

## 저장상대습도 및 온도에 따른 분말고추의 吸湿特性

김현구 · 박무현 · 민병용 · 서기봉

농어촌개발공사 식품연구소

## Sorption Characteristics of Red Pepper Powder with Relative Humidity and Temperature

Hyun Ku Kim, Mu Hyun Park, Byong Yong Min and Kee Bong Suh

Food Research Institute/AFDC, Hwasung-Gun, Gyunggi-Do, 170-31, Korea

### Abstract

The sorption characteristics of red pepper powder stored at various relative humidity and temperature were studied. At low relative humidity below RH 57%, the sorption equilibrium was easily attained, whereas at higher relative humidity above RH 75%, the powder was browned by higher equilibrium moisture content. The moisture content of monolayer value for the powder was ranging from 11.32% to 12.13% with temperature. First order regression equation of equilibrium moisture content for relative humidity was determined.

### 서 론

분말고추와 같은 乾燥粉体食品은 건조가 잘 되었다 하더라도 저장온습도 및 포장재의 방습조건이 적합하지 않으면 吸湿에 의해서 저장기간중 품질의 劣化가 심하게 일어난다.<sup>(1-2)</sup> 특히 분말고추의 품질은 일반적으로 선택에 의해서 주로 평가되고 있기때문에 저장중 變色 및 脫色을 방지하기 위하여 온도,<sup>(3-4)</sup> 수분,<sup>(5-7)</sup> 항산화제,<sup>(8,9,10-11)</sup> 광선,<sup>(12,13,14,15)</sup> 산소<sup>(16,17,18)</sup> 및 포장조건<sup>(19,20)</sup> 에 따라서 분말고추의 선택변화에 미치는 영향에 대하여 보고되고 있으나 분말고추의 吸湿特性에 관한 것은 평형수분함량<sup>(21,22)</sup> 등온흡습곡선<sup>(23,24,25)</sup> 및 흡습속도<sup>(26)</sup> 만이 밝혀져 있을 뿐이다.

따라서 본 연구에서는 저장상대습도 및 온도가 분말고추의 흡습에 미치는 특성을 밝혀 분말고추의 이상적인 적정 저장조건과 실제적인 분말고추 저장에 있어서 평형수분함량을 산출할 수 있는 몇가지 식을 導出하였으므로 그 결과를 보고한다.

### 재료 및 방법

#### 재 료

본 실험에 사용한 분말고추는 개량종 건조 통고추에

서 꼭지, 胎座 및 종자를 제거한 果皮만을 Roll mill 로 분쇄하여 30 메쉬의 체를 통과한 것을 동일온도 및 습도내에서 15일 이상 방치하여 수분평형이 이루어진 후 사용하였다.

#### 저장상대습도의 조절

Rockland,<sup>(27)</sup> Wink等<sup>(28)</sup> 및 Houston<sup>(29)</sup>의 방법에 준하였다. 즉, Peri dish에 약 10g의 분말고추를 담아 상대습도 11~84%의 범위에 있는 각종 염용액으로 포화된 데시케이터에 넣고 15℃, 25℃ 및 35℃의 항온기에 서 각각 평형에 도달시킴으로서 상대습도를 조절하였다.

#### 單分子層 수분함량의 결정

단분자층 수분함량을 산출하기 위하여 다음과 같은 Brunauer-Emmett-Teller 식 (BET식)<sup>(30)</sup>을 이용하였다.

$$\frac{a}{m(1-a)} = \frac{1}{m_1 c} + \frac{c-1}{m_1 c} a \dots\dots\dots (1)$$

여기서

a = 수분환성도, %ERH/100

m = 평형수분함량 (Dry basis, %)

c = 상수

m<sub>1</sub> = 단분자층 수분함량 (Dry basis, %)

**흡습엔탈피의 결정**

평형수분함량에 도달하는데 필요한 흡습엔탈피  $\Delta H_w$  는 Gibbs 식<sup>(2)</sup>을 이용하였다.

$$- \ln \phi = \Delta H_w / RT \dots\dots\dots (2)$$

여기서

$-\ln \phi$  = 평형상태에서의 수증기 부분압의 자연대수

$\Delta H_w$  = 흡습엔탈피 (KJ/kg)

R = 기체상수 (8.314 J · K<sup>-1</sup> · mol<sup>-1</sup>)

T = 절대온도

**초기수분함량**

분말고추의 초기수분함량은 105°C 상압 건조법에 의하여 측정하였다.

**실험결과와 분석**

상대습도와 온도에 따른 평형수분함량의 변화를 추정하기 위하여 상대습도와 온도 각각에 대하여 회귀분석을 실시하였고 또한 상대습도와 온도를 동시에 고려하여 회귀분석을 실시하였다.

**결과 및 고찰**

**저장상대습도에 따른 평형수분 함량**

건조식품의 저장안전성은 그의 수분함량에 따라서 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다.<sup>(21-24)</sup> 따라서 저장고내 환경 온습도 변화에 따른 분말고추의 평형수분함량을 조사한 결과는 Fig. 1 과 같다.

즉, 상대습도 57% 이하에서는 단시간내에 평형에도 달하여 수분함량의 변화가 거의 없었으나 상대습도 75% 이상에서는 평형에 이르는 시간이 다소 길어졌고 평형수분함량은 급격히 증가하였는데, 이는 상대습도 84.3%에서 저장 8일 이후에는 중량이 급격히 감소한다는 李<sup>(25)</sup>의 보고<sup>(25)</sup>와는 상반되나 全<sup>(26)</sup>의 결과<sup>(26)</sup>와는 일치하고 있다.

본 실험에 사용한 분말고추의 초기수분함량은 14% 내외 (Fig. 1)로서 미생물의 생육에는 적당하지 않았다. 그러나 저장조건에 따라서 수분함량이 증가될 수 있기 때문에 평형수분함량을 측정하는 것은 상당한 의미가 있다. Fig.1에서 볼 수 있듯이 35°C에서 분말고추의 평형수분함량은 RH51%에서 18.2%, RH75%에서 29.5% 및 RH 84%에서 35.5%인 것을 감안한다면 아무리 건조가 잘된 분말고추라 하더라도 우리나라 기후조건에서는 수분함량이 증가될 수 있기 때문에 곰팡이의 발생 및 갈변현상이 발생하기 쉬운데 RH 84%에서 5일만에, RH 75%에서는 7일만에 갈변현상이 발생하였다.

그리고 몇가지 상대습도에서 온도에 따른 평형수분함량을 도기한 결과는 Fig. 2와 같다. 즉, 여름철의 평균 상대습도에 해당하는 RH84%의 25°C 및 15°C에서 각각 분말고추의 수분함량이 36.1% 및 36.6%까지 도달하여 저장 5일 및 7일 후에 심한 갈변현상이 일어났으며 35°C에서는 35.5%까지 도달하여 역시 저장 5일 후에 심한 갈변현상이 일어났다. RH75%와 RH51%에서도 RH 84%에서와 비슷한 경향을 보였으나 RH 51%에서는 갈변현상은 발생하지 아니하였다. 이와같은 결과는 고추

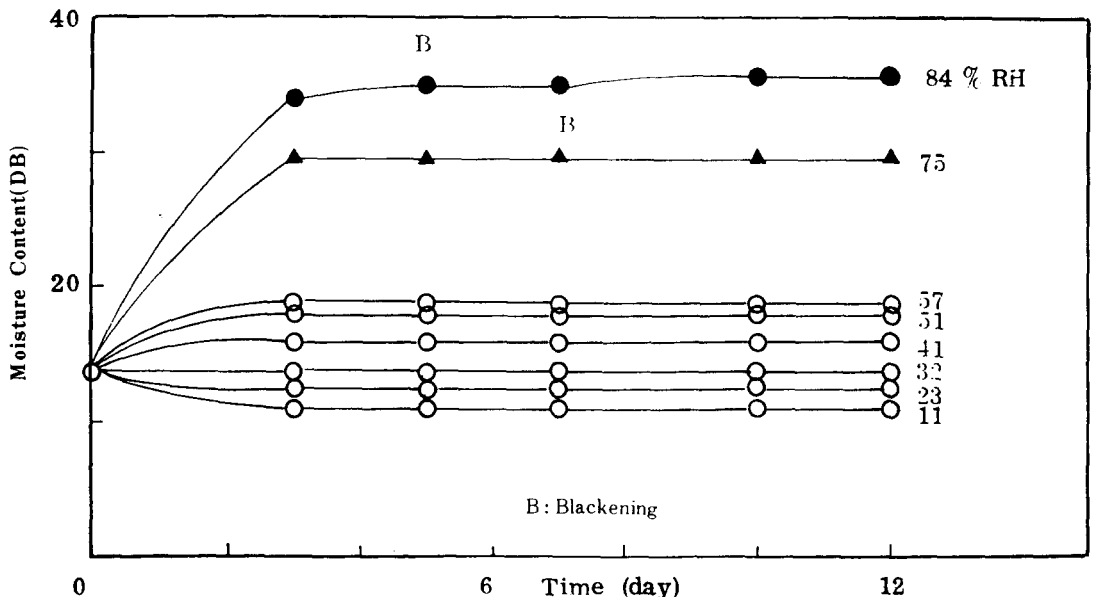


Fig. 1. Moisture contents of red pepper powder during storage under various humidities at 35°C

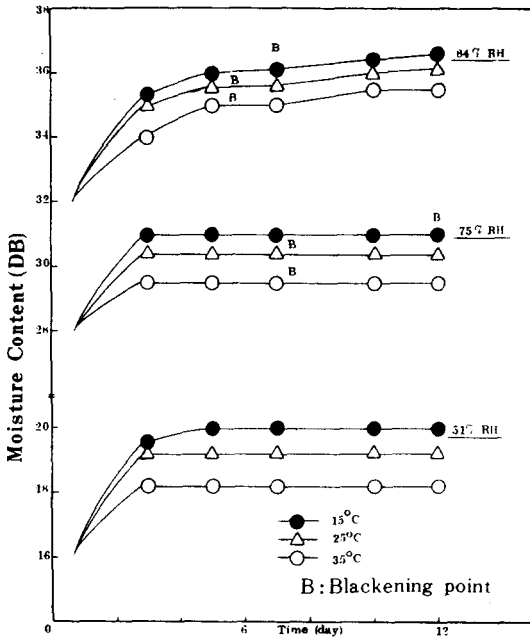


Fig. 2. Moisture contents of red pepper powder at different temperature and relative humidity

의 수분함량이 갈변현상과 밀접한 관계가 있음을 예시하고 있다.

분말고추의 등온흡습곡선

분말고추의 흡습성질을 알아보기 위해서 각 온도구에서 평형시킨 다음 등온 흡습곡선을 본 결과는 Fig.3과 같다.

즉, 전형적인 Sigmoid 형태로서 온도에 따라서 비슷

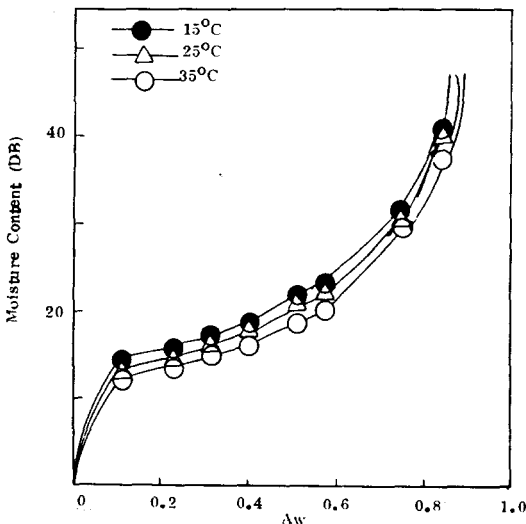


Fig. 3. Sorption isotherm curve of red pepper powder at 15, 25 and 35°C

한 경향을 보였고 온도가 증가함에 따라 흡습량은 감소한 반면 온도가 감소함에 따라서 흡습량은 증가하였다. 여기에서 한가지 흥미있는 사실은 온도가 낮을수록 흡습량이 증가하는 경향을 보이고 있다는 점이다. 즉, 온도가 증가함에 따라 수분함량이 감소하는 물리화학적 이유는 아직까지 충분히 밝혀져 있지 않지만 식품의 수증기압은 순수한 물의 수증기압보다 천천히 증가하기 때문에 수분함량이 감소한다는 가설이 있으며 또한 단백질의 아미노산 Side Chain에서 일어나는 해리현상으로 물과의 상호작용 때문에 수분함량이 감소한다는 가설<sup>(25-26)</sup>이 있는데 분말고추에서도 이와같은 이유때문에 낮은 온도에서 높은 온도에 비하여 흡습량이 크다고 추측된다.

한편, 분말고추의 초기수분함량은 약 14%였으며 (1) 식을 이용하여 單分子層의 수분함량을 계산하면 Fig. 4와 같이 35°C에서 11.32%였고 25°C 및 15°C에서는 각각 11.86% 및 12.13%로서 온도가 하강함에 따라서 단분자층의 수분함량은 다소 증가하는 경향을 보였다.

따라서 일반적인 건조식품은 단분자층 수분함량이適正貯藏 수분함량이라는 Salwin<sup>(27)</sup>의 보고와 같이 분말고추에서도 역시 온도가 하강함에 따라서 적정저장 수분함량은 다소 증가해도 무방하리라 생각한다.

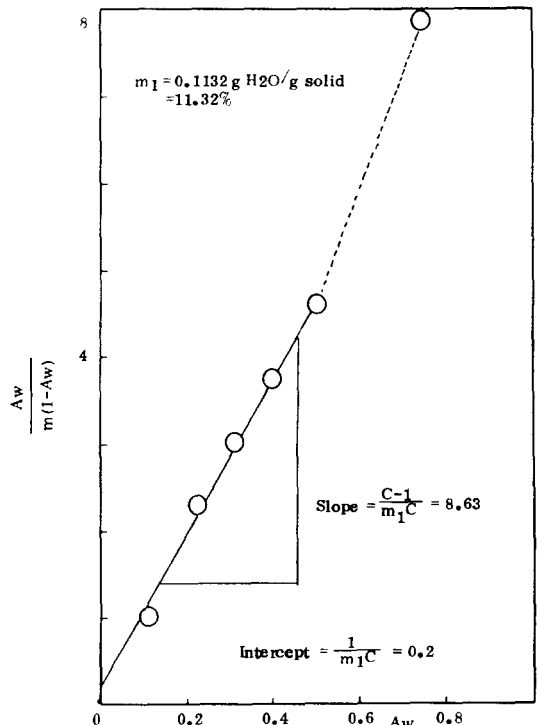


Fig. 4. BET plot for the determination of the "monolayer value" of the red pepper powder at 35°C

분말고추의 수분함량에 따른 흡습 엔탈피의 변화

온도 및 상대습도에 따라서 분말고추의 평형수분함량의 변화는 Fig. 5 와 같다.

즉, 온도가 하강함에 따라서 각 수분함량별로 평형 수분함량은 증가하는 경향이있으며 수분함량이 낮을수록 평형수분 함량의 기울기는 급격히 증가하였고 수분 함량이 증가할수록 그 기울기는 둔화하는 경향을 보였다.

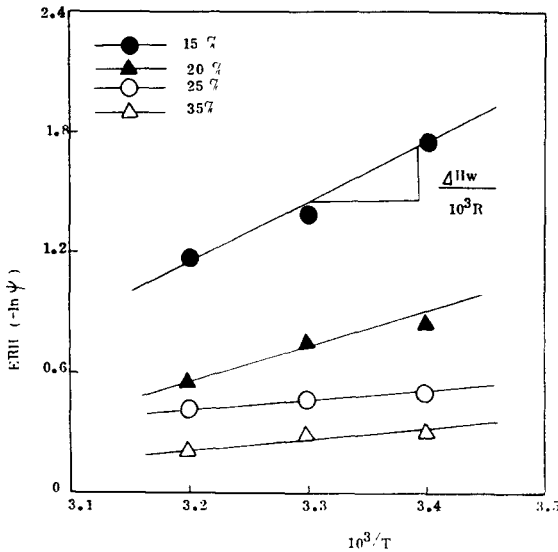


Fig. 5. Determination of enthalpy of wetting for various moisture contents

그리고 Fig. 5 의 각 수분함량별 기울기로부터 (2) 식을 이용하여 흡습엔탈피를 계산하면 Fig. 6 에서 보는바와 같다. 즉, 수분함량이 15%일때 흡습 엔탈피는 약 1380 KJ kg<sup>-1</sup>으로서 20% 일때보다 약 2 배, 25% 일때보다 약 9 배 및 35% 일때보다 약 15배로서 수분함량이 적을수록 흡습 엔탈피는 급격히 감소하는 경향을 보이고 있는데 이는 감자<sup>(20)</sup>의 경우와 비슷하다. 따라서 분말고추의 적정저장 수분함량이라고 간주되는 BET단분자층의 수분함량이 온도에 따라서 11.32%에서 12.13%였으므로 분말고추의 단분자층값 근방에서 저장하면 흡습 엔탈피는 수분함량이 15%일때보다 더욱 더 감소할것이므로 吸湿性이 큰 분말고추의 저장에 있어서 대기의 수분을 효과적으로 차단시켜 줄 수 있는 防湿包装材料가 필요하다고 하겠다.

평형수분함량 예측을 위한 회귀방정식의 도출

상대습도 및 온도에 따라서 평형수분 함량을 예측하

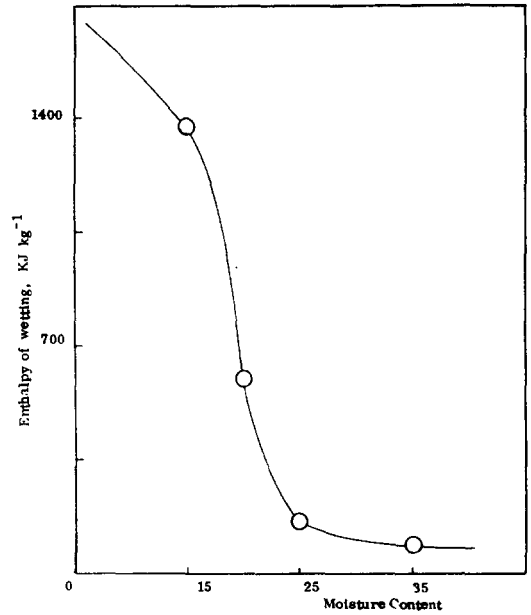


Fig. 6. Variation of enthalpy of wetting with moisture content

Table 1. First order regression equation of EMC for RH and temperature

	Regression coefficient	Intercept	P <sup>a</sup>	R <sup>2</sup>
RH	0.33846	5.9689	P < 0.01	85.56%
Temp.	-0.13169	24.9570	P > 0.05	1.58%
RH & Temp.	0.33846 -0.13169	9.2611	P < 0.01	87.14%

<sup>a</sup>Probability that the equation does not fit the data R<sup>2</sup>: multiple correlation coefficient

기 위하여 回歸分析을 실시한 결과는 Table 1 에서 보는바와 같다.

즉, 상대습도만을 가지고 평형수분함량을 예측할 수 있는 회귀방정식은 (3)식과 같이 導出할 수 있다.

$$Y = 0.33846x_1 + 5.9689 \dots\dots\dots (3)$$

단, x<sub>1</sub>은 상대습도, Y는 평형수분함량으로서 (3)식에서 보면 일정한 상대습도만 주어진다면 분말고추가 평형에 이르면 그 수분함량을 예측할 수 있어 저장중 분말고추의 수분함량을 산출하는 데에 응용되어질 수 있다.

요 약

분말고추를 상대습도 11%에서 84%까지 8단계의 RH 조건별로 15℃, 25℃ 및 35℃ 온도구에 저장하면서 분말고추의 吸湿特性을 조사하였다. 저장시간에 따른 분

말고추의 흡습곡선은 RH 57% 이하에서는 단시간내에 평형에 도달하여 수분함량의 변화가 거의 없었으나 RH 75% 이상에서는 평형수분함량이 급격히 증가하여 갈변 현상이 발생하였다. 분말고추의 單分子層의 수분함량은 온도에 따라서 11.32%에서 12.13%로서 온도가 하강함에 따라 다소 증가하는 경향을 보였으며 상대습도에 따라서 평형수분함량을 예측할 수 있는 1차 회귀방정식을 도출하였다.

## 문 헌

1. Daoud, H. N. and Luh, B. S. : *Food Technol.*, 21, 339 (1967)
2. 전재근, 서정식 : 한국농화학회지, 23, 1 (1980)
3. Lease, J. G. and Lease, E. J. : *Food Technol.*, 10, 368 (1956)
4. 장규섭, 김재욱 : 한국농화학회지, 19, 145 (1976)
5. Chen, S. L. and Gutmanis, F. : *J. Food Sci.*, 33, 274 (1968)
6. Kanner, J., Harel, S., Palevitch, D. and Bengera, I. : *J. Food Technol.*, 12, 59 (1977)
7. Chou, H. E. and Breene, W. M. : *J. Food Sci.*, 37, 66 (1972)
8. Van Blaricom, L. O. and Martin, J. A. : *Food Technol.*, 5, 337 (1951)
9. Lease, J. G. and Lease, E. J. : *Food Technol.*, 10, 403 (1956)
10. De La Mar, R. R. and Francis, F. J. : *J. Food Sci.*, 34, 287 (1969)
11. 김동연, 이종욱 : 한국식품과학회지, 12, 53 (1980)
12. Philip, T. and Franis, F. J. : *J. Food Sci.*, 36, 96 (1971)
13. 이정혜, 최언호, 김형수, 이서래 : 한국식품과학회지, 9, 199 (1977)
14. Kanner, J., Mendel, H. and Budowski, P. : *J. Food Sci.*, 43, 709 (1978)
15. 김현구, 박무현, 신동화, 민병용 : 식품연구 사업보고, 304 (1981)
16. Rockland, L. B. : *Anal. Chem.*, 32, 1375 (1960)
17. Wink, W. A. and Sears, G. K. : *TAPPI*, 33, 96A (1950)
18. Houston, D. F. : *Cereal Chem.*, 29, 71 (1952)
19. Karel, M., Fennema, O. R. and Lund, D. B. : *Physical Principles of Food Preservation*, Marcel Dekker, New York, p. 237 (1975)
20. Keey, R. B. : *Introduction to Industrial Drying Operations*, Pergamon Press, Oxford, p. 42 (1978)
21. Hunter, I. R., Houston, D. F. and Kester, E. B. : *Cereal Chem.*, 28, 232 (1951)
22. Labuza, T. P., Cassil, S. and Sinkey, A. J. : *J. Food Sci.*, 37, 160 (1972)
23. Salwin, H. : *Food Technol.*, 17, 1114 (1963)
24. Labuza, T. P. : *Shelf-life Dating of Foods*, Food & Nutrition Press, Westport, p. 388 (1982)
25. Scott, V. N. and Bernard, D. T. : *J. Food Sci.*, 48, 552 (1983)
26. Rockland, L. B. : *Food Technol.*, 23, 1241 (1969)
27. Salwin, H. : *Food Technol.*, 13, 594 (1959)

(1984년 1월 5일 접수)