

## 동결건조 분말된장의 흡습 거동에 대한 속도론적 연구

황응수 · 이철원 · 유주현\* · 이신영\*\*

국방품질검사소, 연세대학교 식품공학과\*, 강원대학교 발효공학과\*\*

### Kinetic Study for Hygroscopic Behavior of Freeze Dried Soy Paste Powder

Eung-Soo Hwang, Chul-Won Lee, Ju-Hyun Yu\* and Shin-Young Lee\*\*

Defense Quality Assurance Agency

\* Department of Food Engineering, Yonsei University, Seoul

\*\* Department of Fermentation Engineering, Kangweon National University, Chuncheon

#### Abstract

Two kinds of soy pastes with different colors (reddish brown and yellowish white) were dehydrated by freeze drying in powder form. Hygroscopic behaviors of powdered soy pastes were investigated under the conditions of various water activities (0.11-0.88) and three different temperatures (25, 40 and 50°C), and presented a kinetic and thermodynamic interpretations in the view point of qualities and storage stability. Moisture absorption isotherms of powdered soy pastes were of type II according with BET classification and can be described by the Henderson's empirical equation. The safe storage moisture levels calculated by the Caurie's equation were ranging from 5.5 to 3.98% dry basis with varying temperatures. The moisture absorption process for powdered soy paste followed the 1st order kinetic in the difference of equilibrium moisture content and arbitrary moisture content and the initial step was characterized by very fast absorption of moisture. The change of dispersion capacity and color difference for powdered soy paste were extremely dependent upon water activity under the storage and the maximum stability was found at safe storage moisture levels. Also, the variation of thermodynamic parameters with moisture content was significant at safe storage moisture content levels and suggested the considerable correspondence to storage stability of powdered soy paste.

#### 서 론

된장은 우리나라에서 옛부터 만들어 온 대표적인 조미식품의 하나이나 대부분 50%내외의 수분을 함유한 상태로 포장유통되고 있어 보존성면에서 아직 근대적 포장식품으로는 미흡한 점이 많다<sup>(1-3)</sup>. 따라서 저장성과 간편성이 측면에서 된장의 건조연구가 있었고<sup>(4,5)</sup> 일부는 분말형태로 이용되었으나 대부분 열풍건조에만 의존하여 품질면에서 우수하지 못하였다. 최근에는 동결건조의 기술적 향상에 힘입어 동결건조된장이 등장하게 되었으며<sup>(6,7)</sup> 국내에서도 이미 동결건조 시설의 확충 또는 도입으로 이의 산업적 생산체계가 확립되어 가는 실정이다. 그러나 동결건조제품은 높은 흡습성 때문에 연화나 응결되기 쉽고, 곰팡이 발생, 이미, 이취등의 우려가 매우 높다<sup>(8,9)</sup>. 따라서 동결건조 된장의 산업적 생산을 위하여는 품질보존의 확립을 위한 충분한 연구 검토가 필요하며, 특히 품질특성과 밀접한 관

련을 갖는 흡습거동을 수분이동특성에 대한 적절한 파악이 불가피하다. 건조된장은 대부분 산업적인 Know-How로 이루어졌으므로 건조된장에 대한 흡습성을 검토한 연구는 浜野<sup>(10)</sup>의 일부 관련연구가 있을 뿐 거의 보고되지 않고 있다. 그러므로 본 연구에서는 최근 급격한 판매신장을 보이는 된장을 동결건조하여 분말화하고 이들이 갖는 흡습성을 저장 수분활성도 및 온도의 함수로서 등온흡습에 관한 속도론적 입장에서 조사검토하였다. 아울러 흡습의 열역학적 성질을 검토하였으며 품질특성 및 저장안전성의 관점에서 해석하므로써 동결건조된장의 실용화를 위한 건조, 포장 및 저장상의 적정기준 설계자료를 제공하고자 하였다.

#### 재료 및 방법

##### 재 료

본 실험에 사용한 재료는 적갈색 및 담백색의 선택

을 갖는 2종의 시판용 개량식 된장이며, polyethylene bag에 넣어 4°C의 저온실에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 상법<sup>(11)</sup>으로 구한 시료된장의 수분함량은 적갈색 및 담백색시료에서 각각 47.5 및 48.5%였으며, 아미노산 함량은 각각 380 및 390mg%였다.

**분말 건조된장의 제조**

분말건조된장은 다음과 같이 제조하였다. 즉, 생된장에 적당량의 물을 넣어 희석시키고(20~30% 고형분 함량), 이를 -40°C의 냉동기에서 24시간 이상 동결시킨 다음 실험실용 냉동건조기(일본 동양기계 TFD-ILH5)로 Fig.1의 조건에서 12시간 건조시켰다. 동결 건조한 된장은 분쇄기로 분쇄하고 40mesh체를 통과시킨 후 시료로 하였다.

**등온흡습의 측정**

등온흡습은 Singh<sup>(12)</sup>의 장치를 다소 개량하여 자체 제작한 Fig.2의 장치를 사용하고 시료를 여러온도에서 서로 다른 일정 수분활성도를 유지한 용기에 넣는다. 시료의 평형수분함량을 측정하였다<sup>(13-15)</sup> 수분활성도의 조절은 0.11~0.88 범위의 수분활성도를 갖는 각종 포화염류용액을 사용하였으며<sup>(13)</sup>, 평형수분함량은 25~50°C에서 이미 중량을 아는 시료용기에 약 2~3g의 시료를 취하여 이를 일정수분활성도를 유지한 chamber내에 24~50시간 방치하면서 일정시간 간격으로 시료무게를 칭량하여<sup>(14)</sup>, 중량차가 0.5mg이하가 되었을 때를 평형중량으로 하였다. 평형수분함량은 무수물시료 1g에 대한 수분증가량의 g수( $gH_2O/g$  dry solid)로 나타 내었다. 이때 무수물중량은 진공오븐에서 48cmHg진공으로 24시간 건조하여 구하였다.

**등온흡습곡선의 해석 및 저장안정 수분량의 결정**

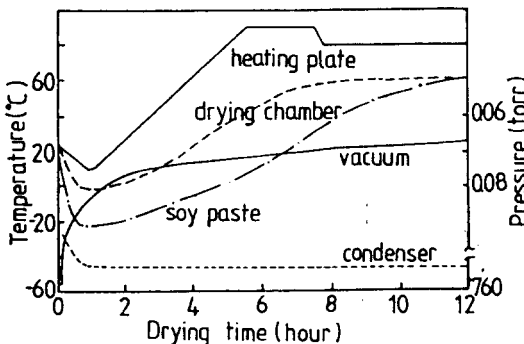


Fig. 1. Conditions of freeze drying for preparation of dried soy paste powder

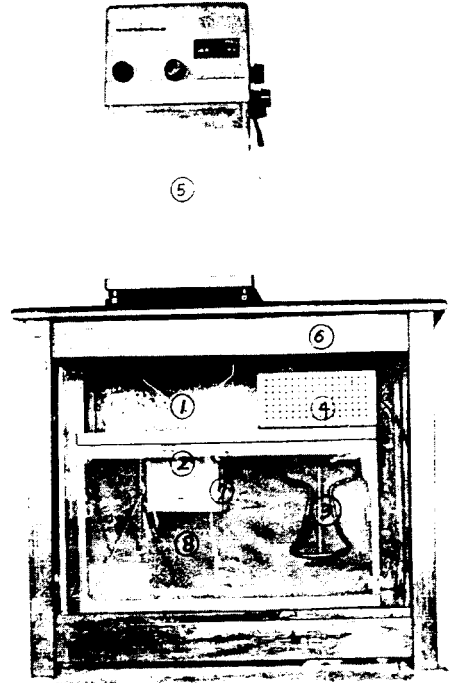


Fig. 2. Experimental apparatus for isotherm determination

- 1. Stainless steel tripod
- 2. Sample dish
- 3. Water bath
- 4. Temperature controller
- 5. Weight balance
- 6. Supporting Unit
- 7. Equilibrium chamber
- 8. Saturated salt solution

등온흡습곡선의 해석은 다음의 BET식과 Henderson 식을 적용하여 행하였다<sup>(16,18)</sup>.

BET식:  $A_w/X(1-A_w) = 1/CX_m + (C-1)A_w/CX_m$   
 Henderson식:  $\log[-\ln(1-A_w)] = n \log X + \log K$

여기서 X는 평형수분함량(%전량기준)  $X_m$ 은 단분자층의 수분함량,  $A_w$ 는 수분활성도이며, C, n 및 K는 상수이다. 한편, 시료의 저장안정수분량은 Caurie가 제안한 다음식을 적용하여 결정하였다<sup>(19,20)</sup>.

$\ln C = 1/0.045 X_s = (\ln r)(A_w)$  및  $X_s = 1/0.045 \ln C_0$   
 여기서 C는 임의의  $A_w$ 에서의 단위수분 함량에 대한 고형분량  $((100-H_2O)/H_2O\%)$ 로 나타낸 농도이고, r은 기울기의 antilog이다. 또  $\ln C_0$ 는  $A_w=0$ 에서의 절편값이다.

**흡습속도상수의 결정**

흡습속도 상수는 Singh<sup>(12, 21)</sup>이 제안한 다음식을 적용하여 구하였다.

$\ln(X_e - X)/(X_e - X_0) = -k t$

여기서  $k$ 는 흡습속도 상수( $hr^{-1}$ )이며,  $X_e, X_o$  및  $X$ 는 각각 건물중량%로 나타낸 평형수분, 초기수분 및 임의의  $t$ 시간 후의 수분함량이다.  $k$ 값은  $t$ 에 대한  $\ln(X_e - X)/(X_e - X_o)$ 를 도시하고 얻어지는 직선의 기울기로부터 선형 최소 자승법으로 구하였다.

가열에 의한 분산성의 측정

시료의 분산성은 金谷의 방법(22)에 따라 다음과 같이 측정하였다. 즉, 시료 10g을 비이커에 넣고 여기에 70°C의 증류수를 넣어 교반한 후 100ml로 한 다음 90°C까지 가열하였다. 이를 100ml용량의 메스시린더에 옮겨 5~30시간 방치하면서 침전물의 용량(ml)를 읽어 분산성의 척도값으로 하였고, 20분후의 값을 대표값으로 하였다.

색택의 측정

색택의 측정은 Color and color difference meter (Hunter model D25A-2)를 사용하여 명도L과 색도(a,b)를 측정하여 구하였다. 표준판(#C2-7273)과 시료의 L, a, b사이의 차, 즉,  $\Delta L, \Delta a, \Delta b$ 로부터 얻어지는 색차  $\Delta E(\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2})$ 를 알변도로 하였다.(23,24)

열역학적 함수의 산출

수분평형에 도달하는 데 필요한 흡습의 엔탈피  $\Delta H$ , 자유에너지  $\Delta G$ , 및 엔트로피  $\Delta S$ 는 각각 다음과 같이 산출하였다.(17, 25-27) 즉  $\Delta H$ 는 다음의 Clausius-Clapeyron식을 적용하여 구하였고,

$$dAw/d(1/T) = \Delta H / 2,303RT$$

$\Delta G$ 는 다음의 Gibbs-Helmholts식으로 구하였다.

$$\Delta G = RT \ln Aw$$

한편,  $\Delta S$ 는 위에서 구한  $\Delta H$  및  $\Delta G$  값을 다음의 열역학적관계식에 대입하여 구하였다.

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

결과 및 고찰

등온 흡습성

2종 시료된장의 흡습성을 여러온도(25, 40 및 50°C)에서 수분활성도에 대한 평형수분함량의 관계를 조사하여 검토하였으며, 그 결과는 Fig.3과 같다. 일정온도에서 두 시료는 시료별 차이를 보이지 않고 비슷한 흡습거동을 나타내었다.  $Aw=0.43$  이하에서는 낮은 수분함량과 완만한 수분증가율을 보였으나 이보다 더 큰  $Aw$ 에서는 급격한 수분함량의 증가를 보였다. 이러한

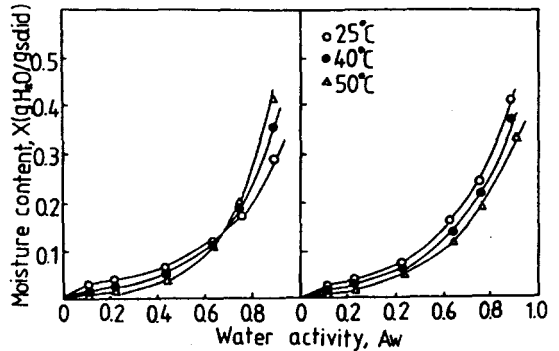


Fig. 3. Moisture sorption isotherms of freeze dried soy paste powder at several temperatures.

Left: Reddish brown soy paste  
Right: Yellowish white soy paste

사실은  $Aw$ 가 증가함에 따라 흡습성이 매우 높아지는 것을 의미하며, 동결건조제품의 높은 다공성구조에 의한 전형적인 특성이라 볼 수 있다(8,9,24,28). 이들 흡습거동은 전형적인 sigmoid형태로 Brunauer들의 분류에 의하면 type II에 속하였으며(29), 대부분 식품의 흡습거동과 유사하였다(17,30). 한편, 측정온도에 대하여는 사용한 전  $Aw$  범위에서 단백질은 온도증가에 따라  $X$  값이 낮아지고 대부분 식품의 일반적 경향과 잘 일치하였다. 그러나 적갈색 시료의 경우는  $Aw=0.633$  이상에서 온도의 증가에 따라 흡습성이 더욱 커지고 단백질 시료와는 반대의 경향을 나타내었다. 이와같은 온도증가에 따른 흡습성의 증가는 고농도 당분식품에서 나타나는 현상으로 Iglesias들(31), Mazza(24)등은 온도증가에 따라 식품중에 존재하는 당류등의 용해도가 증가하여 나타난다고 하였다. 따라서 적갈색 시료경우의 온도증가에 따른 높은 흡습성은 포도당 등의 고농도 당함량에 기인한다고 생각된다. 단백질 및 적갈색 시료의 전상은 포도당으로 환산하여 각각 10.2 및 15.9%였다. 그러나 浜野(10)들은 건조된장의 높은 흡습성은 지방의 존재에 기인하며, 특히, 지방중에 존재하는 친수기의 위치가 흡습에 영향을 준다고 추론하였다.

등온흡습이론식의 검토

시료된장의 등온흡습거동에 대한 정량적 관계를 검토하기 위하여 널리 사용되는 BET식과 Henderson식의 적용가능성을 조사하였으며, 그 결과를 Fig.4 및 5에 나타내었다. 먼저 시료의 등온흡습을 BET식에 의하여 검토한 결과(Fig.4)에서는 직선 관계가 구해지지 않고 시료된장의 흡습거동은 BET식에 적용되지 않음을 보여다 이는 浜野(10)의 결과와 잘 일치한다. 일반

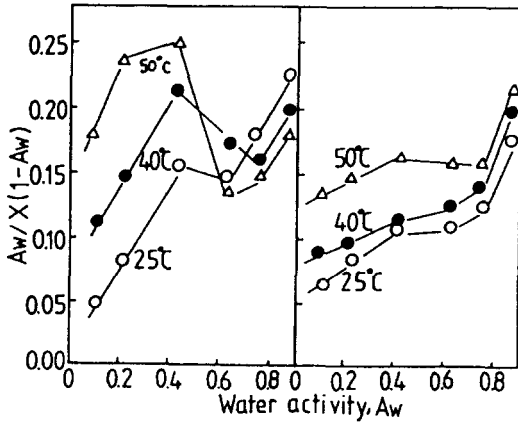


Fig. 4. BET plot for freeze dried soy paste powder at several temperatures

Left: Reddish brown soy paste  
Right: Yellowish white soy paste

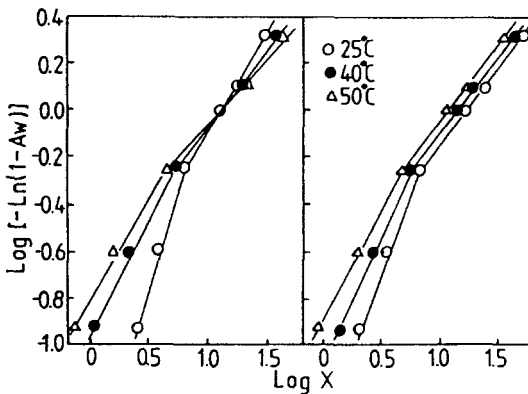


Fig. 5. Henderson plot for freeze dried soy paste powder at several temperatures.

Left: Reddish brown soy paste  
Right: Yellowish white soy paste

적으로 BET식은  $A_w=0.1-0.6$ 에서는 성립하고 고농도의 당을 함유한 식품에서는 적용되지 않는다고 알려져 있다<sup>(20)</sup>. BET식은 수분이 단분자층을 형성하여 흡착하는 것을 나타내므로<sup>(17)</sup>, 이는 건조된장은 단분자층의 형성없이 분말전체에 확산하여 흡착되는 것을 의미한다. 한편 Henderson식에 의한 검토결과(Fig.5)에서는 기율기가 서로다른 두개의 직선관계를 나타내고 흡습거동은 Henderson식으로 잘 설명할 수 있음을 보였다. Singh들<sup>(32)</sup>은 분쇄호두와 건조고추에서 그리고 Igbeka들<sup>(14)</sup>, Aguerre들<sup>(33)</sup> 및 Lima<sup>(28)</sup>는 육제품, 쌀 및 동결건조 바나나에서 각각 Henderson식이 잘 적용됨을 보고하였다. 이식은 전  $A_w$ 범위에서 그리고 고농

도 당함유식품에서도 잘 적용되는 것으로 알려져 있다.<sup>(20)</sup> Fig.5에서 기율기값은 물의 결합특성과 관계하며 기율기값의 달라짐은 물결합특성의 변화를 의미한다.<sup>(14)</sup> 기율기가 달라지는 점에서의 임계수분함량값은 25, 40 및 50°C에서 담백색시료는 각각 6.46, 5.25 및 4.47%, 적갈색시료는 각각 6.31, 5.13 및 4.27%로 온도증가에 따라 감소하였으며 다른 연구자들의 결과와 잘 일치하였다.<sup>(14,28,32,33)</sup> 또, 이들 경향은 후술하는 저장 안전수분량의 온도 의존성과도 잘 일치하였으나, 그 값은 다소 낮은 값 범위이었다. 이 값이 저장안전수분량의 지표로서 사용될 수 있는지는 아직 밝혀져 있지 않다.

저장안전 수분량의 결정

BET식에 의하여 얻어지는 단분자층의 수분함량은 식품을 안전하게 보장할 수 있는 수분함량과 잘 일치한다<sup>(34)</sup>. 그러나 본 시료는 BET식에 따르지 않았으므로 Caurie식을 적용하였으며, 그 결과는 Fig.6과 같다.  $\ln C$ 와  $A_w$ 사이에는 직선관계가 성립하여 Caurie식<sup>(19)</sup>이 잘 적용되었다.  $A_w=0$ 에서의 절편값  $\ln C_0$ 를 구하여 저장안전수분량  $X_s$ 를 구하였으며, 그 값을 Table.1에 나타내었다.  $X_s$ 값은 실험온도 범위에서 적갈색 시료는 5.5~3.94%, 담백색시료는 5.07~4.28%로 비슷하였다. 또  $X_s$ 값의 온도에 따른 경향은 감소하고 단분

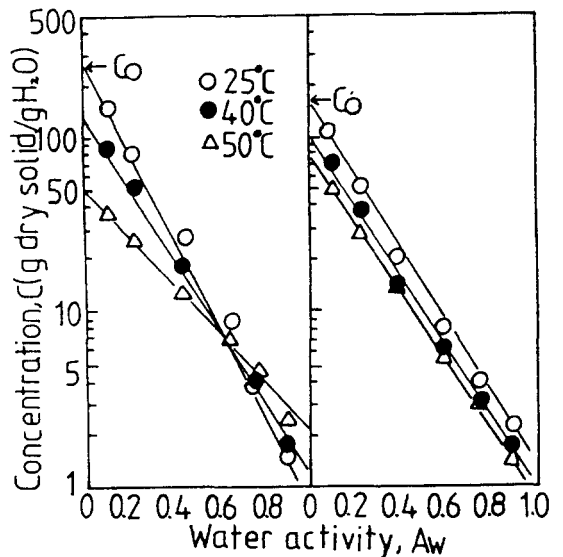


Fig. 6. Caurie plot for determination of safe storage moisture levels for freeze dried soy paste powder at several temperatures

Left: Reddish brown soy paste  
Right: Yellowish white soy paste

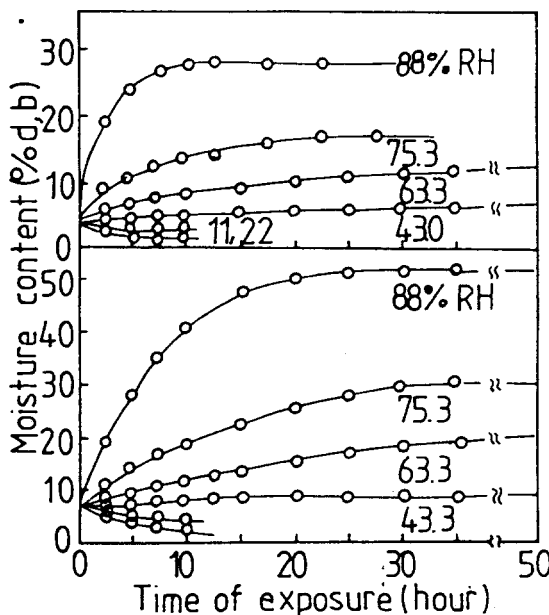
**Table 1. Safe storage moisture levels calculated from Currie's equation of freeze dried soy paste powder at 24.40 and 50°C**

Sample	Temperature (°C)	Safe storage moisture level (% d.b.)
Reddish	25	5.55
	40	4.57
Brown	50	3.94
	25	5.07
Yellowish	40	4.68
	50	4.28

자층의 수분함량과 잘 일치하였다.<sup>(30)</sup>

저장수분활성도에 따른 흡습과정의 검토

30°C의 여러상대습도에서 시료의 흡습에 따른 평형 수분함량의 경시변화를 Fig.7에 나타내었다. 두 시료 모두 시간경과에 따라 수분함량은 서서히 증가하여 일정한 평형값에 도달하였고, 이 값은 상대습도가 높을수록 증가하였다. 상대습도 22%이하에서는 오히려 수



**Fig. 7. Changes of moisture contents in freeze dried soy paste powder under conditions of different relative humidity and 30°C**

Top: Reddish brown soy paste  
Bottom: Yellowish white soy paste

분함량이 감소하였는 데, 이는 시료가 탈습됨을 의미하므로 더 이상 실험을 진행하지 않았다. 한편 초기수

분함량과 일정시간후의 평형수분함량으로부터  $\ln \frac{X_e - X}{X_e - X_0}$

vs. t를 도시하여 얻은 직선의 기울기로부터 흡습속도 상수 k를 구하였으며, 이를 상대습도에 대하여 나타낸 결과는 Table.2와 같았다. k값은 상대습도 43~88% 범위에서 적갈색시료는 0.071~0.167hr<sup>-1</sup>로 담백색시료 보다 높은 흡습성을 보였고 상대습도의 증가에 따라 k값의 현저한 증가를 보였다. 이는 Udani<sup>(35)</sup>, Singh 등<sup>(12)</sup> 및 김들<sup>(36)</sup>의 보고와 잘 일치하였다. 한편, Fig.7에서 각 시간에서의 기울기값을 흡습속도로하여 시간 경과에 따른 흡습속도를 검토한 결과는 Fig.8과 같다. 초기 흡습속도는 매우 컸으며 점차 완만한 감소를 보인후 일정값에 도달하였다. 이는 시료의 흡습이 초기에 급격히 일어남을 보이는 사실로 가급적 빨리 습도가 높은 외기와 차단하여 포장해야하며 또 제습실의 필요성을 지적하는 사실이다. 동결건조제품의 검사 및 포장은 통상 30% 상대습도 이하에서 행함이 바람직한 것으로 알려져 있다.<sup>(6)</sup>

저장수분활성도와 품질특성의 관계

수분활성도의 변화에 따른 분산성과 변색을 조사한 결과는 각각 Fig.9 및 10과 같다. 분산성은 가열중의 풍미변화에 큰 영향을 주며 입도와 관계가 깊어서 입도가 작을수록 분산성이 좋으며 俞谷<sup>(22)</sup>에 의하면 침강량과 반비례한다. 시료의 분산성은(Fig.9) Aw가 높아짐에 따라 나빠지는 경향이었으며 담백색시료의 분산성이 다소 우수하였다. Aw=0.43을 전후로 현저한 분

**Table 2. Calculated values of the rate constant of moisture sorption for freeze dried soy paste powder under the conditions of different relative humidities and 30°C**

Sample	Equilibrium relative humidity (%)	Rate constant (hr <sup>-1</sup> )
Reddish	88.0	0.167
	75.3	0.118
	63.3	0.086
	43.0	0.271
Yellowish	88.0	0.122
	75.3	0.096
	63.3	0.064
white	63.3	0.064
	43.0	0.047

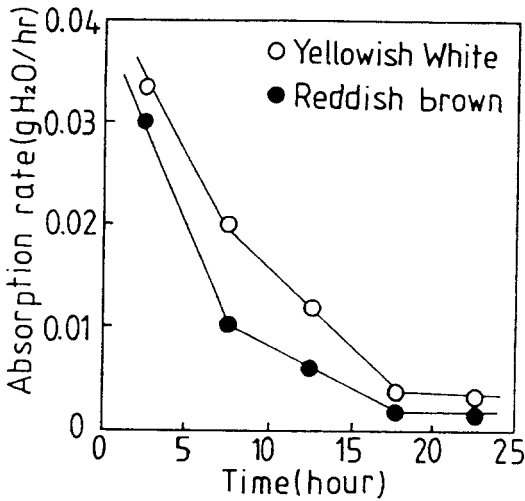


Fig. 8. The rate of moisture absorption for freeze dried soy paste powder as a function of elapsed time under 88% RH and 30°C

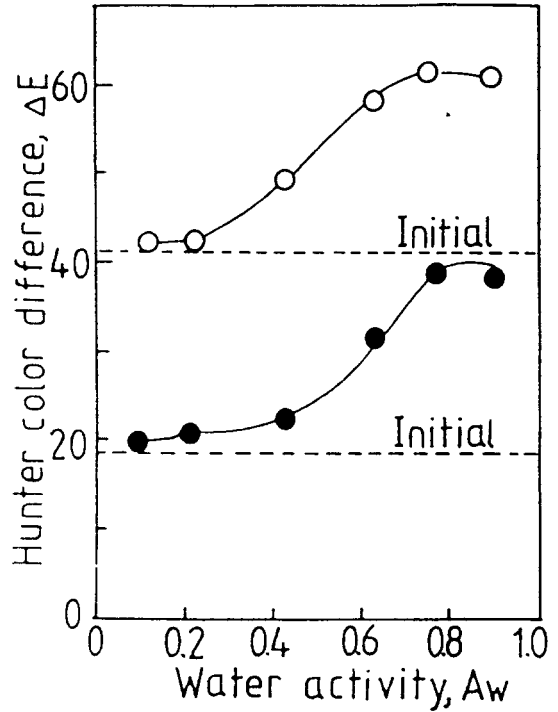


Fig. 10. Changes of Hunter color difference for freeze dried soy paste powder as a function of water activity at 30°C

Top: Reddish brown soy paste  
Bottom: Yellowish white soy paste

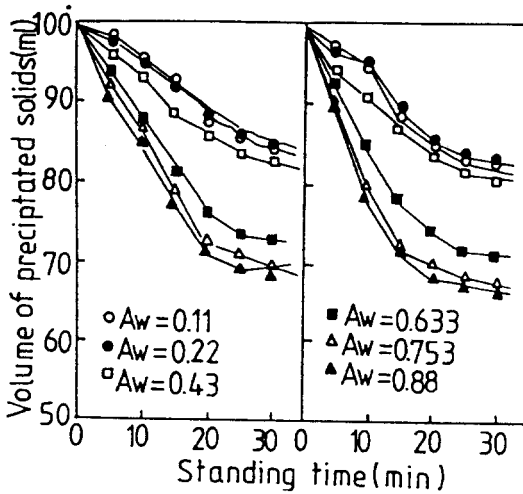


Fig. 9. Changes of dispersion capacity for 10% soy paste suspension heated at 95°C as a function of standing time at various water activities

Left: Reddish brown soy paste  
Right: Yellowish white soy paste

산성의 차이를 보였는데, 이러한 현상은  $A_w=0.43$  이상에서 평형수분함량의 급격한 변화를 보인 것(Fig.3)과 관계가 깊은 것으로 생각된다. 적갈색시료에서  $A_w=0.43$ 일때 분산성에 큰 영향을 미치는 응집(caking)이 발생한 것은 이를 잘 반영하는 사실이라 추측된다. 한편, 30°C에서 수분활성도에 따른 색의 차이, 즉, 갈변도의 변화(Fig.10)은  $A_w=0.43$ 에서 갈변도가 급격히

증가하기 시작하여  $A_w=0.75$ 부근에서 최대값을 나타내었다. 이는 일반적인 Maillard반응에 의한 비효소적 갈변반응의 경향과 잘 일치한다<sup>(16)</sup>. Labuza<sup>(37)</sup>도 갈변반응은  $A_w=0.6$ 부근을 정점으로 그의 양쪽에서 지연된다고 하였다. 또 木村<sup>(8)</sup>도 Maillard반응의 결과 생성되는 갈변의 양은 건조식품중의 수분함량과 크게 관계한다고 보고하였다.

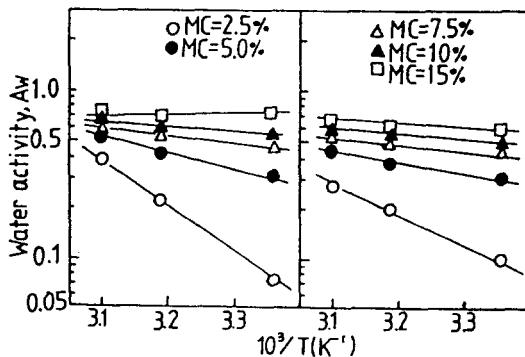
열역학적 성질의 검토

여러 수분함량수준(2.5~15% 건량기준)에서 흡습의 엔탈피 $\Delta H$ 를 검토한 결과는 Fig.11과 같다.  $\log A_w$ 와  $1/T$ 의 관계는 수분함량에 관계없이 직선관계를 보이고 Clausius Clapeyron 식에 잘 일치되었다. 직선의 기울기로부터 선형최소자승법으로  $\Delta H$ 값을 구하였으며, 그 결과를  $\Delta G$  및  $\Delta S$ 와 함께 Table.3에 나타내었다.  $\Delta H$ 값은 수분함량의 증가에 따라서 지수적으로 감소하여 Fontan<sup>(26)</sup>들의 보고사실과 비슷한 경향을 보였다. Fontan<sup>(26)</sup>은  $\Delta H$ 와 수분함량 X의 관계는  $\Delta H \sim \exp(-6X)$ 로 나타낼 수 있다고 하였다. 한편,  $\Delta G$

**Table 3. Heat of sorption, differential Gibbs free energy of sorption and differential entropy of sorption for moisture sorption isotherm of freeze dried soy paste powder**

Sample	Moisture Contents* (% d.b)	Water activity*	H (Kcal/mole)	G (Kcal/mole)	S (Kcal/mole)
Reddish brown	2.5	0.06	12.61	1.67	36.70
	5.0	0.33	3.70	0.66	10.20
	7.5	0.50	1.60	0.41	3.99
	10.0	0.56	0.88	0.34	1.80
	15.0	0.72	0.65	0.20	1.53
Yellowish white	2.5	0.10	8.67	1.36	24.50
	5.0	0.32	2.61	0.68	6.49
	7.5	0.45	1.39	0.47	3.08
	10.0	0.52	1.05	0.39	2.22

\* Figures present the values at 25°C



**Fig. 11. Semi-log plot of water activity versus reciprocal absolute temperature at different moisture contents**

Left: Reddish brown soy paste  
Right: Yellowish white soy paste

와  $\Delta S$ 는 수분함량의 증가에 따라 감소하고 김들<sup>(36)</sup>, 이들<sup>(38)</sup>의 보고와 일치하였다. Bettelhein들<sup>(18)</sup>에 의하면  $\Delta G$ 의 변화는 수증기 상태에서 고체상태로의 물 분자 이동에 대한 건조식품과 물분자의 친화력이 척도가 된다. 또  $\Delta S$ 의 변화는 용해, 팽윤, 결정화현상 등의 해석에 응용되는 질서/무질서의 개념과 밀접한 관계를 갖는다. 25°C에서 저장 안전수분량은 적갈색 및 담백색시료에서 각각 5.5 및 5.07%이었으므로 Table. 3에서 볼 수 있는 바와같이 이와 유사한 5% 수분함량에서 열역학적 함수값이 크게 감소한것은 이들 값이 저장 안정성과 상관성이 높은것을 지적하는 결과로 예측된다. 이들<sup>(38)</sup>도 등온흡습기작의 열역학적 함수인  $\Delta S$ 의

변화는 건조식품의 안전수분영역인 BET단분자층 수분함량과 밀접한 관련을 갖는다고 하였다. 또, 최근 Benado와 Rizvi<sup>(27)</sup>도 가역적 및 비가역적 등온흡습으로부터의 쌀에 대한 물의 열역학적 성질연구에서 열역학적 함수는 물결합의 한 상태에서 또다른 상태로의 전이 및 흡습중 쌀에서 일어나는 물리적 변화와 상당한 일치를 보인다고 하였다.

요 약

서로 다른 외관색택을 갖는 (적갈색 및 담백색) 2종의 된장을 동결건조하고 분말화 하였다. 이들의 흡습 거동을 여러 수분활성도(0.11~0.88) 및 서로 다른 세 온도(25, 40 및 50°C)에서 조사하였으며, 품질 특성 및 저장안정성의 관점에서 동력학적 및 열역학적 해석을 하였다. 시료 분말된장의 등온수분흡착은 BET분류에 따른 type II에 속하였고, Henderson의 경험식으로 잘 설명할 수 있었다. Caurie식으로부터 계산한 저장 안전수분량은 온도에 의존하였으며 5.5~3.98%(건량 기준)범위 이었다. 수분흡습과정은 평형수분함량과 임의의 수분함량과의 차이에 대한 1차 속도식에 따랐으며, 초기에 높은 흡습성을 나타내는 특징을 보였다. 분산성 및 색차의 변화는 저장수분활성도에 민감한 의존성을 보였으며, 최대의 저장안정성은 저장안전 수분함량수준에서 나타났다. 또한, 수분함량에 대한 열역학적 변수의 변화도 저장안전 수분함량수준에서 유의성이 있었으며, 분말된장이 저장안정성과 높은 상관성을 갖는 것으로 나타났다.

## 문 헌

1. 한국식품과학회편: 한국 식품문헌 총람(2), 235(1977)
2. 이택수, 신보규, 주영하, 유주현: 산업미생물 학회지, 1, 79(1973)
3. 櫻井芳人, 齊藤道雄, 東秀雄, 鈴木明治: 總合食料工業, 560, 恒星社 厚生閣, 東京(1982)
4. 박태원, 김순찬: 과연회보, 2, 51(1956)
5. 이태영, 정구균: 과연회보, 2, 67(1956)
6. 木村進: 乾燥食品事典, 395, 朝倉書店, 東京(1984)
7. 伊奈一郎: 食品産業事典, 下卷, 第三版, 69, 日本食糧新聞社, 東京(1982)
8. 木村進: 醸工, 42, 257(1964)
9. Peterson, E.: *Food Eng.*, 33, 33(1961)
10. 浜野光年, 青山康雄, 横塚保: 日本食品工業學會誌, 19, 503(1972)
11. 韓國食品工業協會編: 食品 및 添加物 規格基準(1983)
12. Singh, B.P.N., Narain, M., and Singh, H.: *J. Fd. Sci. and Technol.*, 18, 201(1981)
13. Funk, W.A.: *Modern Packaging*, 20, 135(1947)
14. Igbeka, J.C. and Blaisdell, J.L.: *J. Fd. Technol.*, 17, 37(1982)
15. Bosin, W.A. and Easthouse, H.B.: *Fd. Technol.*, 24, 1155(1970)
16. Rha, C.K.: *Theory, Determination and Control of physical Properties of Food Materials*, 197, D. Reidel publishing Co.(1973)
17. Labuzs, T.P.: *Fd. Technol.*, 22, 263(1968)
18. Bettelheim, F.A. and Ehrlich, S.H.: *J. Phy. chem.*, 67, 1127(1968)
19. Caurie, M.: *J. Fd. Technol.*, 5, 301(1970)
20. 日本水産學會編: 食品の水分活性と水の舉動, 49, 恒星社 厚生閣, 東京(1973)
21. Shirhare, U.S., Narain, M. and Singh, B.P.N.: *J. Fd. Sci. and Technol.*, 19, 26(1982)
22. 金谷昭子: (フローチャートによる) 調理科學實驗, 實習, 179, 醫齒藥出版(株), 東京(1984)
23. 清水湖, 横山理雄: レトルト食品の理論と實際, 178(1979)
24. Mazza, G.: *J. Food Sci.*, 49, 384(1984)
25. Van denBerg, G. Kaper, F.S., Weldring, A.G., and Wolters, I.K.: *J. Fd. Technol.*, 10, 589(1975)
26. Fotan, C.F., Chirife, J. Sancho, E., and Iglesias, H. A.: *J. Food Sci.*, 47, 1590(1982)
27. Benado, A.L. and Rizvi, S.S.H.: *J. Fd. Sci.*, 50, 101(1985)
28. Lima, A.W.O. and Cal-Vidal, J.J.: *Fd. Technol.*, 18, 687(1983)
29. Brunauer, S., Deming, L.S., and Teller, E.: *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1723(1940)
30. Iglesias H. A and Chirife, J.: *Handbook of Food Isotherms: Water sorption parameters for food and Food components*, Academic press, New York(1982)
31. Iglesias, H.A., and Chirife, J.: *J. Food Technol.*, 4, 565(1976)
32. Singh, R.S. and Ojha, T.P.: *J. Sci. Fd. Agr.*, 25, 451(1974)
33. Aguerre, R.J., Suarez, C. and Viollaz, P.E.: *J. Fd. Technol.*, 18, 345(1983)
34. Salwin, H.: *Food Technol.*, 13, 594(1959)
35. Udani, K.H., Nelson, A.L. and Steiberg, M.P.: *J. Fd. Technol.*, 22, 1561(1965)
36. 김동만, 장규섭, 윤한교: 한국식품과학회지, 12, 292(1980)
37. 荒井綜合: 日本食品工業學會誌, 26, 225(1979)
38. 이철, 맹영선, 신동화, 민병용: 한국식품과학회지 15, 315(1983)

(1987년 2월 16일 접수)