



## Absorption characteristics of black elephant garlic powder containing maltodextrin

Jong-Jin Park, Dae-Hee Park, Jae-Jun Lee, Sung-Yeon Lee,  
 Ibukunoluwa Fola Olawuyi, Won-Young Lee\*  
 School of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

### 말토덱스트린 첨가량에 따른 코끼리 흑마늘 분말의 흡습 특성

박종진 · 박대희 · 이재준 · 이성연 · 이부쿠늘루와 폴라 올라위 · 이원영\*  
 경북대학교 식품공학부

#### Abstract

In this study, we investigated the characteristics of black elephant garlic powder with maltodextrin. The quality parameters were analyzed such as water absorption, color value, solubility, average particle size and aqueous stability. The mixture ratios (black elephant garlic extract:maltodextrin) were 4:6, 5:5, 6:4, and 7:3. After homogenizing, the mixtures were lyophilized to produce garlic powders. The powders showed high solubility (90.87-96.93%). The lightness (L) decreased with increasing extract amount, whereas the redness (a) and yellowness (b) values increased. The average particle size decreased with increasing maltodextrin content except the 7:3 mixture ratio. The aqueous stability of the powders after 8 h ranged between 0.54 and 0.64. The absorption characteristics were measured under different relative humidities (11-84%) and temperatures (25 and 35 °C) to calculate the mono-layer moisture content, the Guggenheim-Anderson-Boer (GAB) and Brunauer-Emmett-Teller (BET) equations were applied. Overall, the mixture of 4:6 presented a low equilibrium moisture content and low mono-layer moisture content regardless of the temperature. Caurlie, Halsey, Kuhn, Oswin and Mizrahi models were applied to evaluate the suitability of the isotherm curve. Among them, the Halsey and Kuhn models both showed good fit because they presented high R<sup>2</sup> values (0.934-0.992 and 0.955-0.990, respectively) and low deviations (4.829-9.436% and 5.043-9.989%, respectively).

**Key words :** elephant garlic, black garlic, maltodextrin, moisture absorption

#### 서 론

마늘은 한국인의 식생활에 필수적으로 이용되고 있다 (1). 국내에 재배되고 있는 마늘은 ‘의성’, ‘단양’, ‘남도’ 등 다양한 품종이 존재한다(2). 최근 경북 군위군에서 상품화시킨 코끼리 마늘(*Allium ampeloprasum* L.)은 일종의 leak(서양부추파)로서 중량이 450 g 정도로 일반 마늘보다

크다는 특징을 가지고 있다(3). 또한 마늘 특유의 맛과 향을 내는 알리신 성분은 일반 품종에 비해 떨어지지만 자양강장 효과가 우수한 스코리딘의 함량이 일반 마늘에 비해 2배 이상 높은 것으로 알려져 있다(4). 코끼리 마늘은 국내에서도 재배가 활발하게 진행되고 있기 때문에 지역 및 파종시기에 따른 생산성 연구(5) 뿐만 아니라 살균(6), 항산화기능(7), 당뇨병 예방(8) 등의 기능성에 대한 연구도 행해졌다. 또한 이처럼 가공 이용성이 높은 코끼리 마늘은 부가가치를 향상시키는 연구도 활발하게 진행 중이다(9).

마늘은 특유의 냄새와 맛 때문에 선호하지 않는 사람들을 위해 흑마늘로 가공하여 제품화한다. 마늘을 고온에서 일정한 시간 숙성하면 흑갈색을 띠면서 흑마늘이 되는데, 가공 후 마늘의 매운맛은 줄어들고 단맛이 증가하며 젤리와

\*Corresponding author. E-mail : wonyoung@knu.ac.kr  
 Phone : 82-53-950-7763, Fax : 82-53-950-7762  
 Received 21 June 2018; Revised 17 July 2018; Accepted 20 July 2018.  
 Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

유사한 물성을 나타낸다(10). 특히 코끼리 마늘을 흑마늘로 가공 시 총당 및 환원당, 총폴리페놀과 총플라보노이드가 증가할 뿐만 아니라 특정 용매로 추출 시 높은 항산화 활성을 나타낸다고 알려져 있다(11).

제조 식품에 있어서 장기간 동안 품질을 유지하는 것은 매우 중요한 과제이다. 여러 가공법 중 분말화는 저장성을 높이고 식품소재로서의 활용성도 증가시킬 수 있다. 분말 제조 방법으로는 열풍건조, 동결건조 등이 있다(12,13). 건조를 통해 식품 내 수분을 줄이게 되면 부피와 중량 감소를 시킬 뿐만 아니라 미생물학적 변패 방지를 방지하여 저장, 수송의 편의성 등을 제고시키는 장점이 있다. 가장 대중적인 열풍건조는 성분 파괴 등의 단점이 있지만, 동결건조는 맛과 향기 성분, 기능성 성분 등의 손실이 적고 조직이 크게 파괴되지 않는 높은 복원력으로 분말제조에 적합하다(14).

본 연구에서는 코끼리마늘을 흑마늘로 가공한 후, 동결 건조를 통해 분말화를 시도하였다. 하지만 동결건조를 통한 다공성 구조와 흑마늘의 높은 당으로 인한 흡습성 때문에 분말화가 어려운 것을 확인하였고 문제 해결을 위한 방법으로 부형제에 주목하였다. 분말 제조 시 사용되는 부형제로는 전분, 텍스트린, 말토덱스트린, 포도당, 맥아당 등이 있는데, 텍스트린류의 경우 텍스트로스 함량에 따라 다른 흡습성을 나타내고, 조직감 개선효과를 가지고 있어 다양한 가공 식품에 사용이 보고되고 있다(15,16).

따라서 본 연구에서는 흑마늘 추출물과 부형제 중의 하나인 말토덱스트린을 혼합한 후 배합비에 따라 분말의 품질 특성을 확인하고, 등온흡습곡선과 저장안정성에 큰 영향을 미치는 단분자층 수분함량을 여러 모델을 적용하여 분석하는 것에 목적을 두었다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 코끼리마늘은 군위 농업기술센터에서 제공받았으며, 말토덱스트린(MD-1250, Edentownfnb, Korea)을 부형제로 사용하였다.

### 말토덱스트린을 첨가한 코끼리마늘 분말 제조

겉껍질을 제거한 웅녀마늘 1 kg과 물 2 L를 steamer (HK-9600, Jinhong tech, Seoul, Korea)에 넣은 후 30시간 쪄서 흑마늘로 가공하였다. 흑마늘은 steam에 사용된 물과 같이 섞은 후 마쇄하여 흑마늘 추출액을 제조하는데 사용되었다. 흑마늘 추출액은 말토덱스트린과 함께 균질화한 후 -65℃로 설정된 deep freezer(SW-UF-500P, Samwon Freezing Engineering Co., Busan, Korea)에서 24시간 동안 동결하였다. 냉동된 시료는 동결건조기(SFDSF12, Samwon Freezing Engineering Co.)를 이용하여 건조하였으며 동결

건조 후에는 실험실용 분쇄기(RT-02, Millpowder, Tainan, Taiwan)를 이용해 분말화하였다. 분말은 40, 80 mesh 크기의 시험용체(Testing sieve, Chunggye Industrial MFG., Co., Gunpo, Korea)로 분획한 후 두 체 사이의 시료를 사용하였다.

### 색도 측정

분말의 색도는 시료 2 g을 알루미늄접시에 담은 후 색차계(CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하였다. 측정결과는 명도(lightness, L), 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b)로 나타내었다.

### 용해도 측정

용해도는 Phillips 등(17)의 방법을 참고하여 측정하였다. 말토덱스트린을 첨가한 코끼리마늘 혼합물의 분말 2 g을 conical tube에 넣고 distilled water 4 mL를 첨가한 후 30℃의 항온수조(GO-90W, Jeio Tech, Daejeon, Korea)에 5분간 넣어 용해시켰다. 잔여 분말을 완전히 용해시킨 다음 원심분리기(Supra 22k, Hanil Scientific Inc, Gimpo, Korea)를 이용하여 4,000 rpm에서 10분 간 원심분리를 하였다. 그리고 시료 중 상등액을 취하여 105℃ 열풍건조기(OTEC-004-m, Ilwon Freezer, Namyangju, Korea)에서 항량이 될 때까지 건조한 후 무게 중량을 측정하여 계산하였다.

$$\text{Water absorption}(\%) = \frac{A}{B} \times 100$$

A : dried supernatant sample(g)

B : sample weight(g)

### 입도분석

분말의 입도분석은 건식 입도분석기(Sympatec GmbH, HELOS(H<sub>2</sub>455) & RODOS, Clausthal-Zellerfeld, Germany)를 사용하여 측정하였다.

### 분산성 측정

분산성의 측정은 Lee 등(18)의 방법을 참고하였다. 시료 0.3 g과 증류수 1 mL을 혼합한 후 UV spectrophotometer (Shimadzu Co., UV-2550, Tokyo, Japan)를 이용하여 600 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도는 1시간 간격으로 8시간 동안 측정되었다.

### 온도 및 상대습도 조절

데시케이터 내의 상대습도는 Lewis법(19)을 참고하여 과포화 염용액으로 조절하였다. 사용한 과포화염용액은 LiCl(RH 11%), CH<sub>3</sub>COOK(RH 22%), MgCl<sub>2</sub>(RH 32%), NaBr(RH 57%), NaCl(RH 75%), KCl(RH 84%)을 사용하였

다(Table 1). 상대습도 별로 제조한 과포화염용액을 각각의 데시케이터에 넣고, 항온기(SJP-125MI, Sejongplus Co., Hwaseong, Korea)의 온도를 각각 25, 35°C로 유지하여 실험 조건을 조성하였다.

**Table 1. Relative humidity of saturated salt solution**

| Salt                           | Relative humidity (%) |
|--------------------------------|-----------------------|
| LiCl                           | 0.11                  |
| CH <sub>3</sub> COOK           | 0.22                  |
| MgCl <sub>2</sub>              | 0.32                  |
| K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | 0.43                  |
| NaBr                           | 0.57                  |
| NaCl                           | 0.75                  |
| KCl                            | 0.84                  |

#### 평형수분함량 측정

평형 수분함량은 Labuza 등(20)의 방법에 준하여 측정되었다. 알루미늄 접시에 시료 2 g를 담은 후 상대습도가 조성된 데시케이터와 함께 배양기에 저장하였다. 시료는 배양기에서 일정 시간 간격으로 꺼내어 무게 변화를 측정하였으며 무게의 변화로부터 평형수분함량을 계산하였다.

#### 단분자층 수분함량의 측정

적정 저장안정 수분함량인 단분자층 수분함량을 산출하기 위하여 Guggenheim-Anderson-Boer(GAB) 식(21)과 BET (Brunauer-Emmett-Teller)식(22)을 이용하였다.

$$\text{GAB equation, } X_e = \frac{X_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)}$$

$$\text{BET equation, } \frac{a_w}{X_e(1 - a_w)} = \frac{1}{X_m C} + \frac{C - 1}{X_m C} a_w$$

$a_w$  : water activity

$X_e$  : equilibrium moisture contents(%)

$X_m$ : monolayer moisture contents(%)

$C, k$  : experimental constants

#### 등온 흡수 모델의 적합성 확인

코끼리 흑마늘 추출액과 말토덱스트린으로 제조된 분말의 평형 수분함량을 예측하기 위해 BET와 GAB 식 외에 현재까지 연구된 여러 등온흡수곡선 모델식 중 5가지 식을 적용한 후 각 모델식의 적합성을 확인하였다(23).

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

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

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

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

$$\text{Mizrahi equation, } a_w = \frac{b + M}{a + M}$$

$M$  : equilibrium moisture contents(%)

$a_w$  : water activity

other alphabet : constants

등온흡수곡선 모델식과 실험값의 편차는 다음 식을 적용하여 확인하였다(23).

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

$m_i$  : experimental moisture content

$m_i^*$  : predicted moisture content by model

$N$  : number of experimental data

## 결과 및 고찰

#### 배합비별 색도, 용해도 및 입도

코끼리 흑마늘 추출액과 말토덱스트린의 비율에 따른

**Table 2. Color value, solubility and particle size of powder according to ratio of elephant garlic extract and maltodextrin**

|                    | EG extract (mL) : maltodextrin (g) |                          |                         |                          |
|--------------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                    | 4:6                                | 5:5                      | 6:4                     | 7:3                      |
| L                  | 86.70±0.74 <sup>1)(2)</sup>        | 79.05±0.97 <sup>b</sup>  | 81.65±0.66 <sup>b</sup> | 73.59±1.12 <sup>a</sup>  |
| a                  | 0.69±0.08 <sup>a</sup>             | 0.94±0.18 <sup>b</sup>   | 1.18±0.25 <sup>c</sup>  | 2.30±0.03 <sup>d</sup>   |
| b                  | 19.78±0.23 <sup>a</sup>            | 25.23±0.60 <sup>b</sup>  | 25.25±0.96 <sup>c</sup> | 29.89±0.51 <sup>d</sup>  |
| Solubility (%)     | 91.52±2.66 <sup>a</sup>            | 96.93±1.50 <sup>b</sup>  | 92.77±0.82 <sup>a</sup> | 90.87±1.13 <sup>a</sup>  |
| Particle size (μm) | 159.89±1.39 <sup>d</sup>           | 101.71±0.34 <sup>b</sup> | 64.59±0.86 <sup>a</sup> | 107.48±3.34 <sup>c</sup> |

<sup>1)</sup>Each value is expressed as mean±SD (n=3).

<sup>2)</sup>Means within a row followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

분말의 색깔과 용해도는 Table 2와 같다. 말토덱스트린은 점도와 용해도를 개선할 수 있는 좋은 캡슐화제로 알려져 있다(24). 본 연구에서도 추출물에 말토덱스트린을 사용했을 때 용해도는 90% 이상으로 높은 값이 측정되었으며 특히 5:5 처리구에서 96.93%로 최대값을 나타내었다. Jafari 등(25)은 말토덱스트린이 용해도를 증가시키는 효과가 있으나 말토덱스트린 함량을 높이는 것은 용해도를 감소시킬 수 있다고 하였다. 그리고 본 연구와 유사하게 Moreira 등(26)도 말토덱스트린 함량 증가 시 90%이상 범위 내에서 용해도가 소폭 감소하였다고 보고한 바 있다. 색깔의 경우 흑마늘 추출액 비율이 증가할수록 L 값은 감소하였고 a와 b 값이 유의적으로 증가하는 추세를 보였다(p<0.05). 이와 유사하게 Chae와 Hong(27)의 연구에서도 부형제 함량 증가에 따라 분말의 명도 증가 및 적색도 감소가 일어났다고 보고되었다. 이러한 현상은 부형제 함량이 증가함에 따라 추출물 고유의 색이 감소하면서 발생하는 것으로 사료된다. 그리고 Tonon 등(28)은 말토덱스트린 농도에 비례하여 입도가 증가한다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 7:3 처리구를 제외하고 추출물과 말토덱스트린 혼합물에서 말토덱스트린 함량이 늘어날수록 유의적으로 입도가 증가하는 추세를 보였다. 7:3 처리구의 경우 추출액의 비율이 높아서 말토덱스트린과의 결합이 잘 일어나지 못하여 일부 분말간의 뭉침 현상이 발생하였고 이 때문에 평균입도가 증가한 것으로 보인다.

**배합비별 분산성**

분산성은 오랫동안 침전 또는 부유 없이 수중에 균일하게 분산되는 특성으로 분산도가 높을수록 시간에 따른 혼탁도 변화가 적다(18). 추출물과 말토덱스트린의 비율에 따른 분말의 분산성은 Table 3에 나타내었다. Lee 등(18)의 연구에서 말토덱스트린을 마늘의 캡슐화제로 사용하였는데 시료를 1시간 동안 분산 시 normalized turbidity가 0.6 이하로 감소했다고 보고하였다. 반면 본 연구에서는 3시간 동안 모든 처리구가 0.7 이상의 값을 유지하였으나 분산 8시간째 분말의 normalized turbidity는 0.54-0.64로 감소하였다. 이는 앞선 결과에서 말토덱스트린 처리 시 용해도가 높게 나왔어도 일정 시간이 지나면 일부 분말이 가라앉을 수 있다는

것을 의미하므로 제품화 과정에서 이 점을 유의해야 할 것으로 사료된다.

**평균수분함량**

평균 수분함량은 수분활성도와 저장온도와 더불어 건조식품의 품질 안정성을 나타내는 지표로 알려져 있다(29). 본 연구에서는 코끼리 마늘 흑마늘 추출물과 말토덱스트린의 배합비에 따라 다르게 제조된 분말의 흡습 특성을 조사하였다. 수분활성도는 포화 염용액을 이용하여 0.11-0.84로

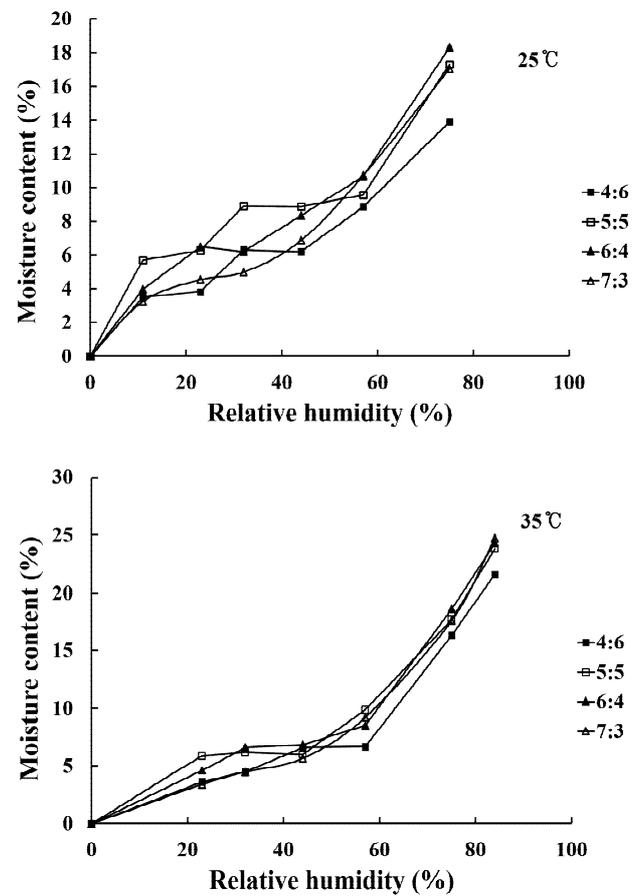


Fig. 1. The isotherm curve of elephant garlic powder by temperature and mixture ratio.

Table 3. Time-dependent aqueous stability of elephant garlic powder by mixture ratio

| Mixing ratio | Dispersion time (h)         |                        |                         |                        |                        |                        |                        |                        |                        |  |
|--------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|
|              | 0                           | 1                      | 2                       | 3                      | 4                      | 5                      | 6                      | 7                      | 8                      |  |
| 4:6          | 1.00±0.00 <sup>1)(a2)</sup> | 0.73±0.05 <sup>a</sup> | 0.69±0.04 <sup>ab</sup> | 0.67±0.03 <sup>b</sup> | 0.65±0.03 <sup>b</sup> | 0.65±0.03 <sup>b</sup> | 0.63±0.03 <sup>b</sup> | 0.64±0.04 <sup>b</sup> | 0.63±0.03 <sup>b</sup> |  |
| 5:5          | 1.00±0.00 <sup>a</sup>      | 0.72±0.02 <sup>a</sup> | 0.65±0.02 <sup>a</sup>  | 0.61±0.02 <sup>a</sup> | 0.59±0.02 <sup>a</sup> | 0.57±0.02 <sup>a</sup> | 0.55±0.02 <sup>a</sup> | 0.54±0.02 <sup>a</sup> | 0.54±0.02 <sup>a</sup> |  |
| 6:4          | 1.00±0.00 <sup>a</sup>      | 0.79±0.00 <sup>b</sup> | 0.73±0.03 <sup>b</sup>  | 0.70±0.02 <sup>b</sup> | 0.68±0.02 <sup>b</sup> | 0.67±0.03 <sup>b</sup> | 0.65±0.03 <sup>b</sup> | 0.65±0.02 <sup>b</sup> | 0.64±0.03 <sup>b</sup> |  |
| 7:3          | 1.00±0.00 <sup>a</sup>      | 0.71±0.02 <sup>a</sup> | 0.66±0.01 <sup>a</sup>  | 0.62±0.01 <sup>a</sup> | 0.60±0.02 <sup>a</sup> | 0.58±0.01 <sup>a</sup> | 0.58±0.02 <sup>a</sup> | 0.56±0.03 <sup>a</sup> | 0.55±0.02 <sup>a</sup> |  |

<sup>1)</sup>Each value is expressed as mean±SD (n=3).

<sup>2)</sup>Means within a column followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

조절한 후 각각 25, 35°C에 시료를 저장하였다. 배합비에 따른 분말의 등은 흡습 곡선은 Fig. 1과 같다. 등은 흡습 곡선은 sigmoid 형태를 나타냈으며, 수분활성도가 증가할 수록 평형수분함량도 증가하는 경향을 보였다. 그리고 평형수분함량은 수분활성도 0.57과 0.75 사이 및 그 이후의

구간에서 크게 증가하는 현상을 보였다. 이는 Chung과 Youn(30)의 연구에서 수분활성도 0.75 이상부터 평형수분함량이 급격하게 증가한다는 결과와 비슷했다. 말토덱스트린 첨가비율에 따라서 비교했을 때 상대습도 50% 이상 구간에서 4:6 비율의 처리구가 낮은 흡습량을 나타내는 것

**Table 4. The regression coefficient and monolayer moisture content of elephant garlic powder determined by GAB and BET equation with different maltodextrin amount and temperature**

|     | GAB equation |       |        |                |       |       |        |                | BET equation |         |                |       |        |                |
|-----|--------------|-------|--------|----------------|-------|-------|--------|----------------|--------------|---------|----------------|-------|--------|----------------|
|     | 25°C         |       |        |                | 35°C  |       |        |                | 25°C         |         |                | 35°C  |        |                |
|     | Xm           | k     | C      | R <sup>2</sup> | Xm    | k     | C      | R <sup>2</sup> | Xm           | C       | R <sup>2</sup> | Xm    | C      | R <sup>2</sup> |
| 4:6 | 0.041        | 0.953 | 21.345 | 0.978          | 0.047 | 0.949 | 4.185  | 0.978          | 0.036        | 71.400  | 0.971          | 0.037 | 12.536 | 0.973          |
| 5:5 | 0.053        | 0.934 | 15.055 | 0.943          | 0.047 | 0.964 | 23.526 | 0.984          | 0.044        | 139.543 | 0.956          | 0.042 | 10.456 | 0.979          |
| 6:4 | 0.049        | 0.978 | 28.244 | 0.992          | 0.051 | 0.952 | 7.766  | 0.980          | 0.047        | 43.390  | 0.991          | 0.041 | 66.085 | 0.973          |
| 7:3 | 0.047        | 0.978 | 9.743  | 0.989          | 0.064 | 0.915 | 1.964  | 0.997          | 0.044        | 12.582  | 0.988          | 0.042 | 6.153  | 0.990          |

**Table 5. Estimated coefficient for isotherm models of elephant garlic powder**

| Temperature | Mixing ratio | Caurie |        |                | Halsey |       |                | Kuhn  |        |                | Oswin  |       |                | Mizrahi |       |                |
|-------------|--------------|--------|--------|----------------|--------|-------|----------------|-------|--------|----------------|--------|-------|----------------|---------|-------|----------------|
|             |              | ln A   | r      | R <sup>2</sup> | a      | n     | R <sup>2</sup> | b     | a      | R <sup>2</sup> | a      | n     | R <sup>2</sup> | b       | a     | R <sup>2</sup> |
| 25°C        | 4:6          | 0.941  | -2.236 | 0.974          | 12.829 | 1.442 | 0.978          | 2.262 | -3.426 | 0.972          | 7.922  | 0.495 | 0.970          | 3.545   | 3.559 | 0.967          |
|             | 5:5          | 1.444  | -1.792 | 0.904          | 40.169 | 1.758 | 0.934          | 4.270 | -3.660 | 0.955          | 10.481 | 0.393 | 0.899          | 5.633   | 3.81  | 0.954          |
|             | 6:4          | 1.114  | -2.355 | 0.978          | 15.194 | 1.369 | 0.989          | 2.559 | -4.557 | 0.990          | 10.004 | 0.522 | 0.975          | 4.261   | 4.738 | 0.987          |
|             | 7:3          | 0.800  | -2.714 | 0.995          | 8.891  | 1.205 | 0.991          | 1.354 | -4.628 | 0.987          | 8.731  | 0.605 | 0.988          | 3.084   | 4.812 | 0.984          |
| 35°C        | 4:6          | 0.297  | -3.296 | 0.977          | 7.004  | 1.191 | 0.977          | 1.446 | -3.677 | 0.972          | 7.136  | 0.678 | 0.977          | 2.943   | 3.740 | 0.971          |
|             | 5:5          | 0.742  | -2.864 | 0.975          | 12.443 | 1.339 | 0.983          | 2.890 | -3.789 | 0.980          | 8.860  | 0.598 | 0.978          | 4.431   | 3.857 | 0.979          |
|             | 6:4          | 0.626  | -3.039 | 0.976          | 10.560 | 1.276 | 0.979          | 2.400 | -4.000 | 0.974          | 8.666  | 0.630 | 0.977          | 4.028   | 4.07  | 0.973          |
|             | 7:3          | 0.253  | -3.505 | 0.998          | 6.650  | 1.126 | 0.992          | 0.950 | -4.312 | 0.987          | 7.493  | 0.771 | 0.996          | 2.708   | 4.386 | 0.986          |

**Table 6. Mean relative percentage deviation for isotherm models of elephant garlic powder**

| Temperature | Mixing ratio | P <sup>1)</sup> (%) |        |       |        |         |
|-------------|--------------|---------------------|--------|-------|--------|---------|
|             |              | Caurie              | Halsey | Kuhn  | Oswin  | Mizrahi |
| 25°C        | 4:6          | 8.375               | 7.509  | 9.343 | 10.753 | 10.336  |
|             | 5:5          | 10.152              | 8.905  | 7.278 | 11.965 | 7.877   |
|             | 6:4          | 6.459               | 5.219  | 6.475 | 9.866  | 7.703   |
|             | 7:3          | 5.412               | 4.829  | 5.043 | 9.437  | 5.874   |
|             | Average      | 7.60                | 6.62   | 7.03  | 10.51  | 7.95    |
| 35°C        | 4:6          | 13.612              | 8.492  | 9.989 | 12.923 | 10.613  |
|             | 5:5          | 13.815              | 9.436  | 7.918 | 12.249 | 7.795   |
|             | 6:4          | 12.41               | 8.678  | 9.337 | 11.482 | 9.494   |
|             | 7:3          | 6.432               | 7.448  | 8.113 | 6.181  | 9.046   |
|             | Average      | 11.57               | 8.51   | 8.84  | 10.71  | 9.24    |

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

m<sub>i</sub>, experimental moisture content; m<sub>i</sub><sup>\*</sup>, predicted moisture content by model; N, number of experimental data.

을 확인하였다. 이와 유사하게 선행 연구에서는 동일한 상대습도에서 무처리구보다 말토덱스트린 처리구의 평형수분함량이 유의적으로 낮았으며, 말토덱스트린 함량이 높을수록 흡습 방지 효과가 증가하였다고 보고한 바 있다(31,32).

#### 단분자층 수분함량

카르보닐기나 수산화기 등과 강하게 결합을 한 단분자층의 수분은 미생물, 효소, 화학반응이 이용되지 않을 뿐만 아니라 대기 중의 산소에 식품 성분의 산화를 방지해준다. 반면 식품의 수분이 단분자층 수분함량 이하일 경우에는 유지의 산화, 비효소적 갈변 속도가 가속화된다. 따라서 단분자층 수분함량은 건조식품의 저장 안정성을 나타내는 중요한 지표라고 볼 수 있다(33).

코끼리 흑마늘 분말의 단분자층 수분함량은 GAB식과 BET 모델을 이용하여 산출하였으며 Table. 4에 나타내었다. GAB 식을 적용했을 때 식의 단분자층 수분함량은 0.041-0.064 g H<sub>2</sub>O/g dry solid, R<sup>2</sup> 값은 0.943-0.99으로 나타났다. 그리고 BET 식에서 R<sup>2</sup> 값은 0.956-0.991, 단분자층 수분함량은 0.036-0.047 g H<sub>2</sub>O/g dry solid로 산출되었다. 두 식을 비교해보았을 때 GAB 식의 단분자층 수분함량이 BET보다 더 높았는데 이는 Youn(34)의 연구 결과와 유사하였다. GAB 식을 적용했을 때 25℃에서 단분자층 수분함량은 5:5 처리구에서 가장 높았다. 35℃에서는 4:6, 5:5 처리구 간 차이가 없었고 6:4와 7:3 처리구에서는 추출액 함량에 비례하여 증가하였다. BET 식에서 25℃ 저장 분말의 단분자층 수분함량은 6:4 처리구에서 가장 높았으며 35℃에서는 4:6을 제외한 다른 처리구 간의 차이는 적었다.

다른 배합비와 비교했을 때 온도 및 적용식에 관계없이 4:6 처리구의 단분자층 수분함량이 0.036-0.047 g H<sub>2</sub>O/g dry solid로 가장 낮게 측정되었다. Wang과 Zhou(31)도 무처리구에 비해 말토덱스트린 처리구의 단분자층 수분함량이 적고, 말토덱스트린 첨가량이 많을 때 단분자층 수분함량이 감소하는 것을 확인하였다. 이는 말토덱스트린에 의한 캡슐화에 의해 물분자에 노출 가능한 표면적이 줄어들면서 단분자층 수분함량이 감소한 것으로 보인다(35). 이처럼 본 연구에서 단분자층 수분함량은 온도, 적용식에 따라 다른 추세를 보였는데, GAB 식의 높은 R<sup>2</sup> 값과 BET 식은 0.05-0.45범위의 수분활성도에서 적용된다는 점(34)을 고려했을 때 BET보다 GAB 식이 좀 더 적합하다고 판단된다.

#### 등온 흡습 모델의 적합성

등온 흡습 모델의 적합도는 식품의 성분 조성에 영향을 많이 받는다고 알려져 있다(23). 따라서 말토덱스트린과 코끼리 흑마늘 추출물을 이용해 제조한 분말에 대한 흡습곡선 모델의 적합성을 확인하고자 했다. 본 연구에서는 Caurie, Halsey, Kuhn, Oswin, Mizrahi 식을 이용하였으며

상수와 R<sup>2</sup>은 Table 5, 편차는 Table 6에 나타내었다. R<sup>2</sup>은 Oswin 식을 제외하고 0.90 이상의 회귀계수를 나타내었다. 모델의 편차(P)는 값이 낮을수록 높은 적합성을 나타낸다고 알려져 있는데, 여러 모델식 중 모든 배합비에서 10% 이하의 편차를 보인 것은 Halsey, Kuhn 식이었다. 그 중 Halsey 식은 25, 35℃에서 각각 6.62, 8.51%로 평균적으로 가장 낮은 편차를 보이면서 높은 적합성을 보였다. 이에 이어 Kuhn 식의 평균 편차는 각 온도에서 7.03, 8.84%로 적합성을 확인하였다. 이와 유사하게 Youn(34)이 분말멸치에 대해 연구를 진행했을 때도 위 두 모델과 높은 적합성을 보고한 바 있다. 반면 Caurie, Mizrahi, Oswin 식은 편차가 10%가 넘어 본 시료에 적용하기에는 적합하지 않은 것으로 나타났다.

## 요 약

본 연구는 코끼리 흑마늘의 분말화를 위해 추출액과 말토덱스트린을 비율 별로 첨가한 후 분말을 제조하였으며, 제조 및 저장 조건 별로 품질 특성을 비교 분석하는데 목적을 두었다. 분말의 용해도는 90.87-96.93%으로 5:5 처리구에서 가장 높은 값을 보였으며 색깔의 경우 말토덱스트린 함량이 증가할수록 명도는 감소하였으나 적색도와 황색도는 증가하였다. 입도는 7:3 처리구를 제외하고 말토덱스트린 함량에 비례하여 증가하는 추세를 보였으며, 분산성은 0.54-0.63 범위에서 나타났다. 포화 염용액으로 다른 상대습도를 조성하여 25, 35℃에서 분말을 각각 저장했을 때 평형 수분함량은 4:6에서 가장 낮게 나타났다. 그리고 단분자층 수분함량을 산출하기 위해 GAB 식과 BET 식을 이용하였으며 모든 조건에서 0.943-0.997로 높은 R<sup>2</sup>값을 보였다. 여러 처리구 중 4:6 처리구가 단분자층 수분함량이 가장 낮았으며 다른 처리구들은 온도나 적용 식에 따라 다른 추세를 보였다. 또한 등온 흡습 모델의 적합성을 확인하기 위해 Caurie, Halsey, Kuhn, Oswin, Mizrahi 식을 사용하였는데, 그 중 Halsey, Kuhn 식이 높은 R<sup>2</sup> 값과 낮은 편차를 보여 적합성을 나타내었다.

## References

1. Chang YE, Kim JS (2011) Effects of pretreatment and drying methods on the quality and physiological activities of garlic powders. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 1680-1687
2. Hwang JM, Ha HT, Choi HS (2009) Field performance of seed garlic on cultivars collected from the different growing regions. *Korean J Hortic Sci Technol*, 27,

- 567-571
- Guenauoi C, Mang S, Figliuolo G, Neffati M (2013) Diversity in *Allium ampeloprasum*. From small and wild to large and cultivated. *Genet Resour Crop Evol*, 60, 97-114
  - Kim KH (2014) Development of standard garlic method and mass propagation method of elephant. Final Report of NTIS, 1395040936
  - Youn CK, Kim IJ, Kim KH, Ahn KS, Jaeng JH, Lee SY (2015) Effect of sowing time on growth and yield in elephant garlic (*Allium Ampeloprasum* L.). *J Korean Soc Int Agric*, 27, 204-208
  - Tavakkoli A, Oboudi B, Tavakkoli A (2015) Antibacterial effects of water extracts of various broadleaf wild leeks (*Allium ampeloprasum*). *J Pharm Pharmacol*, 3, 438-442
  - Lu X, Ross CF, Powers JR, Aston DE, Rasco BA (2011) Determination of total phenolic content and antioxidant activity of garlic (*Allium sativum*) and elephant garlic (*Allium ampeloprasum*) by attenuated total reflectance-Fourier transformed infrared spectroscopy. *J Agric Food Chem*, 59, 5215-5221
  - Rahimi-Madiseh M, Heidarian E, Kheiri S, Rafieian-Kopaei M (2017) Effect of hydroalcoholic *Allium ampeloprasum* extract on oxidative stress, diabetes mellitus and dyslipidemia in alloxan-induced diabetic rats. *Biomed Pharmacother*, 86, 363-367
  - Park CH, Kim KH, Kim NY, Kim SH, Yook HS (2014) Antioxidative capacity and quality characteristics of *Yanggeang* with fermented aged black giant garlic (*Allium ampeloprasum* L. var. *ampeloprasum* auct.) paste. *Korean J Food Nutr*, 27, 1014-1021
  - Choi DJ, Lee SJ, Kang MJ, Cho HS, Sung NJ, Shin JH (2008) Physicochemical characteristics of black garlic (*Allium sativum* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 37, 465-471
  - Jung IC, Sohn HY (2014) Antioxidation, antimicrobial and antithrombosis activities of aged black garlic (*Allium sativum* L.). *Korean J Microbiol Biotechnol*, 42, 285-292
  - Kim MK, Kim MH, Yu MS, Song YB, Seo WJ, Song KB (2009) Dehydration of carrot slice using polyethylene glycol and maltodextrin and comparison with other drying methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 38, 111-115
  - Baik EK, Park SJ, Lee KP, Choi SW, Hur NY, Baik MY (2007) Quality factor determination and shelf-life prediction of powdered-model food. *J Mar Biosci Biotechnol*, 2, 160-167
  - Kim JH, Seo HY, No KM, Han BJ, Lee SJ, Seo YS, Kim KS (2005) Changes of volatile odor components in onion by freeze-drying. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 34, 230-235
  - Rhee C, Cho SY (1991) Effect of dextrin on sorption characteristics and quality of vacuum frying dried carrot. *Korean J Food Sci Technol*, 23, 241-247
  - Kim WJ, Ku KH (1994) Optimization of heating and addition of water, oil and dextrin for uncompressed SPI tofu preparation. *Korean J Food Sci Technol*, 26, 37-43
  - Phillips RD, Chinnan MS, Branch AL, Miller J, Mcwaters KH (1998) Effects of pretreatment on functional and nutritional properties of cowpea meal. *J Food Sci*, 53, 805-809
  - Lee CM, Kim YE, Woo HD, Ko SH (2015) Stability and sensory property of microencapsulated garlic powders. *Food Eng Prog*, 19, 291-297
  - Greenspan L (1977) Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. *J Res Natl Bur Stand A Phys Chem*, 81, 89-96
  - Labuza TP, Kaanane A, Chen JY (1987) Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods. *J Food Sci*, 50, 385-391
  - Anderson RB (1946) Modifications of the Brunauer, Emmett and Teller equation. *J Am Chem Soc*, 68, 686-691
  - Brunauer S, Emmett PH, Teller E (1938) Adsorption of gases in multimolecular layers. *J Am Chem Soc*, 60, 309-319
  - Boquet R, Chirife J, Iglesia HA (1978) Equations for fitting water sorption isotherms of foods. *Int J Food Sci Technol*, 13, 319-327
  - Balasubramani P, Palaniswamy PT, Visvanathan R, Thirupathi V, Subbarayan A, Prakash Maran J (2015) Microencapsulation of garlic oleoresin using maltodextrin as wall material by spray drying technology. *Int J Biol Macromol*, 72, 210-217
  - Jafari SM, Ghalehnoei MG, Dehnad D (2017) Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. *Powder Technol*, 311, 59-65
  - Moreira GEG, Costa MGM, Souza ACR, Brito ES, Medeiros MFD, Azeredo HM (2009) Physical properties of spray dried acerola pomace extract as affected by temperature and drying aids. *LWT-Food Sci Technol*, 42, 641-645
  - Chae HY, Hong JH (2016) Quality characteristics of

- spray-dried powder from purple sweet potato extract. *J Chitin Chitosan*, 21, 271-277
28. Tonon RV, Brabet C, Hubinger MD (2008) Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae Mart.*) powder produced by spray drying. *J Food Eng*, 88, 411-418
  29. Labuza TP, McNally L, Gallagher D, Hawkes J, Hurtado F (1972) Stability of intermediate moisture foods. *J Food Sci*, 37, 154-160
  30. Chung HS, Youn KS (2014) Moisture sorption isotherms of corn powder as affected by roasting temperature. *Korean J Food Preserv*, 21, 334-340
  31. Wang W, Zhou W (2013) Water adsorption and glass transition of spray-dried soy sauce powders using maltodextrins as carrier. *Food Bioprocess Technol*, 6, 2791-2799
  32. Sablani SS, Shrestha AK, Bhandari BR (2008) A new method of producing date powder granules: Physicochemical characteristics of powder. *J Food Eng*, 87, 416-421
  33. Pyun YR (2006) Modern food engineering. Jigu Publishing Co, Paju, Korea, p 413-434
  34. Youn KS (2010) Moisture sorption characteristics and a prediction model of anchovy powder with particle size. *Korean J Food Preserv*, 17, 513-518
  35. Kurozawa LE, Park KJ, Hubinger MD (2009) Effect of maltodextrin and gum arabic on water sorption and glass transition temperature of spray dried chicken meat hydrolysate protein. *J Food Eng*, 91, 287-296