

건조방법에 따른 생강분말의 흡습특성과 예측모델에 관한 연구

신해경 · 황성희 · 윤광섭*
대구가톨릭대학교 식품공학과

Absorption Characteristics and Prediction Model of Ginger Powder by Different Drying Methods

Hae-Kyoung Shin, Sung-Hee Hwang and Kwang-Sup Youn*
Department of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu

Absorption characteristics of hot air-, vacuum-, and freeze-dried ginger powder were investigated. Monolayer moisture content as determined by GAB equation was 0.257~0.540 H₂O/g, showing higher significance than BET equation. Absorption enthalpy was calculated based on different drying methods and water activities. Absorption energy decreased with increasing water activity but was not affected by drying method. Isotherm curves showed a typical sigmoid form. Among models applied for predicting equilibrium moisture content, Caurie model was the best fit model for ginger powder, showing the lowest prediction deviation of 1.2~5.4%, followed by Henderson then Bradley models. The prediction model equations for the moisture content were established by ln(time), water activity, and temperature.

Key words: ginger powder, absorption, drying, model, isotherm

서 론

생강(生薑, *Zingiber officinale* Roscoe)은 이집트, 이라크 등의 열대와 아열대 지역이 원산지로서 유사 이전부터 재배되어 온 생강과에 속하는 다년생 초본식물의 근경이다⁽¹⁾. 생강의 근경은 특유의 맛과 향기를 지니고 있어 세계적으로 널리 애용되고 있는 기호성이 좋은 향신료의 하나로 생생강, 건생강, absolute, oleoresin, essential oil 등의 형태로 유통되고 있고 식용, 약용 또는 화장품용으로 다양하게 이용되고 있다⁽²⁾. 또한 최근 한방병원 등에서 생강의 essential oil을 이용한 향기 요법으로 감기, 두통, 설사, 요통, 관절염 및 정신적 피로에 대한 치료제로서 사용하고 있는 것으로 보고된 바 있다⁽³⁾.

일반적으로 건조식품의 경우에는 아무리 건조가 잘 되었다 하더라도 저장온도 및 저장상대습도, 포장재의 방습조건 등이 적합하지 않으면 흡습에 의해서 저장기간 중 품질변화가 심하게 일어난다. 즉, 건조식품의 저장성은 수분활성도, 제품의 종류, 저장 온도 등 다양한 요인들에 영향을 받으며

특히 수분활성도에 따라 비효소 갈색화 반응, 지방의 산패, 미생물의 발생 정도가 달라진다. 따라서 건조식품 저장시 변질을 방지하기 위해서는 식품의 수분함량을 측정할 수 있는 등온흡습곡선을 작성하는 것이 중요하며, 식품표면의 불분자가 단분자층으로 흡착되었을 때의 수분함량인 단분자층 수분함량을 결정하고, 흡습에 필요한 에너지를 구함으로서 건조식품의 저장조건 및 포장조건의 선택시 유용한 기초 자료가 된다^(4,5). 특히 분말식품의 경우에는 분말입자의 크기, 형태, 화학 성분 등과도 밀접한 관련이 있으며, 분말입자의 크기와 형태는 가공 방법에 따라 달라진다. 이러한 분말식품의 다양성 때문에 지금까지 연구되어 온 등온흡습곡선을 구하는 것으로는 여러 가지 모델식들이 있지만 식품의 종류에 따라 적용되는 모델식들이 달라진다⁽⁶⁾. 건조분말 식품의 흡습에 관한 연구로는 Yang⁽⁷⁾과 Saravacos⁽⁸⁾에 의한 건조방법에 따른 흡습특성, 김⁽⁶⁾에 의한 분말입자의 유동특성 및 흡습특성, 상대습도와 저장온도에 따른 흡습특성⁽⁹⁾, 수분활성도 예측⁽¹⁰⁾, 흡착특성 및 흡착량 예측모델⁽¹¹⁾ 등의 연구가 있다.

따라서 본 연구에서는 수분함량이 높은 생강을 현재 상업적으로 널리 사용되고 있는 건조방법인 열풍건조, 진공건조 및 동결건조에 따라 분말생강을 제조하여 흡습특성과 아울러 수분함량 예측을 위한 모델식을 수립함으로써 분말생강의 활용성을 높이고 다른 분말식품에서도 적용할 수 있는 기초자료를 제공하고자 하였다.

*Corresponding author : Kwang-Sup Youn, Department of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu, 330 Kumrak 1-ri, Hayang-up, Kyongsan 712-702, Korea
Tel: 82-53-850-3209
Fax: 82-53-850-3209
E-mail: ksyoun@cataegu.ac.kr

재료 및 방법

생강 건조

본 실험에서 사용된 생강은 시장에서 구입하여 세절한 후 각각 1.5 kg의 생강을 열풍건조는 hot air dry oven(C-DM3, Jeil Tech., Korea)을 이용하여 60°C에서 수분의 변화가 없을 때까지 약 8시간을 건조하였으며, 진공건조는 vacuum dry oven(Gallen Kamp Co., England)을 이용하여 60°C, 70 mmHg에서 8시간 동안 건조하였다. 동결건조는 deep freezer를 이용하여 -50°C에서 24시간 동안 동결시킨 후 동결건조기(T D5070 RR, Ilshin Lab Co., Korea)를 사용하여 10 mmHg에서 20시간을 건조하였다. 건조한 생강을 cutting mill(J-NCM, Jeil science, Korea)로 분쇄하여 100 mesh 이하로 분리하여 실험에 사용하였다.

Gingerol 함량

생강 특유의 맛과 향기를 내는 성분인 gingerol을 HPLC(Beckman system gold, Beckman Coulter, USA)로 분석을 하였으며 이때 분석조건으로 column은 HP-C18, mobile phase는 CH₃CN:H₂O(38:62), detector는 UV/VIS 280 nm, flow rate 1.5 mL/min, injection volume은 20 µL였다.

평형수분함량의 측정

분말생강의 평형수분함량은 수분활성도 측정기(Thermoconstanter, TH200, Novasina, Swiss)로 측정하였다. 0.3 g의 분말생강을 chamber 내에 담고 기기 내부의 수분활성도를 포화 염용액을 이용하여 0.11, 0.33, 0.53, 0.75, 0.90로 유지시킨 후 10, 20, 30°C의 온도에서 평형이 될 때까지 흡습시켜 평형수분함량을 구하였다.

단분자층 수분함량의 결정

단분자층 수분함량은 BET equation과 GAB equation에 적용하여 결정하였다.

$$\text{BET equation } \frac{Aw}{m(1-Aw)} = \frac{1}{m_1C} + \frac{C-1}{m_1C} Aw \quad (1)$$

$$\text{GAB equation } m = \frac{m_1CkAw}{(1-kAw)(1-kAw+CkAw)} \quad (2)$$

Aw: Water activity

m: Equilibrium moisture content (g)

m₁: Monolayer moisture content (g)

C, k: Experimental constants

흡습엔탈피의 결정

평형수분함량에 도달하는데 필요한 흡습엔탈피 ΔHs는 Clausius-Clapeyron의 변형식을 이용⁽¹²⁾하여 구하였다.

$$-\ln P = \frac{\Delta H_s}{RT} \quad (3)$$

P: Vapor pressure at temperature T

Hs: Absorption enthalpy (kcal/mol)

R: Gas constants (1.987 cal/mol.K)

T: Absolute temperature (K)

등온흡습곡선 모델식의 적합성

지금까지 연구된 모델식 중 여러 가지 식품에 비교적 잘 적용되는 6가지 식들을 이용하여 분말생강의 평형수분함량 예측할 수 있는 모델식의 적합성을 알아보았다.

$$\text{Bradley equation } \ln \frac{1}{Aw} = K_2 K_1^M \quad (4)$$

$$\text{Kuhn equation } M = \frac{a}{\ln Aw} + b \quad (5)$$

$$\text{Caurie equation } \ln M = \ln A - rAw \quad (6)$$

$$\text{Halsey equation } Aw = \exp(-a/M^n) \quad (7)$$

$$\text{Henderson equation } 1 - Aw = \exp(-KM^n) \quad (8)$$

$$\text{Oswin equation } M = a \left(\frac{Aw}{1-Aw} \right)^n \quad (9)$$

M: Equilibrium moisture content (d.b.%)

Aw: Water activity

Other Alphabets: Experimental constants

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

$$P(\%) = \frac{100}{n} \sum_{i=0}^n \frac{|M_i - M_i^*|}{M_i} \quad (10)$$

M_i: Experimental moisture content

M_i*: Moisture content on the curve representing isotherm equations

n: number of data point

수분함량 예측

SPSS package program을 이용하여 수분함량을 종속변수로 시간과 수분활성도, 온도를 독립변수로 하여 각 상호관계를 여러 가지 함수로 분석하여 최적함수를 선정한 후 시간, 시간과 수분활성도, 시간과 수분활성도 및 온도에 대하여 예측 모델을 수립하여 수분함량 예측모델을 수립하였다.

결과 및 고찰

건조방법에 따른 gingerol 함량의 변화

건조방법별로 제조한 분말생강의 gingerol 함량을 분석한 결과를 아래의 Table 1에 나타내었다. 생강이 향신료로서 뿐만 아니라 약용으로 사용되는 것은 생강 중의 매운맛 성분인 gingerol이 함유되어 있기 때문인데⁽¹³⁾, gingerol은 생강의 다른 성분에 비하여 그 함량도 많기 때문에 생강의 저장, 유통 중의 품질지표물질로 많이 사용되고 있는 성분이다⁽¹⁴⁾. 각 함량은 건조방법별로 조금씩 차이가 나는데, 열풍 건조한 시료의 gingerol 함량은 438.9 mg%로 다른 건조방법에 비해 낮

Table 1. The gingerol contents of ginger powder prepared by different drying method

Drying methods	Gingerol content (mg%)
Hot air drying	438.9±21.85 ¹⁾
Vacuum drying	561.1±15.38
Freeze drying	501.6±24.81

¹⁾Values are means ±SD of triplicate determinations.

은 함량을 보이는데 이는 gingerol 화합물이 고온이나 산, 알카리 조건에서 쉽게 열분해를 받아 shogaol 및 zingerone으로 변화되는 특성⁽¹³⁾이 있어 건조 과정 중에 열에 의한 성분의 파괴가 일어난 것으로 생각되며 이러한 결과는 이 등⁽¹⁵⁾의 연구와 유사하였다. 진공건조와 동결건조의 경우는 gingerol 함량이 각각 561.1 mg%, 501.6 mg%으로 나타나 열풍건조에 비해 많은 gingerol 함량을 보였다.

온도와 수분활성도에 따른 평형수분함량

건조식품의 안정성은 저장온도, 수분활성도와 수분함량에 따라서 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다⁽¹⁴⁾. 건조방법에 따라 달리 제조한 분말생강의 흡습특성을 알아보하고자 10, 20, 30°C의 온도에서 수분활성도 0.11, 0.33, 0.53, 0.75, 그리고 0.90으로 조절한 용기내에서 평형에 도달하기까지의 수분함량의 변화를 알아보았다. 평형에 도달하는 시간은 수분활성도에 따라 차이가 있는데, 높은 수분활성도, 즉 0.75, 0.90의 수분활성도에서는 평형에 도달하는 시간이 길어지고 0.11, 0.33, 0.53의 수분활성도에서는 비교적 단시간 내에 평형에 도달하였다. 또 높은 수분활성도에서는 흡습 초기에 빠른 속도로 흡습이 이루어지다가 평형에 가까워지고 시간이 지남에 따라 완만한 경사를 보였으며 수분활성도가 높아짐에 따라 빠르게 흡습을 시작하는 것으로 나타났는데 이러한 결과는 일반적인 연구결과와 일치하였다. 그리고 온도에 따라서도 온도가 높아짐에 따라 평형에 도달하는 시간이 더 짧아지며 낮은 온도보다 초기 흡습이 빠른 것으로 나타났고 특히 30°C, 0.90의 수분활성도에서 동결 건조한 시료가 높은 수분활성도를 보여 그 외 다른 온도에 비해 평형에 빨리 도달하는 것으로 나타났다.

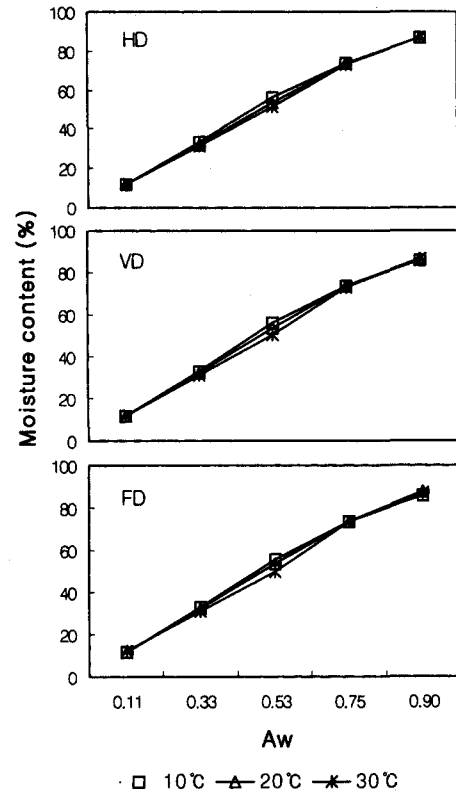


Fig. 1. Isotherm curves of ginger powder by different drying method at different temperature.

분말생강의 온도와 수분활성도에 따른 평형수분함량의 변화를 나타내는 등온흡습곡선을 Fig. 1에 나타내었으며 그 결과 일반적인 식품의 등온흡습곡선 모양인 sigmoid형태를 나타내었다. 건조방법에 따른 차이를 얻기는 어려우나 수분활성도 0.53에서 살펴보면 낮은 온도에서의 평형수분함량이 높은 것으로 나타나는데 온도가 낮을수록 대기중의 수분응축이 온도가 높을 때보다 용이하기 때문에 평형수분함량이 더 높게 나타난 것으로, 이는 김 등⁽¹⁶⁾과 김 등⁽¹⁷⁾의 연구 결과와 유사하였다. 열풍 건조한 분말생강의 경우 온도가 높아짐에 따라 평형수분함량이 증가하였으며 진공건조나 동결 건조 또한 낮은 온도보다 높은 온도에서 평형수분함량이 낮았

Table 2. The regression coefficients and monolayer moisture content of ginger powder determined by BET and GAB equation with different drying method

Drying method	Temp (°C)	BET equation				GAB equation				
		b0 ¹⁾	b1 ¹⁾	SigF	R ²	C	k	m ₁	SigF	R ²
Hot air drying	10	0.073	-0.051	0.275	0.372	80.800	0.156	0.478	0.003	0.997
	20	0.118	-0.102	0.041	0.799	114.481	0.163	0.279	0.003	0.997
	30	0.085	-0.061	0.235	0.422	61.422	0.208	0.409	0.008	0.992
Vacuum drying	10	0.066	-0.046	0.233	0.426	-164.626	-0.087	0.540	0.012	0.988
	20	0.0938	-0.069	0.234	0.424	39.280	0.318	0.375	0.010	0.990
	30	0.074	-0.052	0.284	0.361	56.876	0.217	0.470	0.012	0.988
Freeze drying	10	0.083	-0.060	0.245	0.410	43.1063	0.289	0.419	0.012	0.988
	20	0.135	-0.115	0.113	0.622	24.088	0.547	0.257	0.006	0.995
	30	0.106	-0.084	0.174	0.512	32.018	0.405	0.328	0.019	0.981

¹⁾The b0 and b1 represent the intercept and slope of BET equation.

Table 3. The absorption enthalpy of ginger powder by different drying method and water activity

Water Activity	Enthalpy of sorption (kcal/mol)		
	Hot air drying	Vacuum drying	Freeze drying
0.11	1.241	1.247	1.238
0.33	0.660	0.659	0.662
0.55	0.363	0.364	0.369
0.75	0.180	0.179	0.179
0.90	0.083	0.085	0.080

다. 이와 같은 이유는 평형에 도달하는 시간이 고온에서는 단축되므로 평형수분함량 또한 낮아지는 것으로 생각할 수 있으며 동결건조나 진공 건조한 분말이 열풍 건조한 분말보다 온도에 따른 흡습특성이 명확한 것은 분체의 특성상 공극의 입자가 크기 때문인 것으로 생각된다.

단분자층 수분함량

단분자층은 등온흡습곡선에서 처음 부분 즉, 물분자가 carboxyl group과 amino group과 같은 이온결합으로서 polar bond를 형성하여 수분활성도가 낮은 곡선부분을 말하며, 분말식품의 저장안정성을 나타내는 것으로 알려진 단분자층 수분함량을 구하기 위하여 BET식과 GAB식을 이용하여 그 계수값을 Table 2에 나타내었다. 그러나 BET 식에 적용한 결과 결정계수나 유의성을 살펴보면 만족할만한 유의성을 얻을 수가 없었으나 GAB식에 적용하여 본 결과 20°C에서 열풍 건조한 분말생강의 R²가 0.9972로 높은 유의성을 가져 본

연구에서의 단분자층 수분함량을 예측하는데 무리가 없을 것으로 생각되며 계산된 단분자층 수분함량은 0.257~0.540 H₂O/g solid의 값으로 나타났다. 각 건조방법별 단분자층 수분함량을 보면 진공건조가 가장 높은 값을 보이며 열풍건조, 동결건조의 순으로 나타났으며 온도가 내려감에 따라서 단분자층 수분함량은 다소 올라가는 경향을 보였다. 이러한 결과는 김 등⁽¹⁸⁾의 연구 결과와 유사하였으며, 분말생강에서도 역시 온도가 내려감에 따라 적정저장 수분함량은 다소 증가해도 무방하리라 생각된다.

흡습엔탈피

분말생강의 흡습시 요구되는 엔탈피를 Table 3에 나타내었다. 건조방법에 따라서는 큰 차이가 없으나 수분활성도가 0.11에서 0.90으로 증가함에 따라 흡습엔탈피의 값은 열풍건조의 경우 급격히 감소되는 경향을 보였다. 등온흡습곡선을 보면 수분활성도가 증가할수록 수분함량도 높아졌는데 수분활성도가 높을수록 필요로 하는 흡습에너지가 낮아져 흡습이 쉽게 이루어짐을 알 수 있다. 이러한 경향은 Apostolopoulos 등⁽¹²⁾의 연구와 유사하게 나타났으며, 분말생강과 같은 건조식품은 통상 7~8%의 수분함량에서 저장되기 때문에 흡습성이 큰 분말을 저장할 경우 대기의 수분을 효과적으로 차단시켜 줄 수 있는 방습포장재나 적절한 저장조건을 유지해주는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

등온흡습곡선의 적합도

기존 흡습곡선 모델의 적합도를 알아보기 위해 6개의 기존 모델식을 이용하여 적합도를 조사하여 Table 4에 나타내

Table 4. The regression coefficient and significance values for the absorption model of ginger powder with different drying method and temperature

Drying method	Temp. (°C)	Bradley				Kuhn				Caurie			
		lnK ₂	lnK ₁	SigF	R ²	b	a	SigF	R ²	ln A	r	SigF	R ²
Hot air drying	10	1.38	-0.04	0.004	0.95	30.93	-6.72	0.086	0.68	2.39	-4.74	0.000	0.99
	20	1.39	-0.04	0.005	0.95	31.04	-6.66	0.088	0.68	2.39	-4.70	0.000	0.99
	30	1.39	-0.04	0.004	0.95	30.73	-6.69	0.085	0.68	2.39	-4.69	0.000	0.99
Vacuum drying	10	1.36	-0.04	0.003	0.97	29.53	-6.89	0.074	0.71	2.46	-4.79	0.000	0.99
	20	1.35	-0.04	0.003	0.96	29.59	-6.84	0.077	0.70	2.47	-4.78	0.000	0.99
	30	1.35	-0.04	0.002	0.97	29.46	-6.99	0.071	0.72	2.48	-4.87	0.000	0.99
Freeze drying	10	1.35	-0.04	0.002	0.97	28.77	-6.93	0.068	0.73	2.46	-4.74	0.000	0.99
	20	1.33	-0.04	0.002	0.97	28.57	-6.96	0.067	0.73	2.47	-4.76	0.000	0.99
	30	1.33	-0.04	0.002	0.98	28.34	-7.07	0.063	0.74	2.49	-4.82	0.000	0.99
Drying method	Temp. (°C)	Halsey				Henderson				Oswin			
		ln a	n	SigF	R ²	ln K	n	SigF	R ²	ln a	n	SigF	R ²
Hot air drying	10	4.38	-1.33	0.034	0.82	-5.76	1.42	0.002	0.97	3.69	0.47	0.012	0.91
	20	4.38	-1.33	0.035	0.82	-5.77	1.42	0.002	0.97	3.69	0.46	0.012	0.91
	30	4.41	-1.34	0.033	0.82	-5.80	1.43	0.002	0.97	3.69	0.46	0.011	0.91
Vacuum drying	10	4.38	-1.34	0.029	0.84	-5.73	1.42	0.001	0.98	3.67	0.47	0.009	0.92
	20	4.32	-1.32	0.031	0.83	-5.68	1.41	0.001	0.98	3.67	0.48	0.010	0.92
	30	4.39	-1.34	0.028	0.84	-5.74	1.42	0.001	0.98	3.68	0.47	0.009	0.93
Freeze drying	10	4.54	-1.38	0.024	0.86	-5.86	1.46	0.001	0.99	3.66	0.47	0.007	0.94
	20	4.49	-1.37	0.024	0.86	-5.81	1.44	0.001	0.99	3.66	0.47	0.007	0.94
	30	4.55	-1.39	0.022	0.87	-5.85	1.45	0.001	0.99	3.66	0.47	0.006	0.94

Table 5. The mean relative percent deviation for the various absorption models of ginger powder with different drying method and temperature

Drying method	Temp. (°C)	P (%) ¹⁾			
		Oswin	Caurie	Henderson	Bradley
Hot air drying	10°C	8.99	2.53	4.88	7.76
	20°C	8.41	3.47	4.25	6.69
	30°C	8.07	1.24	4.01	5.89
	Average	8.49	2.41	4.38	6.80
Vacuum drying	10°C	9.18	2.49	5.13	7.96
	20°C	8.78	3.51	4.62	7.10
	30°C	7.86	1.67	3.76	5.56
	Average	8.61	2.55	4.51	6.87
Freeze drying	10°C	8.47	1.56	4.32	7.20
	20°C	8.33	5.39	4.15	6.49
	30°C	7.48	3.18	3.35	4.95
	Average	8.09	3.37	3.94	6.21

¹⁾P (%): Mean relative percent deviation.

Table 6. The linear regression parameter coefficients of the prediction model equations for moisture content with time, water activity and temperature of ginger powder

Model	Independent Variables	Hot air drying			Vacuum drying			Freeze drying		
		Coefficients	Std. Error	R ²	Coefficients	Std. Error	R ²	Coefficients	Std. Error	R ²
I ¹⁾	Constant	48.34	1.32	0.585	45.64	1.27	0.655	47.77	1.41	0.561
	ln (time)	11.72	0.71		12.58	0.66		11.78	0.78	
II ²⁾	Constant	11.27	1.07	0.955	10.58	1.26	0.942	9.79	1.35	0.931
	ln (time)	6.02	0.28		7.44	0.32		6.11	0.36	
	Aw	0.63	0.01		0.60	0.02		0.65	0.02	
III ³⁾	Constant	7.56	1.27	0.960	5.72	1.38	0.952	3.40	1.51	0.946
	ln (time)	6.25	0.27		7.76	0.30		6.62	0.33	
	Aw	0.63	0.02		0.58	0.02		0.64	0.19	
	Temperature	0.21	0.04		0.30	0.05		0.37	0.05	

¹⁾The model Eq. is Moisture content=Constant+a(ln(time)).

²⁾The model Eq. is Moisture content=Constant+a(ln(time))+b(Aw).

³⁾The model Eq. is Moisture content=Constant+a(ln(time))+b(Aw)+c(Temperature).

었다. 가장 높은 적합도를 나타낸 식은 Caurie 모델로 건조 방법이나 온도에 관계없이 결정계수가 0.99이상의 적합도를 보여 생강분말의 예측식으로 활용이 가능함을 알 수 있었다. 그 외 Henderson 모델이 0.97~0.98, Bradley 모델이 0.95~0.97 등의 높은 결정계수값을 보여 분말생강의 흡습특성을 예측할 수 있는 모델로 적용이 가능하였다. Boquet 등⁽¹³⁾의 보고에서도 위의 식들이 높은 적합도를 나타낸다고 보고한 바가 있다. 그러나 Table 4에서 보듯이 적합도가 높은 식이라도 온도 및 건조방법에 따라서 그 식에 적용하는 인자들의 값이 달라지므로 얻어진 계수 값을 사용하여 예측모델을 계산하면 각 조건에서의 예측 값을 얻을 수 있다. Table 5에서는 본 연구에서 높은 적합도를 보인 Caurie, Henderson, Bradley 그리고 Oswin 등 4개의 모델식을 선정하여 각 시료별 건조방법과 온도에 따라 실험 값과 예측모델에 의한 계산 값으로 percent 편차 P(%)로서 적합도를 표시하였는데 P(%) 값은 낮을수록 높은 적합성을 나타내었다. 건조방법과 온도별 가장 높은 적합도를 나타낸 Caurie 모델이 1.24~

5.39%의 가장 적은 편차를 보였다.

수분함량 예측모델

분말생강의 흡습 중 수분함량을 예측하기 위한 모델식을 수립하였다. 먼저 각 독립변수에 따른 종속변수의 변화를 알아보고자 산포도를 그린 후 적절한 함수를 선택하여 가장 적합도가 높은 함수를 선정하였다. 시간의 변화에 따른 분말생강의 수분함량을 예측하기 위한 최적 함수는 ln 함수가 가장 높은 적합도를 보여 모델함수로 선정하였다. 수분활성도와 온도에 따른 수분함량의 변화는 일차식의 선형이 가장 높은 적합도를 보였다. 따라서 Table 6에 분말생강의 수분함량을 예측하기 위해 수립된 모델식을 나타내었다. 첫번째 모델식은 시간만을 독립변수로 할 경우, 두번째 모델식은 시간과 수분활성도를 변수로 한 선형회귀 모델, 세번째 모델식은 시간과 수분활성도, 온도를 변수로 하여 수립한 모델식으로서 온도항을 첨가하여 온도의 변화에 따른 수분함량의 변화를 예측할 수 있을 것으로 생각된다. 이때 수립된 예측모델은

본 연구에서의 실험구간인 수분활성도 0.11에서 0.90까지, 온도 10°C에서 30°C내의 범위에서 수립되었으므로 적용범위도 실험구간 범위내로 한정되어야 한다.

요 약

열풍, 진공 및 동결건조한 생강분말의 흡습특성을 조사하고 저장 중 수분함량 예측모델식을 수립하였다. 단분자층 수분함량은 BET식보다 GAB식이 더 높은 유의성을 보였으며 등온흡습곡선은 sigmoid 형태로서 건조방법에 따른 차이는 없었으나 낮은 온도에서 평형수분함량이 높았다. 건조방법에 따른 흡습엔탈피는 큰 차이가 없었으나 수분활성도가 증가함에 따라 낮은 흡습에너지를 보였다. 등온흡습곡선의 적합도는 Caurie 모델이 R^2 0.99 이상으로 높은 적합도를 나타내었고 그 외 Henderson, Bradley 모델의 순으로 높은 적합도를 나타내었으며, 편차도 Caurie 모델이 1.2~5.4%로 가장 낮았다. 수분함량 예측을 위해 각 독립변수의 최적함수로 시간은 ln 함수, 수분활성도와 온도는 일차식을 선정하였으며 수분함량 예측모델식은 건조방법에 관계없이 시간과 수분활성도, 온도로 수립한 모델식의 적합도가 높았다.

감사의 글

본 연구는 대구가톨릭대학교 일반 연구비 지원에 의한 것으로 이에 감사 드립니다.

문 헌

1. Lee, C.B. Illustrated Flora of Korea, pp. 231-231. Hyangmoon Publish Co., Seoul (1979)
2. Leung, A.Y. Encyclopedia of Common Natural Ingredients, pp. 270-274. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA (1980)
3. Cooksley, V. Aromatherapy: A Life Time Guide to Healing with Essential Oils, pp. 349-350. Prentice Hall Press, Englewood Cliffs, N.J., USA (1996)
4. Diosady, L.L., Rizvi S.S.H., Cai, W. and Jagdeo, D.J. Moisture sorption isotherms of canola meals and applications to packaging. J. Food Sci. 61: 204-208 (1996)

5. Song, J.C. and Park, H.J. Physical, Functional, Textural and Rheological Properties of Foods, pp. 216-225. Ulsan Univ. Press, Ulsan (1995)
6. Kim, D.W. A study on the flow ability and absorption of model food powders. Ph.D. dissertation, Chungnam Univ., Daejeon (1992)
7. Yang, C.S.T. and Atallah, W.A. Effect of four drying methods on the quality of intermediate moisture lowbush blueberries. J. Food Sci. 50: 1233-1237 (1985)
8. Saravacos, G.D. Effect of the drying method on the water sorption of dehydrated apple and potato. J. Food Sci. 32: 81-84 (1967)
9. Kim, H.K., Jo, K.S., Hawer, W.D. and Shin, D.H. Browning and sorption characteristics of garlic powder with relative humidity and storage temperature. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 399-404 (1988)
10. Jung, S.H., Chang, K.S. and Park, Y.D. Prediction of water activity for gelatinized model foods. Korean J. Food Sci. Technol. 25: 94-97 (1993)
11. Youn, K.S. Sorption characteristics and moisture content prediction model of coffee with relative humidity and temperature, M.S. thesis, Kyungpook Univ., Daegu (1989)
12. Apostolopoulos, D. and Gilbert, S.G. Water sorption of coffee solubles by frontal inverse gas chromatography: thermodynamic considerations. J. Food Sci. 55: 475-477 (1990)
13. Lee, Y.B., Kim, Y.S. and Ashmore, C.R. Antioxidant property in ginger rhizome and its application to meat products. J. Food Sci. 51: 20-27 (1986)
14. Labuza, T.P., McNally, L., Gallagher, D., Hawkes, J. and Hurtado, F. Stability of intermediate moisture foods. J. Food Sci. 37: 154-160 (1972)
15. Lee, J.Y., Kang, H.A., Chang, K.S. and Kim, S.S. Drying of onion and ginger using drying system controlled by microcomputer. Agric. Chem. Biotechnol. 38: 78-82 (1995)
16. Kim, H.K., Jo, K.S., Park, M.H., Chang, Y.S. and Sing, Z.I. Comparison of sorption characteristics of red pepper powders with their seeds mixing ratio. Korean J. Food Sci. Technol. 22: 817-823 (1990)
17. Kim, H.K., Jo, K.S., Kang, T.S. and Shin, H.S. Browning and sorption characteristics of dried garlic flakes with relative humidity and storage temperature. Korean J. Food Sci. Technol. 19: 176-180 (1987)
18. Kim, D.W., Chang, K.S., Lee, U.H. and Kim, S.S. Moisture sorption characteristics of model food powders. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 1146-1150 (1996)

(2003년 1월 6일 접수; 2003년 4월 7일 채택)