

## 마이크로컴퓨터 건조시스템을 이용한 양파와 생강의 건조

이종영<sup>1</sup>·강현아<sup>1</sup>·장규섭<sup>1\*</sup>·김석신<sup>2</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 식품공학과, <sup>2</sup>조선대학교 식품영양학과

**초록** : 간편하게 경제적으로 운용할 수 있는 마이크로 컴퓨터 건조시스템을 개발하여 양파와 생강을 대상으로 건조실험을 수행하였다. 개발한 건조시스템은 마이크로 컴퓨터에 의해 온도, 습도 및 무게를 자동으로 측정 및 제어하여 양질의 건조제품을 얻을 수 있었다. 양파는 65°C의 건조온도에서 건조실내의 상대습도를 25%로 조절하는 것이 적정 건조조건으로 나타났으며, 생강의 적정 건조조건은 50°C의 건조온도와 25%의 상대습도로 나타났다(1994년 10월 26일 접수, 1994년 12월 13일 수리).

### 서 론

### 재료 및 방법

농산물의 건조는 가격안정 및 저장성 향상을 위한 필수공정이며, 식품산업의 발달과 더불어 건조 농산물의 수요가 급증하고 있다. 그중 향신료로 많이 이용되고 있는 양파와 생강의 건조에 대한 연구는 김 등<sup>1)</sup>이 열풍건조전 순환열처리기가 건조양파의 품질에 미치는 영향을 보고한 바 있으며, Mazza 등<sup>2)</sup>은 양파 건조중 건조와 복수시 수분이동과 품질에 대하여 보고하였다. 생강의 경우는 자극성 맛을 내는 성분과 휘발성 정유성분이 열에 약하여 건조과정중에 쉽게 휘산되므로 열풍건조는 기피하는 경향이 있으나, 신<sup>3)</sup>은 생강을 열풍건조 및 양건을 한 후 열 분석에 의한 생강 엑기스의 품질을 평가한 바 있다.

마이크로 컴퓨터를 식품산업에 이용한 예는 전 등<sup>4,5)</sup>이 마이크로 컴퓨터를 이용하여 식품가공 공정중의 제어 시스템에 관한 기초 공정을 수행하였고, 표고버섯, 중국배양, 과채류의 자동제어 장치에 응용한 예<sup>6,7,8)</sup>가 있다. 또한 장 등<sup>9)</sup>은 곡물을 저장할 때 공기를 이용하여 건조를 병행할 수 있는 simulation을 컴퓨터를 이용하여 수행하였다.

그러나 현재 보급되어 있는 농산물 건조기는 대부분 일반 화력식 열풍건조기이며 전문적인 조작기술의 부족과 비경제적 운영관리등으로 인하여 고품질의 제품을 기대할 수 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 건조기의 성능을 결정하는 건조속도, 소요열량 및 건조후의 품질과 이들의 성능에 영향을 주는 건조기내의 건조온도와 상대습도, 피건물의 초기 함수율 등의 변수를 자동으로 계측 및 제어할 수 있는 건조시스템을 개발하여 전문적인 조작기술이 부족하여도 운용이 간편하며 고품질의 균일한 제품을 얻을 수 있는 건조시스템을 개발하여 양파와 생강의 적정 건조조건을 구명하였다.

### 재료 및 건조방법

양파는 경남 창녕지방에서 수확한 것을 4~6 mm로 세절하여 건조용 시료로 사용하였으며, 양파의 건조온도는 60°C 온도범위가 적당하다는 Mazza 등<sup>2)</sup>의 보고에 의해 건조온도를 45, 55 및 65°C로 조절하여 건조특성을 구명하였다. 건조는 최종수분함량이 약12%(D.B)에 도달할 때까지 수행하였다.

생강은 전북 봉동지역에서 수확한 것을 3~4 mm로 세절하여 건조하였다. 그리고 생강은 70°C 이하의 건조온도에서 건조하는 것이 바람직하다는 보고<sup>10)</sup>에 의해 건조조건을 50, 60, 70 및 80°C의 건조온도에서 최종수분함량이 약 9%(D.B)에 도달할 때까지 건조하였다.

상기 재료의 건조시에 건조실내의 상대습도가 건조특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 건조실내의 상대습도(15~30%)를 5% 간격으로 조정하여 건조하였다.

### 양파의 Pyruvate 함량측정

Schwimmer 등<sup>11)</sup>의 방법에 의하여 측정하였다.

### 건강의 6-Gingerol 정량

김 등의 방법<sup>12)</sup>에 따라 HPLC법에 의해 측정하였다. HPLC장치(Model 45, Waters Associates, Milford, MA)와 UV detector(Waters Associates, Milford, MA)를 사용하였고, column은 Lichro CART RP-18(Merck CO.10 µm, 4 mmID×250 mm)를 사용하였다. 이동상(flow rate : 1.8 ml/min)은 acetonitrile/water(38 : 62, v/v)를 사용하였으며 injection volume은 25 µl였다.

### 조직특성 측정

건조된 시료의 조직특성은 Universal testing machine (Model 1000 Instron Engineering, Co,Canton)으로 전단력

찾는말 : microcomputer drying system, onion, ginger

\*연락처

(shear force)을 측정하였다. 이때 측정조건은 5 kg의 압력하중 변환기를 장치하고 cross head speed는 100 mm/min으로 하였다.

**색도 측정**

건조된 시료의 색도 측정은 시료를 20 mesh로 분쇄한 후 Color Difference Meter(Micro MATCH 500)을 사용하여 측정하였다.

**갈변도 측정**

이 등<sup>13)</sup>의 방법에 의해 Spectrophotometer(HITACHI U-1100)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

**결과 및 고찰**

**건조 시스템의 개발**

1) 접속장치

마이크로 컴퓨터를 사용하여 제어하기 위한 접속시스템은 microcomputer, PC-Lab card, Op.Amp., relay, 건조기 순으로 구성하였다. Microcomputer는 ram 1 M byte, HDD 20 M byte를 내장한 16 bit personal computer를 사용하였으며, A/D와 D/A 변환기는 PCL-812 ENHANCED MULTI LAB CARD 12 bit를 사용하였다. 사용된 열풍건조기는 그 소요 에너지가 heater당 8294.4 Kcal/hr로서 4개의 heater를 가동시 33177.6 kcal/hr의 에너지가 소요되었다. Fig. 1은 이 system의 block diagram이다.

2) 온도측정 및 제어

pt-100 Ω Core의 thermistor를 이용하여 온도를 측정할 수 있도록 구성하였다. 이때 온도값은 10회 반복하여

얻어지는 값의 평균치를 사용하였으며, 측정된 온도값과 프로그램에 설정된 온도값을 비교하여 4개의 히터를 relay를 통하여 on/off하여 제어하였다.

3) 습도측정 및 제어

습도센서 MOD. EWHS TYPE 28을 이용하여 습도를 측정하고, 측정된 습도와 프로그램에 설정된 습도 값을 비교하여 damper의 구동과 냉매의 순환, 가습기의 가동으로 건조기내의 습도를 일정하게 유지하도록 하였다.

4) 무게측정

건조과정중 시료무게의 변화를 자동으로 측정하여 건조속도 및 건조특성을 용이하게 관찰하기 위하여, 건조기의 상부에 5 Kg load cell을 설치하고 무게의 변화에 따른 저항응력의 변화 값을 전압의 변화로 나타낼 수 있도록 wheatstone회로를 구성하였다.

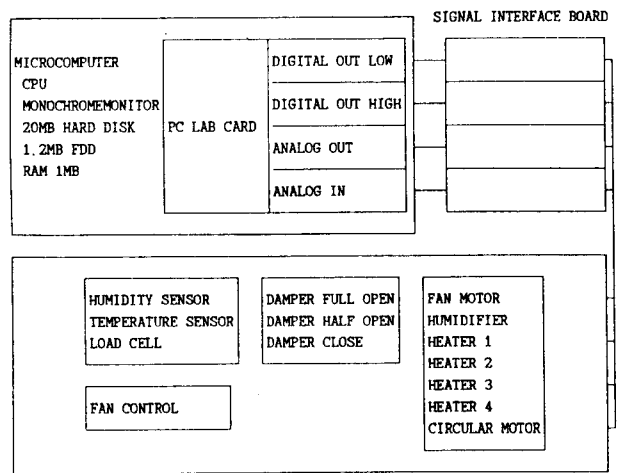


Fig. 1. System block diagram.

**Scheme 1. Program to control temperature and humidity**

```

Description of Temperature Control
if start time<current time<finish time
then if current temperature>set temperature
then turn off all heater
if current temperature>set temperature
then if temperature difference=0.5 then turn on heater 1,2
then if temperature difference=6.10 then turn on heater 1,2,3
then if temperature difference>10 then turn on heater 1,2,3,4
else turn off all heater
Description of Humidity Control
if start time<current time<finish time
then if current humidity>set humidity
then turn off humidifier
get difference between current humidity and set humidity
difference=2.5 then turn on damper motor to half open
difference=5.10 then turn on damper motor to full open
else if current humidity<set humidity
then turn on humidifier
else turn off humidifier
turn on damper motor to close
else turn of humidifier
turn on damper motor to close
    
```

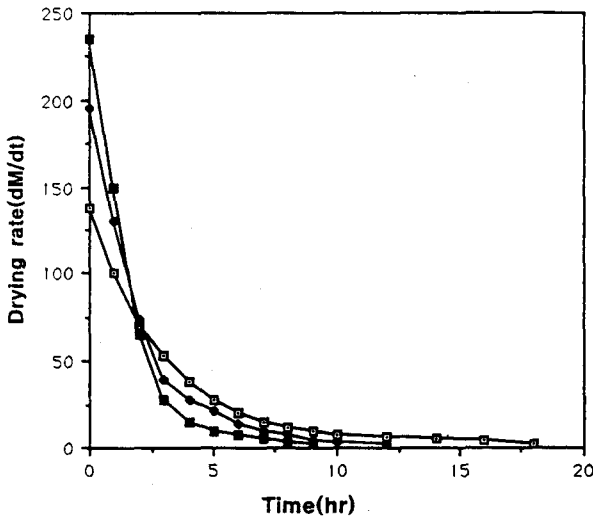


Fig. 2. Effects of air temperature on drying rate of onion at 25% RH.  
□-□, 45°C; ◆-◆, 55°C; ■-■, 65°C.

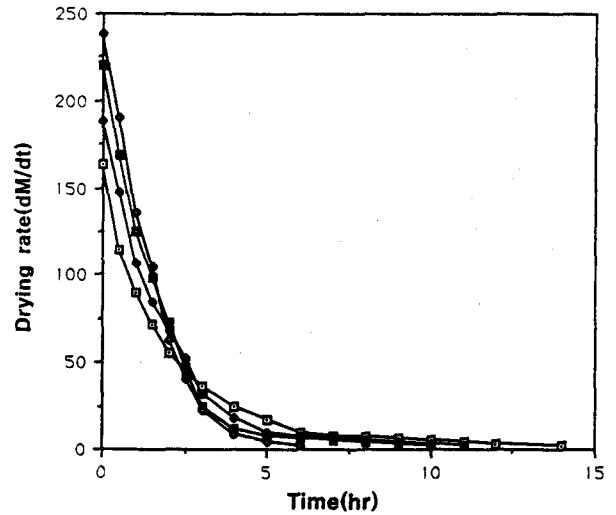


Fig. 4. Effects of air temperature on drying rate of onion at 30% RH.  
□-□, 50°C; ■-■, 70°C; ◆-◆, 66°C; ◆-◆, 80°C.

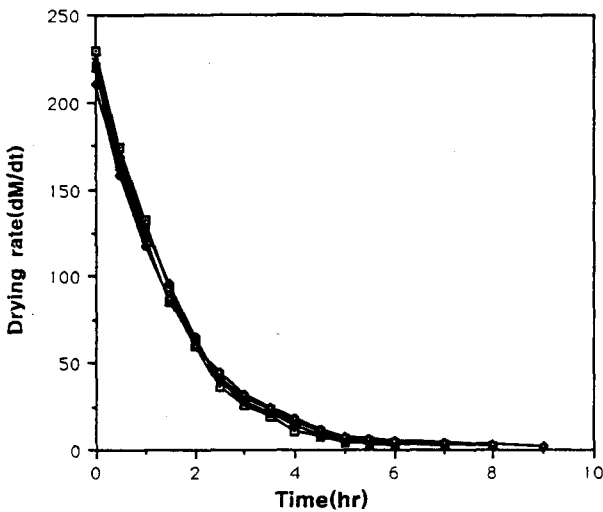


Fig. 3. Effects of air relative humidity on drying rate of onion at 65°C.  
□-□, 15% R.H.; ■-■, 25% R.H.; ◆-◆, 20% R.H.; ◆-◆, 30% R.H.

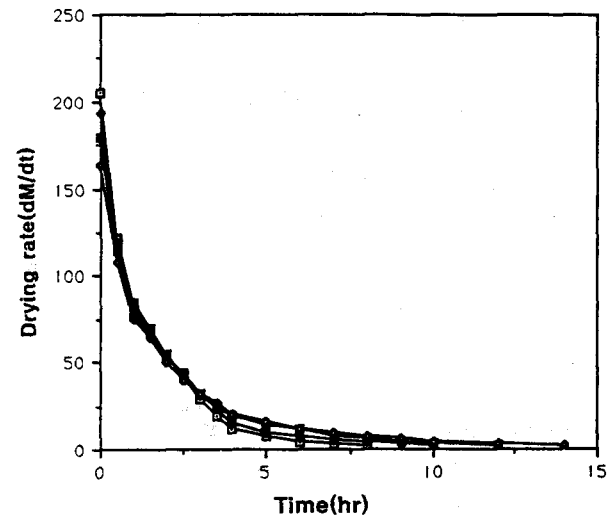


Fig. 5. Effects of relative humidity on drying rate ginger at 50°C.  
□-□, 15% R.H.; ■-■, 25% R.H.; ◆-◆, 20% R.H.; ◆-◆, 30% R.H.

**Software 개발**

마이크로 컴퓨터를 이용하여 건조기를 자동 제어하기 위한 프로그램은 파스칼 언어를 이용하여 main routine, 변수 input routine, 현재시간 계산 routine 및 signal input routine의 4개의 주요 프로그램으로 구성하였다. Main routine은 buffer의 initialize와 file 정리, 온도, 습도, fan을 제어하는 기능을 가지며, 온도와 습도를 조절하기 위한 프로그램을 Scheme 1에서 보여주고 있다.

**피건물의 건조특성**

양파의 건조과정중 건조온도에 따른 수분함량 변화는 Fig. 2와 같다. 수분함량 12%(D. B)에 도달하는데 건조

온도 45°C에서는 약13~15시간, 55°C에서는 9~12시간, 65°C에서는 약 6~8시간이 소요되어 건조온도가 높을수록 건조가 빠르게 진행되었다. 그리고 건조실내의 상대습도가 건조속도에 큰 영향을 미치지 않았으나 Fig. 3에서 보는바와 같이 상대습도가 높을수록 건조가 약간 느리게 진행되었다.

생강의 건조과정중 수분함량이 약 9%(D. B)에 도달하는데 50°C의 건조온도에서는 12~14시간, 60°C에서는 8.5~9.5시간, 70°C에서는 6~6.5시간, 80°C에서는 5~5.5시간이 소요되었다. 80°C의 건조온도에서는 Fig. 4에서 보는바와 같이 50°C의 건조온도에서 보다 건조가 2배 이상 빨리 진행됨을 볼 수 있었다. 한편 건조실내의 상대습도가 건조속도에 미치는 영향은 50°C의 건조온

Table 1. Effects of drying temperature and relative humidity of drying air on the physicochemical properties of dried onion

Temp. °C	RH (%)	Hunter Value			Shear force (kg)	Pyruvate content (μmol/g)
		L	a	b		
45	15	59.4	7.0	9.2	1.28	19.64
	20	61.9	5.4	5.1	0.98	20.06
	25	64.3	5.3	3.9	0.87	21.12
	30	65.2	5.8	2.6	0.86	22.26
55	15	57.7	7.4	5.1	1.77	23.14
	20	60.4	6.5	7.7	1.58	24.93
	25	62.8	5.6	6.7	1.43	26.74
	30	63.7	5.4	5.1	1.40	28.08
65	15	53.2	7.1	10.8	1.92	28.21
	20	56.8	7.4	8.3	1.88	29.75
	25	59.1	7.0	9.2	1.69	31.45
	30	60.3	6.6	5.0	1.56	32.21

도에서의 경우 Fig.5에서와 같이 건조시간이 최고 2시간 가량의 차이를 나타냈다. 그러나 이러한 건조시간의 차이는 건조온도가 높을수록 감소되어 80°C의 건조온도에서는 약 0.5시간 정도의 차이를 나타내었다.

**피건물의 물성 및 주요성분변화**

**1) 양파**

건조양파의 품질변화 지표성분으로 pyruvate 함량변화를 측정 한 결과는 Table 1과 같다. 건조온도와 상대습도가 높을수록 pyruvate 함량이 높게 나타났는데, 높은 온도에서는 단시간내에 양파조직내에 있는 효소가 실행되어 효소작용을 적게 받기 때문이라 생각된다. 이러한 경향은 김 등<sup>2)</sup>이 양파건조전 열수처리시 20°C에서 60°C로 처리온도가 증가할수록 pyruvate 함량이 대폭 증가한다고 보고한 결과와 같은 경향을 보여주고 있다.

Table 1에서는 건조한 양파의 외관색도를 보여주는데, 온도가 낮고 상대습도가 높을수록 Hunter L값이 높고 a와 b값이 낮아져 갈변에 의해 외관색도가 저하됨을 알 수 있었다. 이러한 변화는 Table 2에 나타난 갈변도와 유사한 결과로서 건조실내의 상대습도와 건조온도에 따른 갈변도는 건조온도가 높을수록 갈변이 심하고, 같은 온도 범위에서는 상대습도가 높을수록 갈변현상이 감소됨을 알 수 있었다. 그러므로 양파의 건조시 건조기내의 상대습도의 증가는 갈변현상을 감소시켜 피건물의 품질이 향상됨을 알 수 있었다.

한편 건조한 양파의 전단력을 측정 한 결과 Table 1에서 보는바와 같이 건조실내의 상대습도가 낮고 건조온도가 높을수록 증가하는 경향을 보여주었다.

따라서 양파의 적정 건조조건은 외관색면에서 낮은 건조온도와 높은 상대습도를 선택하여야 품질이 좋은 것으로 나타났으며, 주요성분인 pyruvate 함량을 높이기 위해서는 60°C 이상의 건조온도에서 건조하는 것이 바람직한 것으로 나타났다. 따라서 양파의 건조조건은 60~65°C의 건조온도에서 건조실내의 상대습도를 25%

Table 2. Changes of browning degree on the dried onion and ginger

Sample	Drying Temp. (°C)	Browning degree(absorbance at 420 nm)			
		15% RH	20% RH	25% RH	30% RH
Onion	45	0.068	0.064	0.059	0.054
	55	0.078	0.071	0.068	0.058
	65	0.104	0.098	0.084	0.057
	80	0.155	0.149	0.142	0.137
Ginger	50	0.097	0.082	0.075	0.071
	60	0.107	0.103	0.186	0.182
	70	0.145	0.123	0.112	0.107
	80	0.155	0.149	0.142	0.137

Table 3. Effects of drying temperature and relative humidity on the physicochemical properties of dried ginger

Temp. °C	RH (%)	Hunter Value			Shear force (kg)	6-Gingerol content (mg/g)
		L	a	b		
50	15	49.8	8.1	7.1	2.98	4.27
	20	50.4	8.1	6.2	2.75	5.25
	25	50.9	7.4	6.3	2.54	6.71
	30	51.9	7.5	7.0	2.07	7.54
60	15	49.3	8.2	8.3	3.14	3.52
	20	49.5	7.7	5.8	2.92	4.36
	25	50.2	8.2	6.4	2.72	5.64
	30	51.2	7.5	6.6	2.15	6.52
70	15	48.2	8.4	7.2	2.97	2.65
	20	48.5	8.4	6.5	3.11	3.25
	25	49.0	8.4	6.5	2.57	4.24
	30	49.3	8.2	6.3	2.02	4.39
80	15	47.0	8.1	5.5	1.52	1.02
	20	47.2	8.5	8.3	1.45	1.42
	25	47.7	8.4	6.3	1.32	1.95
	30	48.1	8.0	6.3	1.29	2.01

범위로 조절하여 건조하는 것이 효율적이며 양질의 제품을 얻을 수 있는 건조조건으로 나타났다.

**2) 생강**

건조한 생강의 물리 화학적 특성은 Table 2, 3과 같다. 건조온도가 높고 상대습도가 낮을수록 갈변에 의한 외관색도가 저하됨을 알 수 있었다. 또한 생강의 전단력에 대한 건조온도의 영향은 건조온도가 50°C에서 60°C로 증가할 때 전단력도 증가하나, 70°C 이상에서는 감소되어 80°C에서는 낮은 값을 나타내고 있었다. 이러한 현상은 건조시에 생강이 과건되어 표면 피막경화 현상을 일으켜 균열에 의한 건강조직의 파괴로 조직의 결속력이 약화되었기 때문이라 사료된다. 한편 건조실내의 상대습도가 전단력에 미치는 영향은 상대습도가 증가할수록 전단력이 감소하는 것으로 나타났다. 생강의 맛과 향을 내는 가장 중요한 성분으로 알려져 있는 6-gingerol을 건조의 품질변화 지표성분으로 삼아 조사한 결과 건조온도에 따른 6-Gingerol의 함량변화는 Table 3에서 보는바와 같이 건조온도가 증가할수록 점차 감소하는 경향을 보여, 신<sup>3)</sup>의 결과와 유사한 결과를 보여주었다.

한편 상대습도가 높을수록 6-gingerol 함량은 높게 나타났다.

따라서 생강의 적정 건조조건은 6-gingerol이 열에 약하여 건조과정중에 파괴되기 쉬우므로 높은 건조온도는 바람직하지 못한 것으로 나타났다. 그러나 상대습도를 높였을 때 낮은 상대습도보다 6-Gingerol의 파괴가 적으므로, 50°C의 건조온도에서 상대습도를 25~30%로 유지하는 것이 적당하다고 생각된다.

### 감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단 1991년도 학술연구조성비 지원에 의하여 수행된 연구결과의 일부이며, 연구비를 지원하여 준 한국학술진흥재단에 깊은 사의를 표하는 바이다.

### 참고 문헌

1. 김명환, 김병용(1990) 열풍건조전 순환열처리가 건조양파의 품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지 **22**, 539-542.
2. Mazza, G. and M. Lenaguer (1980) Dehydration of onion, *J. Food Technol.* **15**, 181-194.
3. 신애자 (1990) 열 분석에 의한 생강 액기스의 품질평가. 한국식품과학회지 **22**, 229-233.
4. 전재근, 최부들 (1987) 마이크로 컴퓨터를 이용한 식품가공공정중의 온도 및 무게측정용 Analog-digital 변환 및 접속시스템의 제작. 한국식품과학회지 **19**, 129-133.
5. 전재근, 최부들 (1987) 마이크로 컴퓨터 측정 및 제어 시스템을 활용한 식품건조중 자료의 수집제어. 한국식품과학회지 **19**, 200-205.
6. 최재용, 김공환, 전재근 (1987) 마이크로 컴퓨터 시스템을 이용한 표고버섯의 감압건조에 관한 연구. 한국식품과학회지 **19**, 550-555.
7. 권영안, 전재근 (1988) 마이크로 컴퓨터 제어 종속 배양장치와 보리고지 제조의 자동화. 한국식품과학회지 **20**, 326-330.
8. 박재균, 전재근, 이승구, 김공환 (1989) Micro processor를 이용한 과채류 자동저장장치의 제작과 온도 자동 계측 관리시스템. 한국식품과학회지 **21**, 387-390.
9. Chang, D. I. D. S. Chung, H. B. Pfost and D. L. Calderwood (1983) Simulation of rough rice drying by natural air. Res. Rep. Agri. Sci. Tech., Chungnam National University, Korea **10**, 118-128.
10. 한국식품개발연구원 (1988) 건조의 이론과 실제.
11. Schwimmer, S. Weston, W. J. (1961) Enzymetic development of pyruvic acid onion as a measure of pungency. Western Regional Research Laboratory, U. S. Department of Agriculture Albany 10, Calif, **9**, 4-8.
12. 김찬호, 김만옥, 최강주, 손현주, 고성룡, 김석창, 이재준, 허정남 (1991) 인삼성분분석법. 한국인삼연초연구소 149-151.
13. 이병우, 신진건, 김명환, 최춘언 (1989) 열풍건조 전처리 방법이 당근 후레이크의 품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지 **21**, 430-434.

#### Drying of Onion and Ginger using Drying System controlled by Microcomputer

Jong-Young Lee<sup>1</sup>, Hyun-Ah Kang<sup>1</sup>, Kyu-Seob Chang<sup>1\*</sup> and Seok-Shin Kim<sup>2</sup>(<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Taejeon, Korea, <sup>2</sup>Department of Food and Nutrition, Chosun University, Kwangju 501-759, Korea)

**Abstract:** A microcomputer drying system, which could be designed to be operated easily and economically, was developed. The optimum drying conditions with this system for onion and ginger were obtained. The temperature, relative humidity, and weight of material were measured and controlled successfully, and the better quality of products was obtained. Optimum drying condition for onion was 65°C and 25% RH, and for ginger was 50°C and 25%, respectively.

\*Corresponding author