

인삼의 자동건조시스템 개발에 관한 연구

강현아 · 장규섭 · 장동일*

충남대학교 농과대학 식품공학과 *농기계공학과

A study on the Development of Automatic Drying System of Ginseng

Hyun-Ah Kang, Kyu Seob Chang and Dongil Chang*

Department of Food Science and Technology

*Department of Agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University

Abstract

This study was developed a computer-controlled automatic drying system. In order to control automatically the temperature, relative humidity weight of the sample, drying system with computer and connecting parts such as microcomputer, PC-Lab card, Op. Amp., and relay system were developed for controlling the heater, fan, humidifier and dehumidifier. Using this system, drying characteristic mechanism of ginseng were investigated. The increase of drying temperature decreased Hunter L value and increased a and b value. The hardness and shrinkage rate of white ginseng had a increasing tendency with the increase of drying temperature. Crude saponin content was not affected by drying temperature and relative humidity.

Key words: ginseng automatic drying system

서 론

자동화 건조 시스템에 의해 인삼을 건조시키면 제품의 균일성이 향상되고 원료와 노동력이 절감되며, 미숙련 인력을 활용할 수 있으며 작업의 안정도 향상과 작업 환경의 개선으로 인한 생산공정이 개선될 수 있다는 장점이 있다. 이러한 자동제어 건조 시스템을 이용한 농산물 건조의 예는 외국에서는 이미 일부 곡물과 농산물에 활용단계에 있으나⁽¹⁻³⁾, 국내의 경우는 최근에 전⁽⁴⁾ 등이 마이크로 컴퓨터를 이용하여 적정 건조방법을 찾는 등 활발히 연구가 진행되고 있다⁽⁵⁻⁸⁾.

건조기의 성능은 건조속도, 소요열량 및 건조후의 품질 등으로 평가되는데 이러한 성능에 영향을 주는 인자는 건조공기의 온도와 습도, 송풍량, 농산물의 초기 함수율, 온 도등이다⁽⁹⁾. 이들 성능인자가 상호작용하여 건조기의 효율에 영향을 미치기 때문에 본 연구에서는 건조온도와 상대습도, 송풍량 및 수분함량등의 변수를 자동으로 계측하여 송풍기, 히터, 제습기 및 가습기의 작동여부를 제어할 수 있는 제어 시스템과 관리 소프트웨어를 설계·제작하여 인삼의 열풍건조시 열풍의 온도와 건조실 내의 상대습도가 건조특성 및 건조기작과 피건물에 미치는 이화학적 특성을 구명하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 인삼은 충남 금산에서 1991년에 채굴한 4년근 수삼을 죽도로 박피하여 건조용 시료로 사용하였다.

방법

건조특성 측정 : 인삼은 50°C 이상의 건조온도에서 표피 및 내부조직의 색도증가로 상품가치가 낮아진다는 보고⁽¹⁰⁾와 소채류의 건조는 상대습도 20~25%가 좋다는 보고⁽⁹⁾에 의해 45~55°C의 건조온도와 상대습도 20~30%의 범위에서 건조를 수행하였다. 이때 각 건조온도에서 가습하지 않고 건조를 수행한 것을 대조구로 하여 건조조건에서의 건조특성은 평형수분함량에 도달할 때까지 건조시키면서 경시적인 수분함량의 변화를 건조시간에 대한 건물기준 수분함량(M)과 $M - M_0 / M_0 - M_c$ 의 값을 구하여 나타내었다. 건조과정중에 인삼이 내부조직에 함유하고 있는 수분의 이동속도에 대한 수분확산계수(moisture diffusion coefficient)는 Fick의 secondary law를 사용하여 구하였다⁽¹¹⁾.

$$\frac{M - M_c}{M_0 - M_c} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp(-n^2 \pi^2 D_{eff} \theta / r^2)$$

M : 건조시간 θ 에서의 수분함량(% , D.B.)

M_0 : 초기수분함량(% , D.B.)

Corresponding author: Hyun-Ah Kang, Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

- M_e : 평형수분함량(% , D.B.)
- r : radius of raw ginseng(cm)
- θ : drying time(sec)
- D_{eff} : moisture diffusivity(cm^2/sec)

조직특성 측정

조직특성은 Universal Testing Machine, Model 1000 (Instron Engineering Co. Canton)으로 압착실험을 하여 구하였다. 이때의 측정조건은 50 Kg 압력하중변환기를 장치하고 cross head speed는 100 mm/min, 5 mm 직경의 Plunger diameter를 사용하여 시료의 변형이 80% 될때까지 압착하였다.

색도측정

건조된 시료의 색도측정은 건조시료를 80 mesh의 분말로 한 후 Color Difference Meter(MCRO MATCH 500)를 이용하여 측정하였다.

수축률측정

건조과정 중의 삼근의 수축률을 측정하고자 삼근의 길이와 원둘레를 각각 경시적으로 측정하였다. 즉 삼근에 임의로 상하 두지점을 정하여 삼근둘레에 횡선을 긋고 이들 지점간의 거리를 측정하였다. 한편 상기의 표시된 두지점의 원둘레를 각각 실자로 측정하고 이들값을 평균하여 직경을 산출하고 건조초기값에 대한 비율로서 상대적 수축률을 구하였다⁽¹²⁾.

조사포닌함량

건조분말시료 2g을 취해 불포화 부탄올 용액 50 ml로 80℃에서 1시간씩 3회 추출하고 분액여두에서 증류수 10 ml로 2회 씻어 당을 제거한 후, 부탄올층을 감압농축하여 에테르 50 ml로 36℃에서 30분 탈지한 후 105℃에서 약 2시간 건조시켜 % dry weight로 나타내었다⁽¹³⁾.

결과 및 고찰

건조기의 설계 및 제작

건조기는 Fig. 1와 같이 설계 제작하였으며, 장치에 사용한 재질 및 사양은 Table 1과 같다. 컴퓨터와 건조기를 연결시켜주는 접속 시스템은 Microcomputer, PC-Lab card, Op. Amp., Relay, 건조기 순으로 되어있다. Microcomputer는 RAM 1 M byte, HDD 20 M byte를 내장한 16 bit personal computer를 사용하였고, A/D와 D/A 변환기는 PCL-812 ENHANCED MULTI LAB CARD 12 BIT를 사용하였다. System의 Block Diagram은 Fig. 2와 같다.

온도측정 및 제어 시스템

본 실험에 사용한 온도 센서는 Pt-100Ω core에 5 mm

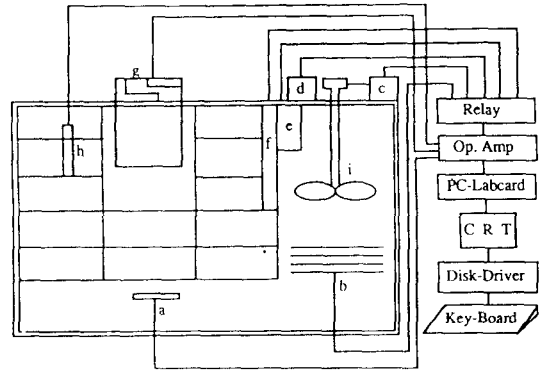


Fig. 1. Schematic representation of a dryer

- a: Temperature sensor, b: Heater, c: Fan motor, d: Humidifier, e: Damper motor, f: Dehumidifier, g: Load cell, h: Humidity sensor, i: Fan

Table 1. Construction material and specification of automatic drying system

Item	Material	Specification
Drying chamber dimension		1940×903×1000 mm (W×L×H)
wall : inside	stainless steel	0.3 mm thickness
outside	color steel	0.35 mm thickness
insulation	polyurethane	
Fan type		centrifugal
power		1.5 KW 2P
impeller type		V-velt forward strait
control mode		proportional
Air flow direction		vertical
Tray	0.7T SBHG	610×887×45 mm (W×L×H)
Heater control mode	U-type	2.4 KW×4

두께의 Stainless tube를 씌운 백금측온계를 이용하였으며, 온도값의 정확성을 기하기 위하여 10회 반복하여 얻어지는 Digital값의 평균치를 사용하였다. 온도제어는 계측된 온도값과 프로그램에 설정된 온도값을 비교하여 Relay를 통해 4개의 Heater를 On/Off하도록 하였다.

습도측정 및 제어시스템

본 실험에 사용한 습도센서는 MODSWHS Type 28 (Italy) 습도센서를 이용하였으며, 습도값의 정확성을 기하기 위하여 컴퓨터 프로그램에서 10회 반복하여 얻어지는 Digital값을 평균한 값을 취하도록 하였다. 그리고 습도제어는 계측된 습도와 컴퓨터 프로그램에 설정된 습도값을 비교하여 Damper의 구동과 냉매의 순환, 가습기의 가동으로 조절하였다.

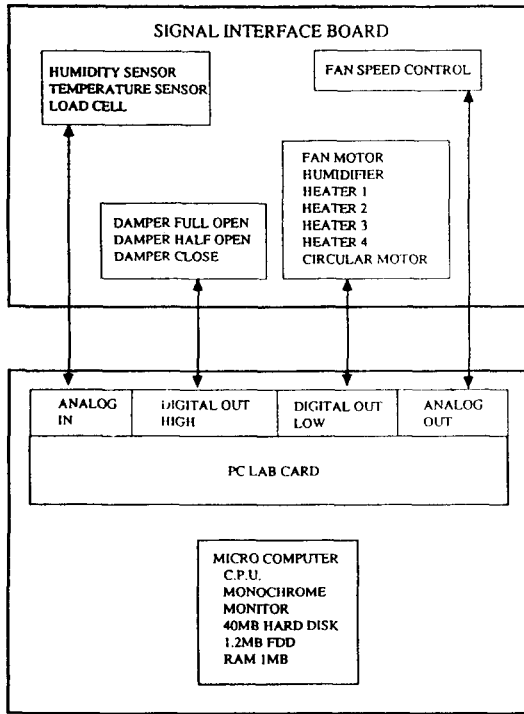


Fig. 2. System block diagram

무게측정 시스템

건조중에 수분이동에 의한 무게의 변화를 측정하게 위해 5 Kg Load Cell을 건조기 상부에 설치하고 Wheatstone 회로를 구성하였는데, 이는 무게변화에 따라 저항 능력의 변화값을 전압의 변화로 나타내는 원리를 이용한 것이다. 한편 습도값의 정확성을 기하기 위하여 컴퓨터 프로그램에서 얻어지는 Digital 값을 평균한 값을 취하도록 하였다.

풍속제어

컴퓨터에서 D/A convertor를 통해 오는 신호값을 송풍기 모터 회전속도를 제어 할 수 있도록 구성하였다.

SOFTWARE 개발

마이크로 컴퓨터를 이용하여 자동건조기를 제어하기 위해 Main Routine, 변수 Input Routine, 현재시간 계산 Routine, Signal Input Routine의 4개의 주요 프로그램을 파스칼 언어를 사용하여 구성하였다. Main Routine은 buffer의 initialize와 file 정리, 그리고 온도, 습도, fan을 제어하는 기능을 하며, Fig. 3은 Main routine의 흐름도를 나타낸 것이다.

건조특성

인삼은 감속건조기간이 주로 나타나므로 수분이동이

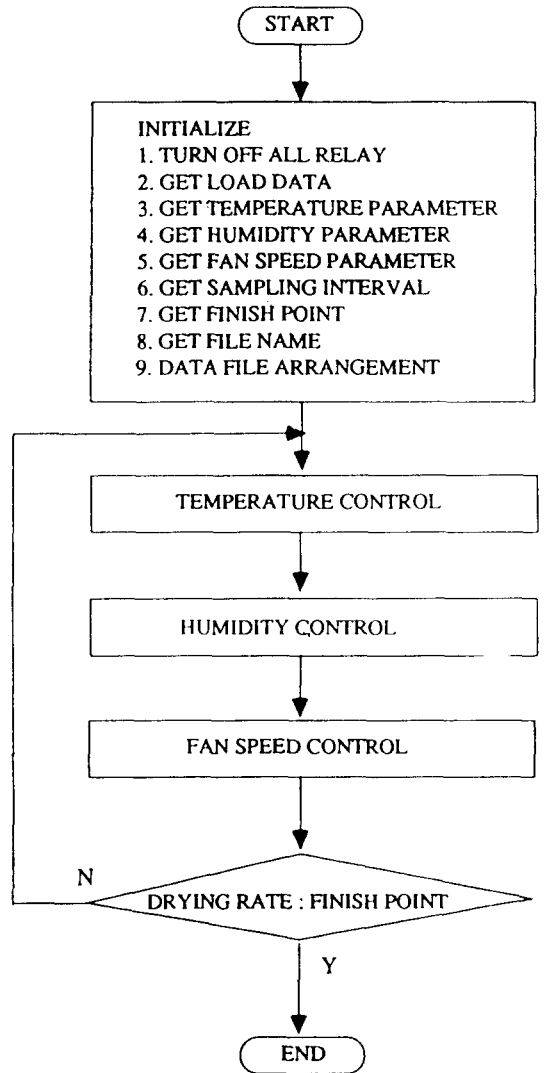


Fig. 3. Flow chart of main routine for controlling dryer

주로 확산에 의해 일어나리라 생각된다⁽⁵⁾. 따라서 각 건조온도가 확산계수에 미치는 영향을 알아보기 위해, 건조시간에 대한 M-Me/Mo-Me도 나타냈을 때 Fig. 4에서 나타낸 바와 같이 건조가 진행됨에 따라 인삼의 조직 내부로부터 확산되는 수분의 양이 급속히 감소되는 것을 알 수 있었다. 그리고 Fick의 법칙으로부터 확산계수를 구한결과 건조온도가 높을수록 확산계수는 크게 나타나 45°C 에서 $5.34 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 이었고, 55°C 에서 $10.03 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 이었다.

한편, 상대습도가 수분확산계수에 미치는 영향은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 온도가 수분확산계수에 미치는 영향보다 훨씬 적어 각 상대습도간에 차이가 크지 않았으며, 일정한 경향도 보이지 않았다. 이는 인삼의 건

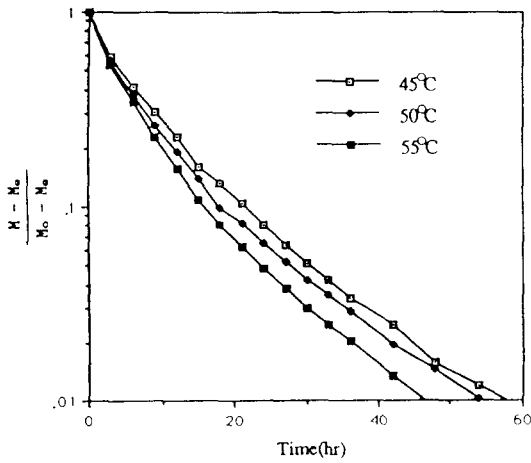


Fig. 4. Effect of drying temperature on drying curve of white ginseng

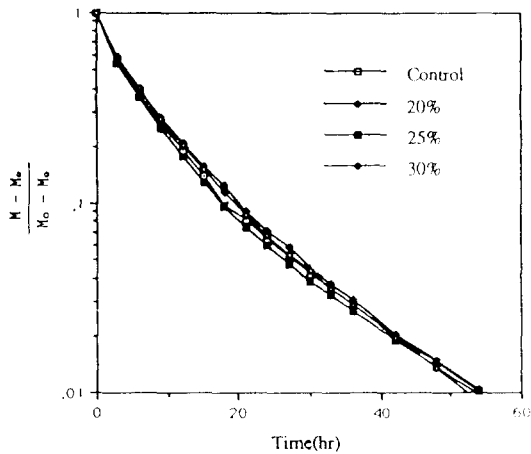


Fig. 5. Effect of relative humidity on drying curve of white ginseng at 50°C

조시간이 길고 상대습도간의 간격이 적었기 때문이라고 생각된다.

색도

백삼의 색은 품질평가에 중요한자가 되는것으로 일반적으로 그색이 백색인 것을 선호하고 있는데, 건조온도가 높을수록 Hunter L value가 감소하고 a와 b value가 증가하는 경향을 보여 건조온도가 높을수록 더 변색됨을 알 수 있었다.

한편, 상대습도가 색에 미치는 영향은 일정한 경향을 보이지 않아 색에 중요한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(Table 2).

조직특성

Table 2. Physicochemical properties of white ginseng at various drying conditions

Temp. (°C)	RH (%)	Hunter Value			Hardness (Kg)	Crude saponin (%.dry weight)
		L	a	b		
45C	control	71.5	7.93	-0.53	22.76	4.111
	20	71.6	8.10	-0.90	16.13	4.082
	25	71.2	8.37	-0.70	24.20	4.122
	30	70.1	8.30	-0.30	24.60	4.098
50	control	70.60	8.00	-0.30	25.58	4.097
	20	70.93	8.40	-0.57	27.35	4.101
	25	71.00	8.30	-0.20	29.33	4.188
	30	71.20	8.50	-0.13	22.95	4.138
55	control	69.90	9.00	0.90	30.83	4.143
	20	69.80	9.30	0.40	31.90	4.164
	25	69.70	9.10	0.20	34.82	4.184
	30	68.7	9.30	0.96	30.76	4.128

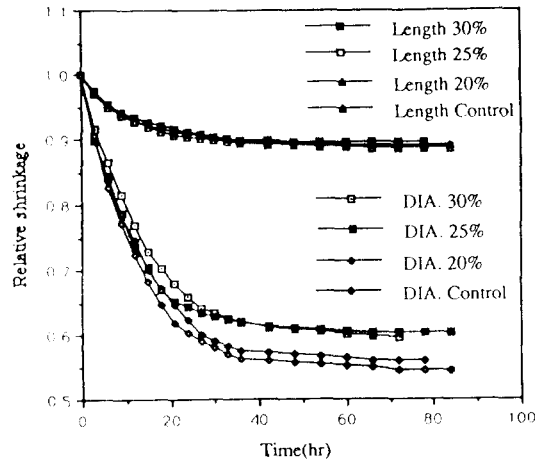


Fig. 6. Effect of relative humidity on relative shrinkage of white ginseng at 50°C

백삼의 압착실험에서는 hardness만이 나타났으며 건조온도가 높을수록 높은값을 보였다(Table 2). 이는 YunferTM 등의 인삼건조시 건조온도가 낮을수록 그 조직이 더 유연하였다는 보고와 일치하였다. 이러한 경향은 건조온도에 따라 수분 이동속도가 달라져 내부조직에 있어 차이가 나타났것으로 사료된다.

한편, 상대습도가 조직에 미치는 영향은 25%의 상대습도의 처리구에서 약간 높은 값을 보였다.

조사포닌 함량

인삼의 특수성분으로 알려진 조 saponin함량은 Table 2에 나타내었는데 saponin은 열에 비교적 안정한 화합물이므로 건조온도와 상대습도에 영향을 받지 않았다.

수축현상

건조중에 수반되는 수축현상은 품질평가의 중요한자

중의 하나가 되고 있다. 그러나 식품은 완전한 탄성체가 아니므로 균일한 수축현상을 보기 어렵고 식품의 종류나 건조방법에 따라 다른 양상을 보이며, 특히 수분이 많고 유연한 조직을 갖는 식품에서 체적수축이 심하고 건조 속도나 건조단계에 따라서도 다르다는 것이 보고된 바 있다⁽¹⁵⁾.

Fig. 6은 수축률에 미치는 상대습도의 영향을 보여주는데, 온도가 수축률에 미치는 영향보다는 미약하였고, 건조실내의 상대습도가 높을수록 수축률은 낮았다. 그러나 이의 결과는 조⁽¹⁶⁾ 등의 무우 및 고구마의 건조시 건조시간 90분 까지는 습도가 낮을수록 수축이 많이 이루어졌으나 그후는 오히려 습도가 높을수록 수축의 정도가 컸다는 보고와는 일치하지 않았다. 이는 인삼의 경우 무우나 고구마 처럼 세절하여 건조하지 않고 원형 그대로 건조하므로 건조시간과 수분이동속도가 다른데 그 이유가 있는 것으로 사료된다.

요 약

자동으로 온도, 습도 및 중량을 감지하고, 히터, 송풍기, 가습기 및 제습기의 작동여부를 제어할 수 있는 자동 건조 시스템을 개발하여, 인삼을 시료로하여 열풍 건조시의 건조온도와 건조기 내의 상대습도에 따른 건조특성을 구명하고, 각 건조조건에서의 이화학적 특성을 조사하였다.

인삼의 건조속도는 건조온도가 높고 건조기내의 상대습도가 낮을수록 빨랐으며, 건조된 인삼의 hardness는 건조온도가 높을수록 높고, 건조실내의 상대습도는 25%에서 높았다. 건조온도가 높을수록 Hunter L value가 감소하고 a와 b value가 증가하는 경향을 보였으며, 갈변도가 높았다. 인삼의 건조과정중에 일어나는 수축은 건조온도가 높고 건조기내의 상대습도가 낮을수록 컸으며, 직경의 수축률이 길이의 수축률에 비해 컸다. 인삼의 조사포넨 함량은 건조온도와 상대습도에 영향을 받지 않았다.

감사의 글

본 연구는 1991년 과학기술처의 지원에 의해 수행된 것중 일부분을 제제한 것으로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Karathanos, V.T., Villalobos, G. and Saravacos, G.D.:

Comparison of two method of estimation of the effective moisture diffusivity from drying data. *J. Food Sci.*, 55(1), 218(1990)

2. Parry, J.L.: Mathematical modeling and computer simulation of heat and mass transfer in agricultural grain drying. *J. Agric. Engng Res.*, 32, 1-29(1985)
3. Nybrant, T.G.: Modeling and adaptive control of continuous grain driers. *J. Agric. Engng Res.*, 40, 165-173 (1988)
4. 전재근, 최부들: 마이크로 컴퓨터 측정 및 제어 시스템을 활용한 식품건조중 재료의 수확과 제어. 한국식품과학회지, 19(3), 200(1987)
5. 최재용, 김공환, 전재근: 마이크로 컴퓨터 시스템을 활용한 표고버섯의 감압건조에 관한 연구. 한국식품과학회지, 19(6), 550(1987)
6. 최재용, 전재근: 마이크로 컴퓨터를 활용한 식품가공 공정중의 온도 및 무게측정용 Analog-digital 변환 및 접속 시스템의 제작. 한국식품과학회지, 19(2), 129(1987)
7. 琴東赫, 李鎔國, 李揆昇, 黃鎮佶: 컴퓨터 시스템에 의한 순환식 곡물 건조기의 적정건조방법. - 컴퓨터 시뮬레이션모델 개발-. 農試論文集(農業產學協同編), 373-390 (1987)
8. 박영덕: 컴퓨터 제어장치를 이용한 모형식품의 건조특성에 관한 연구, 석사학위논문, 충남대학교(1990)
9. 한국식품개발연구원: 건조의 이론과 실제. 한국식품개발연구원(1988)
10. 도재호, 김상달, 김경희, 석영선, 장진규: 백삼건조 조건이 품질에 미치는 영향. 고려인삼학회지, 9(2), 248 (1985)
11. Suarez, C., Viollaz, P. and Chirife, J.: Diffusional analysis of air drying of grain sorghum. *J. Fd Technol.*, 15, 523-531(1980)
12. 전재근, 박 훈, 정연식: 중자인삼의 건조특성과 건조에 수반하는 삼근의 수축. 한국농화학회지, 28(3), 362(1985)
13. 김찬호, 김남옥, 최강주, 손현주, 고성룡, 김석창, 위재준, 허정남: 인삼성분 분석법. 한국인삼연구초연구소, 56(1991)
14. Yunfei, R. Vance Morey: Thin-layer drying rates and quality of cultivated American ginseng. *Trans. ASAE*, 30(3), 842(1987)
15. 木村進(總編集): 乾燥食品辭典. 朝倉書店, 168-170(1984)
16. 조덕재, 허종화, 김희연: 근채류의 건조 및 수축특성에 영향을 미치는 인자. 한국식품과학회지, 21(2), 203-211 (1989)

(1993년 10월 20일 접수)