의 설계 조건

##### 1) 채반 회전장치 설계

증자된 원료삼의 균일한 건조를 도모하기 위하여 채반이 건조 챔버(chamber)내에서 0~

---

\* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

\*\* 충남대학교 농과대학 임산공학과

10rpm으로 회전되도록 설계하였다. 이를 위하여 챔버의 위쪽에 회전속도의 조절이 가능한 모터를 장착하여 이를 체인으로 건조 채반과 연결하였다. 건조채반은 총8개로써 1채반 당 6년근 재료수삼 4지씩 작업이 가능하도록 설계하였고 크기는 6년근 1등급 수삼의 크기를 고려하여 300×500mm로 설계하였다. 또한 장 등(2000)의 연구에서 채반으로 설계된 Teflon 코팅처리 채반의 경우 열흡수가 재료수삼과 상이하여 과건조가 일어나는 현상을 보여 재료수삼과 성질이 유사한 대나무를 재료로 사용하여 채반을 설계하였다.

#### 2) 건조 챔버의 설계

건조기의 작업용량은 1회 30지가 되도록 설계하였다. 이를 위한 건조 챔버의 크기는 6년근 1등급 수삼의 크기를 고려하여 700×700×1500mm 로 결정하였고 건조과정중의 수삼의 상태변화를 알기 위하여 건조 챔버 전면부에 유리를 설치하여 육안 관찰 및 영상처리장치에 의한 모니터링이 가능하도록 하였다.

건조 챔버 내로의 공기유입은 음압식으로 이루어지도록 설계되었고, 균일한 공기유입을 위하여 공기 유입구로부터 챔버까지 가이드를 설치하여 공기유입이 균일하게 이루어지도록 설계하였다. 또한 공기 유입구와 챔버사이에 다공판을 설치하여 유입공기의 속도를 줄이고 공기의 유입이 균등하도록 설계하였다.

#### 3) 전기보일러 설계

건조과정중 습도 조절을 위한 수분공급은 전기보일러를 솔레노이드 밸브와 함께 사용하였다.

보일러의 용량은 건조과정중의 원활한 습도 조절을 고려하여 20l 로 설계하였다.

최대 981kPa 까지 압력 발생이 가능하도록 하였으며, 온도의 계측 및 제어가 가능하도록 설계하였다. 한편 열원은 10kW 전열히터를 사용하여 물의 온도를 상승시키도록 하였고, 솔레노이드 밸브를 통한 증기배출구의 on/off 기능이 있도록 하여 컴퓨터와의 연결을 통해 제어가 가능하도록 설계하였다.

한편 보일러로의 수분공급 및 보일러의 압력조절은 자동으로 이루어지도록 수량계와 압력 밸브를 장착하였다.

#### 4) 기타 장치의 설계

건조챔버 내를 통과하는 열풍은 원심팬(centrifugal fan)에 의하여 송풍되도록 설계하였으며, 송풍방식은 음압식을 사용하였다. 또한 챔버 내에서의 건조 풍속은 2m/s가 유지되도록 설계하였다.

건조열풍에 필요한 열원으로 전열히터를 사용하였다. 전기히터의 용량은 10kWh 로 설계되었고 보다 정밀한 온도 제어를 위하여 4kWh, 6kWh 용량의 두 대의 전열히터를 함께 설치하였다.

한편 송풍관은 챔버 내에 필요한 송풍량을 계산하여  $\varnothing$ 500mm 알루미늄 파이프를 사용하

였고 단열처리를 하였다. 또한 제습을 위한 fan을 송풍관 상부에 설치하였다.

건조공정의 정밀한 제어를 위하여 건조챔버내 공기 유입구와 유출구에 온도센서, 습도센서를 설치한 후 이를 컴퓨터와 연결하여 각각의 출력값을 통해 정밀한 습공기의 최적 제어가 이루어지도록 알고리즘을 개발하였다.

#### 나. 증삼 및 건조 제어용 프로그램 개발

보다 정밀한 건조제어를 위하여 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 LabWindows / CVI 언어(National Instrument Co.)로 작성되었다.

개발된 프로그램을 통하여 보일러와 전열기는 설정된 온·습도가 유지되며 자동으로 작동되어지도록 하였다. 또한 온도와 습도의 변화를 확인하기 쉽도록 그래프로 표현하였다.

온도 측정은 Thermocouple 2개를 건조기에 설치하여 계측하였고 습도는 Thermocouple 2개에 습구온도 측정장치를 설치하여 건·습구 온도와의 관계를 이용하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 건조기의 성능

개발된 건조기를 작동한 결과 열풍온도를 20℃~120℃ 까지 상승시키는데 15분의 시간이 소요되었고 상대습도는 10%에서 97%까지 변화시키는데 25분의 시간이 소요되었다. 보일러는 물20리터의 온도를 20℃에서 99℃까지 상승시키는데 20분 30초가 소요되었다. 이때 주위 온도는 20℃이었다.

##### 1) 건조기의 온도 및 상대습도 유지 성능

실제 1차건조 시간인 22시간 동안 건조기의 온도와 습도를 계측하고 제어한 결과는 다음과 같다. 온도 및 습도 계측은 매 30초마다 수행하였고 데이터가 자동으로 저장되도록 프로그램하였다.

##### 가) 온도 75℃, 상대습도 50%

상기 조건에서 실험한 건조기의 성능은 Fig. 1과 같다. 이때 평균온도는 74.36℃이었고 온도범위는 74.03℃ ~ 76.38℃이며, 표준편차는 0.54℃이었다 한편 상대습도의 경우 평균값은 51.40%이었고, 습도범위는 48.70% ~ 52.97%이며 표준편차는 0.87%이었다.

##### 나) 온도 75℃, 상대습도 60%

상기 조건에서 실험한 건조기의 성능은 Fig. 2와 같다. 이때 평균온도는 74.30℃이었고 온도범위는 74.03℃ ~ 75.74℃이며, 표준편차는 0.62℃이었다 한편 상대습도의 경우 평균값은 61.30%이었고, 습도범위는 59.15% ~ 62.89%이며 표준편차는 1.07%이었다.

##### 다) 온도 75℃, 상대습도 70%

상기 조건에서 실험한 건조기의 성능은 Fig. 3과 같다. 이때 평균온도는 74.45℃이었고 온도범위는 74.03℃ ~ 76.86℃이며, 표준편차는 0.72℃이었다 한편 상대습도의 경우 평균값은

71.18%이었고, 습도범위는 69.33% ~ 72.84% 이며 표준편차는 0.93%이었다.

라) 온도 75℃, 상대습도 80%

상기 조건에서 실험한 건조기의 성능은 Fig. 4와 같다. 이때 평균온도는 75.12℃이었고 온도범위는 75.03℃ ~ 77.56℃이며, 표준편차는 0.38℃이었다 한편 상대습도의 경우 평균값은 81.89%이었고, 습도범위는 78.79% ~ 85.47% 이며 표준편차는 1.27%이었다.

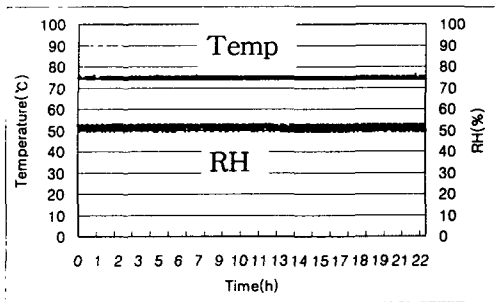


Fig. 1 Performance curves of drying control system at temperature of 75°C, RH of 50%.

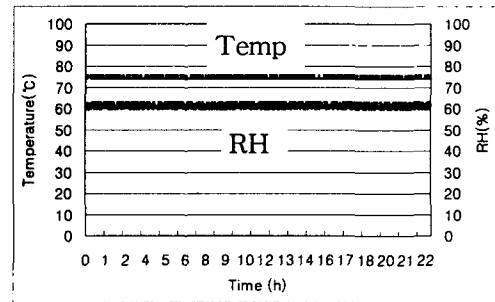


Fig. 2 Performance curves of drying control system at temperature of 75°C, RH of 60%.

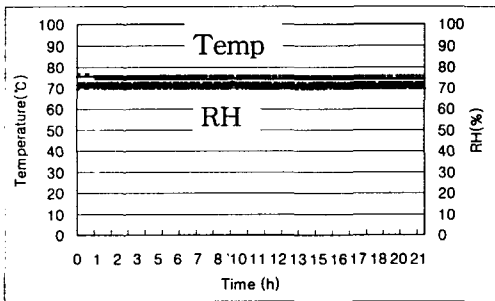


Fig. 3 Performance curves of drying control system at temperature of 75°C, RH of 70%.

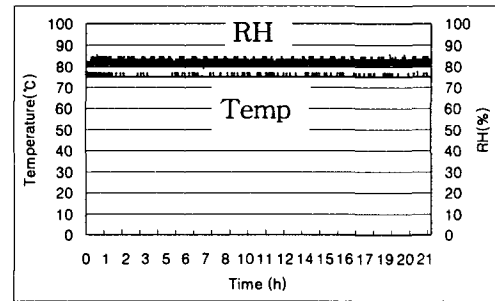


Fig. 4 Performance curves of drying control system at temperature of 75°C, RH of 80%.

마) 결론

제작된 홍삼제조용 건조기의 온도 및 습도계측 및 제어 성능을 요약하면 Table 1과 같다.

Table 1 Performance results of controlling temperature and relative humidity of drying system

Factor condition	Temperature				Relative humidity			
	Ave	Max	Min	S.D.	Ave	Max	Min	S.D.
75 °C 50%	74.36 °C	76.38 °C	74.03 °C	0.54 °C	51.40%	52.97%	48.70%	0.87%
75 °C 60%	74.30 °C	75.74 °C	74.03 °C	0.62 °C	61.30%	62.89%	59.15%	1.07%
75 °C 70%	74.45 °C	76.86 °C	74.03 °C	0.72 °C	71.18%	72.84%	69.33%	0.93%
75 °C 80%	75.12 °C	77.56 °C	75.03 °C	0.38 °C	81.89%	85.47%	78.79%	1.27%

2) 건조기 내부의 온도 분포

건조기 내부의 온도 분포를 측정하기 위하여 Fig. 5처럼 6개의 위치에 온도센서를 설치하고 각 지점의 온도를 측정하였다 그 결과는 Table 2와 같다.

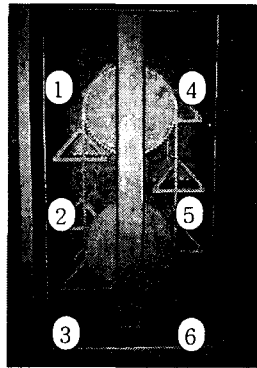


Fig. 5 Measurement points for temperature and air velocity in drying chamber.

Table 2 Results of temperature measurement in drying chamber

Set point temperature	Measurement point					
	1	2	3	4	5	6
50 °C	50.40 °C	50.40 °C	50.37 °C	50.38 °C	49.80 °C	49.60 °C
60 °C	60.50 °C	60.40 °C	60.37 °C	60.38 °C	59.98 °C	59.78 °C
70 °C	70.89 °C	70.55 °C	70.21 °C	70.12 °C	69.89 °C	69.68 °C

3) 건조기내의 풍속

건조기내의 풍속 분포를 측정하기 위하여 Fig. 5 위치에 다점 풍속계를 설치하고 각 지점

의 풍속을 측정하였다 그 결과는 Table 3과 같다.

Table 3 Results of air velocity measurement in drying chamber

Measurement point Set point air velocity	1	2	3	4	5	6
2 m/s	2.1 m/s	2.1 m/s	2.1 m/s	1.7 m/s	1.8 m/s	2.3 m/s

#### 4. 요약 및 결론

최고급 품질의 홍삼제조를 위한 공정을 개발하고자 건조기를 제작하였다. 건조기는 온도, 습도의 측정이 가능하고 이를 컴퓨터와 연결하여 사용자가 원하는 온도, 습도로의 제어가 가능하도록 설계하였다. 건조기의 작업용량은 1회에 원료수삼 30지가 처리되도록 설계되었다. 이를 위한 건조챔버의 크기는 6년근 1등급 수삼의 크기를 고려하여 700×700×1500mm로 결정하였고 건조과정중의 수삼의 상태변화를 알기 위하여 건조챔버 전면에 유리를 설치하여 육안 관찰 및 영상처리장치에 의한 모니터링이 가능하도록 하였다. 수삼의 균일한 건조를 도모하기 위하여 대나무 채반을 속도조절이 가능한 모터와 체인을 이용하여 챔버 내에서 0~10rpm의 속도로 회전되도록 설계하였다.

그리고 건조시 챔버 내의 공기상태 측정 및 제어용 프로그램을 개발하였다

제작된 홍삼제조용 건조기의 성능 평가결과 설정된 온도와 습도를 정밀하게 측정제어 할 수 있었으며, 원하는 건조수준을 유지는데 성공했다. 건조기 내부에서의 온도 분포와 풍속분포를 SAS통계 package GLM을 이용하여 유의수준 5%의 범위에서 Student T-test를 한 결과, 측정지점간의 유의 차가 없어 온도와 풍속의 분포가 균일한 것으로 나타났다.

#### 5. 참고문헌

1. 강현아, 장규섭, 장동일. 1993. 인삼의 자동건조시스템 개발에 관한 연구. 한국식품과학회지 25(6): 764-768. 한국식품과학회.
2. 김명호, 김철수, 박승재, 이종호. 1998. 인삼 열풍건조의 수분확산에 관한 수치해석적 연구. 1998년 동계학술대회 논문집 3(1) : 297-301. 한국농업기계학회
3. 방승훈, 장동일, 임영일, 장요한, 임정택. 2000. 최고급 홍삼의 고수율을 위한 신개념의 건조기 개발(I)-시작기개발-. 2000년 동계학술대회 논문집 5(1) : 382-388. 한국농업기계학회
4. 방승훈, 장동일, 임영일, 장요한, 임정택. 2001. 최고급 홍삼의 고수율을 위한 신개념의 건조기 개발(II). 2001년 하계학술대회 논문집 6(2) : 226-231. 한국농업기계학회
5. 장동일, 장규섭, 강호양, 전병선, 방승훈. 2001. 최고급품질의 홍삼제조를 위한 제조공정 개발. 농림기술개발사업연구보고서. 농림부
6. 전재근, 박 훈, 서연식. 蒸煮인삼의 乾燥特性和 乾燥에 隨伴하는 蔘根의 收縮. 한국농화학회지 28(3), Sep. 1985, 한국농화학회
7. Chang, D. I., H. Y. Kang, S. H. Bahng and Y. H. Chang. 2000. Development of a New Model of Drying System for High Yield of the Heaven Grade Ginseng. ASAE Paper No-006029. ASAE