

## 팽화 홍미삼, 홍삼절편 및 백미삼 분말의 흡습특성

김상태 · 윤광섭<sup>1</sup> · 권중호 · 문광덕<sup>†</sup>  
경북대학교 식품공학과, <sup>1</sup>대구가톨릭대학교 식품외식산업학부

### Absorption Characteristics of Puffed Red Ginseng Lateral Root, Red Ginseng Main Root and White Ginseng Lateral Root Powder

Sang-Tae Kim, Kwang-Sup Youn<sup>1</sup>, Joong-Ho Kwon and Kwang-Deog Moon<sup>†</sup>

Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

<sup>1</sup>Department of Food Science & Technology, Catholic University of Daegu, Daegu 712-702, Korea

#### Abstract

In this study, raw ginseng produced by different methods was puffed and the absorption characteristics of the puffed ginseng powders were investigated. Raw ginseng preparations, including white ginseng lateral root (WGL), red ginseng lateral root (RGL) and red ginseng main root (RGM) with 15% moisture were puffed at a pressure of 7 kg/cm<sup>2</sup>. The equilibrium moisture contents of puffed powders were affected by temperature and water activity. The monolayer moisture content determined by the BET equation was 0.034-0.045 g H<sub>2</sub>O/g solid. The R<sup>2</sup> parameter of the BET equation was higher than that of the GAB equation. The absorption enthalpies, calculated using various water activities, showed a decreasing trend with increasing water activity. Amongst models applied for predicting equilibrium moisture content, the Kuhn model was the best fit for puffed ginseng powders, giving the lowest prediction deviation of 2.83-8.65%. The prediction model equation for water activity included the variable of time, water activity (RH/100) and temperature, whereas an equation featuring the parameters of time and water activity was the best model equation identified.

**Key words** : puffing, absorption, ginseng powder, isotherm

#### 서 론

인삼은 다년생의 반음지성(半陰地性) 숙근초(宿根草)로서, 식물학적으로 오가과(五加科) 인삼속(人蔘屬)에 속한다. 학명은 'Panax ginseng C.A. Meyer'으로 1843년에 옛 소련의 Carl Anton Von Meyer(1795~1855)가 명명한 것이며 여기서 "Panax"란 어원은 희랍어로 Pan(all)과 Axos(cure)의 복합어로 만병을 치료한다는 뜻이다(1-3). 홍삼은 수삼을 장기간 저장할 목적으로 쪄 다음 익혀서 건조한 것으로 반복적인 증숙과 건조를 통해 수분함량이 14%이하가 되도록 가공하게 되는데 이 과정 중에 비효소적 갈색화 반응이 촉진되어 농다갈색의 색상을 가지게 되고 매우 단단한 형태로 가공되므로 원형이 장기간 유지된다. 백삼은 원료수삼

의 표피를 벗겨서 일광건조 또는 열풍건조로 수분 함량이 14%이하가 되도록 가공한 것으로 유백색이나 담황색의 색상을 띤다(4).

한편 팽화 인삼이란 인삼을 puffing gun에 고온 고압으로 가열, 폭발시킴으로써 얻어지는 인삼이다. 팽화의 원리는 고온고압의 팽화 공정을 통해서 곡류 전분 및 단백질의 용융에 의한 점탄성을 갖는 용융반죽에 포함된 수분 또는 가스등의 비체적의 증가에 의해 원래 구조가 파열되어 조직을 형성하는 것을 말한다(5,6).

일반적으로 건조분말식품은 저장조건에 따라 품질이 달라지며, 대기 중의 수분을 흡습하여 품질에 영향을 미친다. 즉, 건조분말식품의 저장성은 수분활성도, 제품의 종류, 저장 온도 등 다양한 요인들에 영향을 받으며 특히 수분활성도에 따라 비효소적 갈색화 반응, 지방의 산패, 미생물의 발생 정도가 달라진다. 따라서 건조식품 저장 시 변질을

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : kdmoon@knu.ac.kr,  
Phone : 82-53-950-5773, Fax : 82-53-950-6772

방지하기 위해서는 식품의 수분함량을 측정할 수 있는 등온 흡습곡선을 작성하는 것이 중요하며, 식품표면의 물분자가 단분자층으로 흡착되었을 때의 수분함량인 단분자층 수분 함량을 결정하고, 흡습에 필요한 에너지를 구함으로써 건조식품의 저장조건 및 포장조건의 선택 시 유용한 기초 자료가 된다. 분말식품의 경우 분말입자의 크기, 형태, 화학 성분 등과도 밀접한 관련이 있으며(7-9), 건조분말 식품의 흡습에 관한 연구로서 온도에 따른 보리의 흡습특성(10), 전분과 글루텐의 등온흡습곡선(11), 모형식품의 저장온도에 따른 수분활성도 예측(12), 커피의 흡착량 예측모델(13) 등의 연구가 있다. 그러나 인삼 팽화 분말에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 puffing gun을 이용해서 팽화시킨 팽화 인삼분말의 흡습특성과 기존 모델식과의 적합성 및 수분활성도 예측을 위한 모델식을 수립함으로써 적정 저장 조건 등을 설정하여 팽화 인삼분말의 활용성을 높이고 다른 분말 식품에서도 적용할 수 있는 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

실험에 사용한 원료삼은 2005년 7월 경북 영주 풍기지역에서 생산된 5년근으로 제조한 백미삼(지근), 홍미삼(지근) 및 홍삼절편(주근: 수삼-절편-증삼-건조)을 풍기인삼농협에서 구입하여 크기가 일정한 것을 선별한 후 증자솥에 넣어 30분간 증자 처리하고 5 mm 두께로 절단한 다음 진공 밀폐용기에 넣고 24시간 방치시켜 수분함량을 15%로 조절 한 후 puffing gun을 이용하여 7 kgf/cm<sup>2</sup> 압력으로 팽화 시켰다. 팽화된 제품은 분쇄하여 100 mesh 이하로 체질 후 흡습 특성 등의 실험에 사용하였다.

### 평형수분함량 측정

팽화 인삼분말의 평형수분함량은 수분활성도 측정기 (Thermo-constanter, TH200, Novasina, Swiss)로 측정하였다. 0.2 g의 분말시료를 chamber 내에 넣고 기기 내부의 수분활성도를 포화 염용액(ms1 Set aw, Novasina, Swiss)을 이용하여 0.11, 0.33, 0.53, 0.75, 0.90으로 유지 시킨 후 5℃, 15℃, 25℃의 온도에서 수분활성도의 변화가 없을 때까지 흡습시켜 평형수분함량을 구하였다.

### 단분자층 수분함량 측정

단분자층 수분함량은 BET equation과 GAB equation에 적용하여 결정하였다.

$$\text{BET equation } \frac{Aw}{m(1-Aw)} = \frac{1}{m} \frac{1}{C} + \frac{C-1}{m} C Aw$$

$$\text{GAB equation } m = \frac{m_1 CkAw}{(1-kAw)(1-kAw+CkAw)}$$

Aw: Water activity

m: Equilibrium moisture content (g)

m<sub>1</sub>: Monolayer moisture content (g)

C, k: Experimental constants

### 흡습엔탈피의 결정

평형수분함량에 도달하는데 필요한 흡습엔탈피인 ΔHs는 Clausius-Clapeyron(14)의 변형식을 이용하여 구하였다.

$$-\ln P = \frac{\Delta H_s}{RT}$$

P: Vapor pressure at temperature T

ΔHs: Absorption enthalpy (cal/mol)

R: Gas constant (1.987 cal/mol · k)

T: Absolute temperature (K)

### 등온흡습곡선 모델의 적합성

지금까지 연구된 모델식(15) 중 여러 가지 식품에 비교적 잘 적용되는 6가지 식들을 이용하여 팽화 인삼분말의 평형수분함량을 예측할 수 있는 모델식의 적합성을 알아보았다.

$$\text{Bradley equation } \ln \frac{1}{Aw} = K_2 K_1^M$$

$$\text{Kuhn equation } M = \frac{a}{\ln Aw} + b$$

$$\text{Caurie equation } \ln M = \ln A - r Aw$$

$$\text{Halsey equation } Aw = \exp\left(-\frac{a}{M^n}\right)$$

$$\text{Henderson equation } 1 - Aw = \exp(-KM^n)$$

$$\text{Oswin equation } M = a \left(\frac{Aw}{1-Aw}\right)^n$$

M: Equilibrium moisture content

Aw: Water activity

Other alphabet: Experimental constants

또한, 등온흡습곡선 모델과 실험식과의 편차 P(%)는 다음 식에 의해 계산하였다.

$$P(\%) = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|M_i - M_i^*|}{M_i}$$

M<sub>i</sub>: Experimental moisture content

M<sub>i</sub><sup>\*</sup>: Moisture content on the curve represented by isotherm model equation

n: Number of data

**수분활성도 예측모델**

SPSS package program을 이용하여 평형에 도달하기까지의 수분활성도의 변화를 종속변수로 시간과 상대습도, 온도를 독립변수로 하여 각 상호관계를 여러 가지 함수로 분석하여 최적함수를 선정한 후 상대습도, 상대습도와 시간, 상대습도와 시간 및 온도에 대하여 예측모델을 수립하였다.

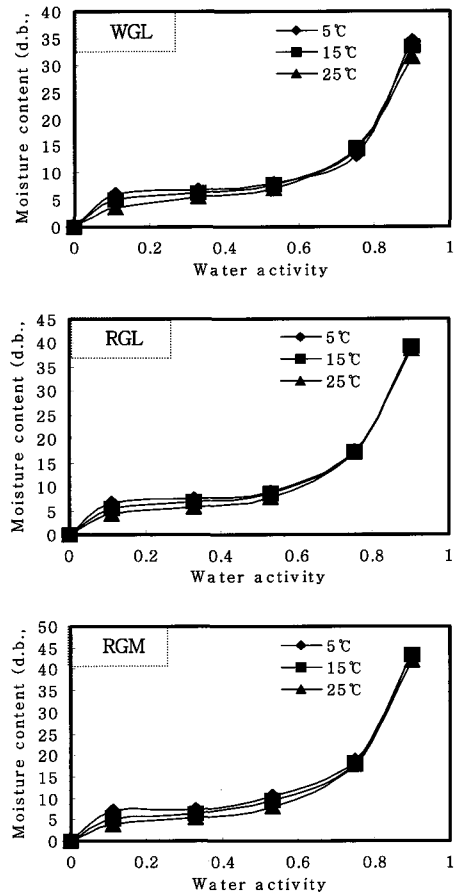
**결과 및 고찰**

**온도와 수분활성도에 따른 평형수분함량**

Fig. 1은 팽화 인삼분말의 수분활성도와 온도조건에 따른 평형수분함량을 나타내는 등온흡습곡선을 나타내었다. 일반적으로 대부분의 식품의 등온흡습곡선은 역S자형을 나타내는데 이와 유사한 결과를 보였으며 수분활성도가 증가함에 따라 흡수되는 수분량도 증가되는 것으로 나타났다. 또한 세 가지 시료 모두 전 구간에서 가장 낮은 온도인 5°C에서의 평형수분함량이 가장 높은 것을 나타냈으며, 이는 낮은 온도에서 대기 중의 수분을 더 많이 응축하기 때문에 평형수분함량이 높게 나타난 것으로 다른 연구의 결과와 유사하였다(16-18). 수분활성도가 높아질수록 온도별 흡습 특성의 차이가 조금씩 감소하였는데, 이는 상대습도가 높아질수록 온도별 흡습특성이 높아진다고 보고한 Ko 등(19)의 표고버섯분말에 대한 연구 결과와는 상반되는 결과를 나타내었다.

**단분자층 수분함량**

건조식품에 있어서 가장 좋은 저장성을 나타내는 수분함량은 그 식품 속에 함유된 물분자들이 단분자층을 형성하는 수분함량과 일치하며 일반적으로 식품 속에서의 단일분자막을 형성하고 있는 물분자들은 식품 내의 성분들이 대기



**Fig. 1. Moisture absorption isotherm of puffed ginseng powder at different temperature.**

WGL: white ginseng lateral root, RGL: red ginseng lateral root, RGM: red ginseng main root.

중의 산소에 직접 노출됨으로써 산화되는 것을 방지해주며 만일 식품 속의 수분함량이 그 단일분자막 형성 수분함량보다 적을 때는 유지의 산화, 비효소적 갈변반응의 속도가

**Table 1. The regression coefficients and monolayer moisture content of puffed ginseng powder determined by BET and GAB equation**

Sample	Temp.(°C)	BET equation				GAB equation				
		C	m <sub>1</sub>	SigF	R <sup>2</sup>	C	k	m <sub>1</sub>	SigF	R <sup>2</sup>
WGL <sup>1)</sup>	5	-13.298	0.034	0.000	0.993	-1.829	0.475	0.157	0.110	0.890
	15	-18.035	0.034	0.000	0.993	-1.852	0.526	0.112	0.061	0.939
	25	-41.775	0.033	0.001	0.985	-1.869	0.545	0.092	0.039	0.961
RGL	5	-16.556	0.040	0.000	0.991	-1.847	0.531	0.127	0.081	0.919
	15	-25.043	0.040	0.000	0.993	-1.857	0.551	0.108	0.055	0.945
	25	58.488	0.040	0.001	0.987	-1.873	0.598	0.072	0.028	0.972
RGM	5	-20.522	0.045	0.000	0.994	-1.858	0.586	0.095	0.025	0.975
	15	-410.018	0.044	0.000	0.997	-1.871	0.605	0.078	0.015	0.985
	25	15.816	0.043	0.001	0.987	-1.881	0.630	0.058	0.011	0.989

<sup>1)</sup>WGL: white ginseng lateral root, RGL: red ginseng lateral root, RGM: red ginseng main root.

**Table 2. The sorption enthalpy of puffed ginseng powder by water activity**

Water activity	Enthalpy of sorption (cal/mol)		
	WGL <sup>1)</sup>	RGL	RGM
0.11	1309.87	1313.65	1302.18
0.33	696.70	695.43	649.12
0.53	371.99	371.61	371.61
0.75	184.13	182.25	182.97
0.90	58.59	59.67	59.45

<sup>1)</sup>WGL: white ginseng lateral root, RGL: red ginseng lateral root, RGM: red ginseng main root.

촉진된다(20). 건조식품의 저장안정성을 나타내는 단분자층 수분함량 구하기 위하여 BET식과 GAB식 두 가지를 사용하였으며 Table 1에 나타내었다. BET식에 의해 계산된 단분자층 수분함량은 0.034~0.045 g H<sub>2</sub>O/g solid의 값을 나타내었으며 GAB식에 의해 계산된 값은 0.058~0.157 g H<sub>2</sub>O/g solid로 나타났다. 또한 BET식에 적용했을 때 R<sup>2</sup>가 0.98~0.99로 높은 유의성을 나타내었다. 선행된 연구에 따르면 BET식을 확장한 모델인 GAB식에 적용했을 때 BET

식보다 유의성이 높은 것으로 보고되었으나 본 연구에서는 BET식이 더 높게 나타나 이전 연구 결과와 상반되는 결과를 나타내었으며 유의성이 더 높은 BET식으로 계산한 단분자층 수분함량이 더 정확한 것으로 판단하였다. 세 가지 시료 모두 온도가 증가할수록 낮은 단분자층 수분함량을 나타내어 다른 연구 결과와 유사하였다(21,22).

**흡습엔탈피**

팽화 인삼분말의 흡습 시 요구되는 엔탈피를 Table 2에 나타내었다. 팽화분말 시료에 따라서는 큰 차이를 나타내지 않았으며 세 가지 시료 모두 수분활성도가 증가함에 따라 엔탈피 값은 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 흡습엔탈피의 결과를 보면 0.11의 수분활성도에서 1302.18~1313.65 cal/mol을 나타내었으나 0.9의 수분활성도에서는 58.59~59.67 cal/mol을 나타내었다. Fig. 1의 등온흡습곡선을 보면 수분활성도가 증가할수록 수분함량이 높아졌는데 수분활성도가 높아질수록 요구되는 흡습에너지가 낮아져 흡습이 쉽게 이루어지는 것을 알 수 있었으며 이는 Apostolopoulos와 Gilbert의 커피분말에 대한 연구 결과(14) 및 Youn의 녹차분말에 대한 연구 결과(21)와 유사하였다.

**Table 3. The regression coefficient and significance values for the absorption model of puffed ginseng powder**

Sample	Temp. (°C)	Bradley					Kuhn				Caurie			
		ln K2	ln K1	SigF	R <sup>2</sup>	b	a	SigF	R <sup>2</sup>	ln A	r	SigF	R <sup>2</sup>	
WGL <sup>1)</sup>	5	0.608	-8.839	0.040	0.802	0.035	-0.032	0.000	0.994	-3.285	-2.033	0.037	0.812	
	15	0.628	-9.262	0.026	0.849	0.033	-0.032	0.000	0.999	-3.470	-2.288	0.016	0.888	
	25	0.595	-9.737	0.019	0.877	0.027	-0.031	0.000	0.997	-3.751	-2.594	0.007	0.934	
RGL	5	0.646	-7.895	0.029	0.839	0.042	-0.037	0.000	0.998	-3.222	-2.172	0.025	0.854	
	15	0.579	-7.707	0.027	0.845	0.036	-0.038	0.000	0.999	-3.374	-2.364	0.016	0.890	
	25	0.457	-7.698	0.021	0.868	0.024	-0.038	0.000	0.997	-3.964	-2.734	0.009	0.925	
RGM	5	0.628	-7.110	0.028	0.842	0.043	-0.041	0.000	0.998	-3.181	-2.241	0.023	0.861	
	15	0.534	-6.908	0.024	0.859	0.030	-0.043	0.000	1.000	-3.493	-2.622	0.010	0.919	
	25	0.457	-6.956	0.022	0.867	0.018	-0.043	0.000	0.998	-3.826	-2.976	0.006	0.940	

Sample	Temp. (°C)	Halsey				Henderson				Oswin			
		ln a	n	SigF	R <sup>2</sup>	ln K	n	SigF	R <sup>2</sup>	ln a	n	SigF	R <sup>2</sup>
WGL <sup>1)</sup>	5	-4.132	1.586	0.010	0.920	2.631	1.382	0.067	0.725	-2.269	0.397	0.029	0.837
	15	-4.043	1.511	0.003	0.966	2.646	1.358	0.037	0.810	-2.326	0.444	0.013	0.904
	25	-3.917	1.382	0.001	0.988	2.614	1.276	0.020	0.874	-2.454	0.503	0.005	0.948
RGL	5	-3.823	1.541	0.006	0.942	2.397	1.360	0.053	0.762	-2.136	0.421	0.022	0.867
	15	-3.735	1.463	0.003	0.965	2.366	1.312	0.038	0.807	-2.192	0.458	0.013	0.902
	25	-3.554	1.301	0.001	0.982	2.250	1.188	0.026	0.850	-2.327	0.528	0.008	0.932
RGM	5	-3.620	1.499	0.006	0.942	2.216	1.322	0.054	0.760	-2.060	0.432	0.022	0.865
	15	-3.473	1.351	0.001	0.980	2.163	1.227	0.029	0.839	-2.233	0.482	0.016	0.889
	25	-3.352	1.209	0.001	0.988	2.083	1.112	0.021	0.868	-2.338	0.574	0.006	0.945

<sup>1)</sup>WGL: white ginseng lateral root, RGL: red ginseng lateral root, RGM: red ginseng main root.

**Table 4. The mean relative percent deviation for the various absorption models of puffed ginseng powder**

Sample	Temp. (°C)	P(%) <sup>1)</sup>			
		Kuhn	Caurie	Halsey	Oswin
WGL <sup>2)</sup>	5	8.65	25.36	16.30	24.35
	15	3.21	20.81	11.01	19.75
	25	6.73	17.37	7.00	15.22
	Average	6.20	21.18	11.44	19.77
RGL	5	5.04	19.19	13.81	22.48
	15	3.62	18.38	11.48	20.58
	25	3.83	17.90	8.76	18.88
	Average	4.16	18.49	11.35	20.65
RGM	5	5.76	19.17	14.72	23.71
	15	2.83	16.62	10.10	17.97
	25	3.81	17.13	7.98	18.65
	Average	4.13	17.94	10.93	20.11

<sup>1)</sup>P(%): Mean relative percent deviation.

<sup>2)</sup>WGL: white ginseng lateral root, RGL: red ginseng lateral root, RGM: red ginseng main root.

**등온흡습곡선의 적합도**

흡습곡선 모델의 적합도를 알아보기 위해 Bonquet 등 (23)의 연구 결과에서 두개의 인자를 이용하여 나타낸 등온 흡습곡선 모델식 중 가장 높은 적합도를 나타낸다고 보고한 위의 6개의 모델식에 적용하여 적합도를 조사하여 Table 3에 나타내었다. 모델식 중 Kuhn 모델식이 온도와 인삼종류에 상관없이 결정계수가 0.99이상의 적합도를 보여 팽화 인삼분말의 평형수분함량을 예측할 수 있는 모델식으로

활용이 가능하리라고 판단된다. Halsey 모델식도 비교적 높은 결정계수 0.92~0.99을 나타내었다. 위의 6가지 모델식은 식품의 종류에 따라 조금씩 적합도가 달라지며, 주로 식품의 성분에 따라서 모델식의 적합도가 결정된다고 보고되었다. Table 4는 위의 6개의 모델식 중 비교적 높은 결정계수를 나타낸 Kuhn, Caurie, Halsey 및 Oswin 등 4개의 모델식을 선정하여 각 시료별로 온도에 따른 실험값과 예측모델에 의한 계산값으로 percent 편차 P(%)로서 적합도를 표시하였는데 P(%)값이 낮을수록 높은 적합성을 나타내었다. 가장 높은 결정계수를 나타낸 Kuhn 모델식이 온도의 상관없이 가장 높은 적합도를 나타내었는데 그 편차가 2.83~8.65%로 가장 적은 편차를 나타내어 팽화 인삼분말의 등온흡습곡선으로 사용가능한 것으로 판단된다.

**수분활성도 예측모델**

팽화 인삼분말의 흡습 중 수분활성도를 예측하기 위한 모델식을 다음과 같이 수립하였다. 먼저 각 독립변수에 따른 종속변수의 변화를 알아보고자 산포도를 그린 후 적절한 함수를 선택하여 가장 적합도가 높은 함수를 선정하였다. 시간의 변화에 따른 팽화인삼분말의 흡습 중 수분활성도를 예측하기 위하여 온도 및 수분활성도(RH/100)를 달리하여 최적함수를 구한 결과 시간에 대해서는 ln 함수가 가장 높은 적합도를 나타내어 저장시간에 따른 수분활성도 예측모델로 선정하였다. 온도와 상대습도에 대해서는 선형 함수를 수분활성도 예측모델로 선정하였다. Table 5에 첫 번째 모델식은 가장 높은 유의성을 나타낸 수분활성도만을 독립변수로 할 경우이고, 두 번째 모델식은 수분활성도와 시간은 독립변수로 할 경우이며 마지막 세 번째 모델식은 수분활성

**Table 5. The linear regression parameter coefficients of the prediction model equations for water activity with time, water activity(RH/100) and temperature of puffed ginseng powder**

Model	Independent variables	WGL <sup>4)</sup>			RGL			RGM		
		Coefficients	Std. error	R <sup>2</sup>	Coefficients	Std. error	R <sup>2</sup>	Coefficients	Std. error	R <sup>2</sup>
I <sup>1)</sup>	Constant	-0.009	0.005	0.977	0.006	0.009	0.920	-0.003	0.005	0.968
	Aw	0.970	0.007		0.938	0.013		0.950	0.008	
II <sup>2)</sup>	Constant	0.002	0.004	0.988	0.010	0.009	0.927	-0.009	0.004	0.983
	Aw	0.903	0.006		0.890	0.014		0.893	0.006	
	ln(time)	0.019	0.001		0.015	0.002		0.023	0.001	
III <sup>3)</sup>	Constant	-0.003	0.004	0.988	0.002	0.011	0.927	-0.019	0.005	0.984
	Aw	0.902	0.006		0.889	0.014		0.892	0.006	
	ln(time)	0.019	0.001		0.016	0.002		0.024	0.001	
	Temperature	0.000	0.000		0.001	0.000		0.001	0.000	

<sup>1)</sup>The model Eq. is Water activity=a(Constant)+b(Aw).

<sup>2)</sup>The model Eq. is Water activity=a(Constant)+b(Aw)+c(ln(time)).

<sup>3)</sup>The model Eq. is Water activity=a(Constant)+b(Aw)+c(ln(time))+d(Temperature).

<sup>4)</sup>WGL: white ginseng lateral root, RGL: red ginseng lateral root, RGM: red ginseng main root.

도, 시간 및 온도를 독립변수로 할 경우의 선형회귀 모델식이다. 첫 번째 모델식도 높은 적합도를 보였으나 두 번째 모델식에서  $R^2$  값이 0.927~0.988로 가장 높은 적합도를 보였으며 세 번째 모델식은 온도 변수를 첨가함에 따라  $R^2$  값이 변화를 보이지 않아 온도에 따라서는 큰 상관관계를 나타내지는 않았다. 따라서 시간과 수분활성도를 독립변수로 하는 두 번째 모델식의 적용으로 흡습 중 수분활성도의 예측을 통해 팽화 인삼분말의 최적 저장조건을 선택하는데 유용할 것이라 판단된다.

### 요 약

백미삼(지근), 홍미삼(지근) 및 홍삼절편(주근: 수삼-절편-증삼-건조)을 대상으로 팽화시켜 팽화 인삼분말의 흡습 특성을 조사하고 수분활성도 예측모델을 수립하였다. 등온 흡습곡선은 대부분의 식품들과 같이 역S형의 형태를 나타내었으며 가장 낮은 온도인 5°C에서 평형수분함량이 가장 높았다. 단분자층수분함량은 BET식에 의해 0.034~0.045 g H<sub>2</sub>O/g solid의 값으로 계산되었으며 BET식에 적용했을 때  $R^2$ 가 0.98~0.99로 GAB식보다 높은 유의성을 보였다. 등온흡습곡선의 적합도는 Kuhn 모델식의  $R^2$ 가 0.99 이상으로 가장 높은 적합도를 보였으며 그 다음으로 Halsey 모델식이 비교적 높은 적합도를 나타내었고 편차에서도 Kuhn 모델식이 2.83~8.65%로 가장 낮게 나타났다. 수분활성도 예측모델 수립을 위해 각 독립변수의 최적함수로 시간은 ln 함수, 온도는 선형 그리고 수분활성도(RH/100)는 선형함수를 선정하였으며 가장 적합한 수분활성도 예측모델식은 세 가지 시료 모두 시간과 수분활성도를 독립변수로 하는 모델식이 가장 적합한 것으로 나타났다.

### 감사의 글

본 논문은 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 수행된 연구 결과이며, 지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Lee, J.W., Seo, C.H. and Chang, K.S. (2003) Physico-chemical characteristics of korean red ginseng powder on pulverizing methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 32(3), 363-369
2. Kwak, Y.S., Park, J.D. and Yang, J.W. (2003) Present and its prospect of red ginseng efficacy research. *Food Ind. Nutr.*, 8(2), 30-37
3. Jee, H.K., Cho, Y.J., Kim, C.T., Jang, Y.S. and Kim, C.J. (2006) Increase of solubility of Ginseng Radix by extrusion cooking. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 38(3), 361-368
4. Kim, M.R., Kim, I.H. and Shim, J.H. (2005) The analysis of volatile components of fresh ginseng, red ginseng and white ginseng by solvent free solid injector(SFSI) techniques. *Kor. J. Environ. Agric.*, 24(2), 164-168
5. Payne, F.A., Taraba. and Saputa, D.A. (1989) Review of puffing processes for expansion of biological products. *J. Food Eng.*, 10, 183-197
6. Ryu, G.H. (1995) Extrusion process by gas injection. *Food Sci. Ind.*, 28, 30-41
7. Diosady, L.L., Rizvi, S.S.H., Cai, W. and Jagdeo, D.J. (1996) Moisture sorption isotherms of canola meals and applications to packaging. *J. Food Sci.*, 61, 204-208
8. Song, J.C. and Park, H.J (1995). Physical, functional, textural and rheological properties of foods. Ulsan Univ. Press, p.216-225
9. Kim, D.W. (1992) A study on the flow ability and absorption of model food powders. Ph.D. dissertation, Chungnam National Univ. Daejeon
10. Basunia, M.A. and Abe, T. (2005) Adsorption isotherms of barley at low high temperature. *J. Food Eng.*, 66, 129-136
11. Viollaz, P.E. and Rovedo, C.O. (1999) Equilibrium sorption isotherms and thermodynamic properties of starch and gluten. *J. Food Eng.*, 40, 287-292
12. Jung, S.H., Chang, K.S. and Park, Y.D. (1993) Prediction of water activity for gelatinized model foods. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 25, 94-97
13. Youn, K.S. (1989) Sorption characteristics and moisture content prediction model of coffee with relative humidity and temperature. M.S. thesis Kyungpook National Univ. Daegu
14. Apostolopoulos, D. and Gilbert, S.G. (1990) Water sorption of coffee solubles by frontal inverse gas chromatography: thermodynamic considerations. *J. Food Sci.*, 55, 475-477
15. Al-Muhtaseb, A.H. McMinn, W.A.M and Magee, T.R.A. (2004) Water sorption isotherms of starch powders Part I. Mathematical description of experimental data. *J. Food Eng.*, 61, 297-307
16. Kim, H.K., Park, M.H., Shin, D.H. and Min, B.Y. (1984) Color changes and sorption characteristics of whole red pepper with relative humidity and temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 16(4), 437-442

17. Shin, H.K., Hwang, S.H. and Youn, K.S. (2003) Absorption characteristics and prediction model of ginger powder by different drying methods. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 35(2), 211-216
18. Kim, H.K., Jo, K.S., Kang, T.S. and Shin, H.S. (1987) Browning and sorption characteristics of dried garlic flakes with relative humidity and storage temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 19(2), 176-180
19. Ko, J.W., Lee, W.Y., Lee, J.H., Ha, Y.S. and Choi, Y.H. (1999) Absorption characteristics of dried shiitake mushroom powder using different drying methods. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 31(1), 128-137
20. Kwon, Y.J., Kwon, J.H., Park, G.H., Park, Y.K. and Yang, H.C (2006) Food chemistry. Youngchi Publishing Co., Seoul, Korea, p.29-34
21. Youn, K.S. (2004) Absorption characteristics of green tea powder as influenced by particle size. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 33(10), 1720-1725
22. Sukumar, D., Hermavathy, J. and Bhat, K.K. (2002) Moisture sorption studies on onion powder. *Food Chem.*, 78, 479-482
23. Bonquet, R., Chrife, J. and Igleasis, H.A. (1978) Equations for fitting water sorption isotherms of foods. II. Evaluation of various two-parameter model. *J. Food Technol.*, 13, 319-322

---

(접수 2007년 11월 9일, 채택 2008년 1월 11일)