

상대습도와 저장온도에 따른 마늘가루의 갈변 및 흡습특성

김현구 · 조길석 · 허우덕 · 신동화*

한국식품개발연구원, *전북대학교 식품가공학과

Browning and Sorption Characteristics of Garlic Powder with Relative Humidity and Storage Temperature

Hyun-Ku Kim, Kil-Suk Jo, Woodeck S. Hawer and *Dong-Hwa Shin

Korea Food Research Institute, Banwol, Kyonggi-do

**Department of Food Science & Technology, Chonbuk National University, Chonju*

Abstract

The sorption characteristics of garlic powder stored at various relative humidities and storage temperatures were studied. At lower relative humidity below RH 51%, the sorption equilibrium was easily attained, whereas at higher relative humidity above RH 67%, the powders were browned by higher equilibrium moisture content. The powders were browned at relative humidity above 67% at 20°C and 35°C, above 84% at 5°C, respectively. The moisture contents of monolayer value for the powder were ranged from 5.53%(DB) to 5.92%(DB) with varying temperatures. And the necessity of moistureproof packaging material suggested for the long term storage of the powder because the lower moisture content and storage temperature, the higher driving force of wetting.

Key words: sorption characteristics, garlic powder, equilibrium moisture content, monolayer value

서 론

마늘은 절임용과 건조가공용 등으로 일부가 소비되고 있고 90% 이상이 생체 조미부식용으로 사용되고 있어 대부분 저온저장하다가 시장에 출하되어 소비되고 있다. 그러나 최근 라면수프, 종합양념 등 천연조미료의 수요증가 추세에 따라 마늘의 건조제품 소비는 연간 약 20~30%⁽¹⁾가 증가하고 있으나 건조제품의 색깔 및 향미 보존 등 품질향상에는 상당한 문제가 있다. 건조마늘 저장중 품질저하의 가장 큰 요인은 향미손실과 갈변으로서 이를 방지하기 위하여 Pruthi 등⁽²⁾은 마늘가루를 질소포장할 것을 추천하였고, Singh 등⁽³⁾은 온도가 낮을수록 마늘가루의 allyl sulphide의 보존성이 가장 높았다고 보고하였을 뿐 마늘가루의 갈변 및 흡습특성에 대해서는 그 연구가 별로 보고되어 있지 않다.

따라서 본 연구는 상대습도 및 저장온도가 저장중 마늘가루의 갈변 및 흡습에 미치는 특성을 구명하여 마늘가루의 이상적인 적정저장조건을 설정하고자 수행된 몇 가지 실험결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 마늘(6쪽 마늘, 寒地形)은 1987년 산으로 경북 의성지역에서 구입하여 탈피후 두께 2, 1~2.5 mm로 세절하였다. 세절한 마늘 플레이크는 캐비넷 건조기(용량, 70×70×120cm(L×W×H), 동력, 4KW, 팬, 1/4HP)를 사용하여 60°C에서 건조한 다음 로울러 분쇄기로 분쇄(50~70 메쉬)하였다. 분쇄한 마늘가루는 동일온도 및 습도내에서 방치하여 수분평형이 이루어진 후 사용하였다.

Corresponding author: Hyun-Ku Kim, Korea Food Research Institute, 148-1, Dangsuri, Banwol-myun, Hwaseong-gun, Kyonggi-do 445-820

평형수분함량의 측정

Rockland⁽⁴⁾, Wink 등⁽⁵⁾ 및 Houstom⁽⁶⁾의 방법에 준하였다. 즉, 플라스틱 접시에 약 3g의 마늘가루를 담고 이를 LiCl(RH 11%), CH₃COOK(RH 23%), MgCl₂(RH 32%), K₂CO₃(RH 41%), Mg(NO₃)₂(RH 51%), CuCl₂(RH 67%), NaCl(RH 75%) 및 KCl(RH 84%)의 포화염용액이 들어 있는 데시케이터(φ 29cm)에 넣고 5°C, 20°C 및 35°C의 항온기에서 더 이상 흡습하지 않는 상태까지 방치하였고 이 무게를 달아 최초의 수분함량을 기준으로 무게의 증감량에서 평형수분함량을 구하였다.

일분자층 수분함량의 결정

일분자층 수분함량을 산출하기 위하여 다음과 같은 Brunauer-Emmett-Teller 식(BET 식)⁽⁷⁾을 이용하였다.

$$\frac{a}{m(1-a)} = \frac{1}{m_1C} + \frac{C-1}{m_1C} a \quad \dots\dots\dots (1)$$

여기서

a=수분활성도, % ERH/100

m=평형수분함량(Dry basis, %)

C=상수

m₁=일분자층 수분함량(Dry basis, %)

흡습엔탈피의 결정

평형수분 함량에 도달하는데 필요한 흡습엔탈피 ΔH_w는 Gibbs 식⁽⁸⁾을 이용하였다.

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

여기서

φ=평형상태에서의 수증기 부분압

ΔH_w=흡습엔탈피(KJ/kg)

R=기체상수(8,314 J·K⁻¹·mol⁻¹)

T=절대온도

갈변도의 측정

갈변물질의 분석은 Hendel 등⁽⁹⁾의 방법에 의하여 분석하였다. 즉, 마늘가루 2g을 삼각 플라스크에 담고 여기에 200ml의 증류수를 가하고 35°C의 항온기에서 2시간 방치후 여과지(Toyo No. 2)로 여과하여 여과한 액의 색도를 420nm에서 측정하였다.

초기수분함량

마늘가루의 초기수분함량은 105°C 상압가열건조법에

의하여 측정하였다.

결과 및 고찰

저장상대습도별 평형수분함량

건조식품의 안정성은 이의 수분함량에 따라서 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다⁽¹⁰⁻¹³⁾. 따라서 저장고내 환경온습도 변화에 따라 흡습하는 정도를 알기 위하여 마늘가루의 평형수분함량을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 즉, 저장고 내의 상대습도가 51% 이하의 조건에서는 비교적 단시간 내에 수분함량이 평형에 도달하였으나 상대습도 67% 이상에서는 평형수분에 이르는 시간이 길어졌고 평형수분함량도 급격하게 증가하였다.

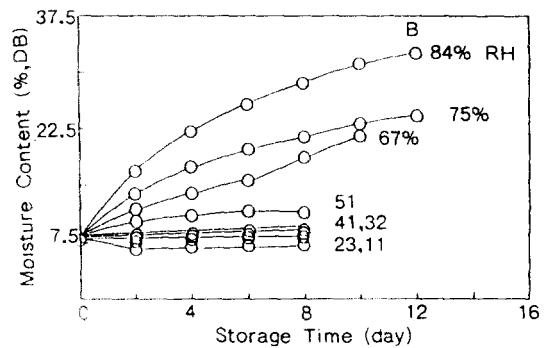


Fig. 1. Moisture contents of garlic powder during storage under various humidities at 5°C (B=browning point).

그리고 우리나라의 연평균 온도와 습도는 13°C, 68% 내외이고 7월부터 9월의 3개월간의 평균은 23.9°C, 84%이며 8월 한달 동안의 온도와 습도는 이보다 더욱 높다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 마늘가루의 초기수분함량은 7.83%(DB)로서 5°C에서 마늘가루의 평형수분함량은 RH 11%에서 8일후 6.8%(DB), 23%에서 7.9%(DB), 32%에서 8.1%(DB), 41%에서 8.3%(DB), 51%에서 11.6%(DB), 67%에서 10일후 21.5%(DB), 75%에서 12일후 24.0%(DB) 및 84%에서 32.4%(DB)인 것을 감안한다면 아무리 건조가 잘된 마늘가루라 하더라도 우리나라 하절기 기후조건에서는 수분함량이 증가될 수 있기 때문에 갈변현상을 피할 수 없는데 RH 84%에서 12일 만에 갈변현상이 나타났다.

각각 다른 상대습도에서 온도에 따른 마늘가루의 평형 수분함량을 나타낸 결과는 Fig 2와 같다. 즉, RH 51%에서는 갈변현상이 나타나지 않았지만 RH 67%에서는 20°C 및 35°C에서 공히 6일 만에 갈변현상이 나타났으며, RH 84%에서도 35°C에서는 2일, 20°C에서는 4일 및 5°C에서는 12일 만에 나타났다. 그리고 RH 67%의 5°C, 20°C 및 84%의 5°C에서는 계속해서 수분함량이 증가하였으나 RH 67%의 35°C와 RH 84%의 20°C, 35°C에서는 일정수준에 이른 다음 감소하였다.

이와같은 결과는 Fig 1 및 2에서 보는 바와 같이 마늘가루의 수분함량이 갈변현상과 밀접한 관계가 있음을 예시하고 있는데 이는 건조마늘 플레이크의 수분함량이 갈변현상과 밀접한 관련이 있다고 보고한 김등⁽¹⁾의 결과와 일치하였다. 따라서 마늘가루를 안전하게 저장하기 위해서는 너무 높은 상대습도가 아닌 적절한 상대습도를 유지해 주는 것이 마늘가루의 저장에 있어서 가장 중요한 사항으로 판단되었다.

마늘가루의 등온흡습곡선

마늘가루의 흡습성질을 알아보기 위해서 각 온도구에서 평형시킨 다음 등온흡습 곡선을 본 결과는 Fig. 3과

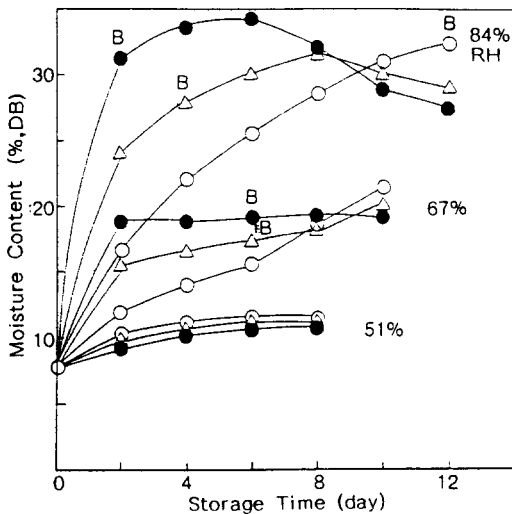


Fig. 2. Moisture contents of garlic powder at different temperature and relative humidity (B=browning point).

- : 5°C
- △—△ : 20°C
- : 35°C

같다. 즉, 전형적인 sigmoid 형태로서 온도에 따라서 비슷한 경향을 보였고, 온도가 증가함에 따라 흡습량은 감소한 반면 온도가 감소함에 따라서 흡습량은 증가하였다.

한편, 마늘가루의 초기수분함량은 7.83%(DB)였으며, Fig. 3의 등온흡습 곡선에서 처음부분 즉 물분자가 carboxyl 및 amino group과 같은 극성기와 이온결합으로서 polar bond를 형성하며 수분활성도가 낮은 곡선부분으로 이를 일본자층이라 하는데 (1)식을 이용하여 일본자층 수분함량을 계산하면 Fig. 4에서와 같이 5°C에서 5.92%(DB)였고, 20°C 및 35°C에서는 각각 5.73%(DB) 및 5.53%(DB)로서 온도가 내려감에 따라서 일본자층의 수분함량은 다소 올라가는 경향을 보였다. 따라서 일반적인 건조식품은 일본자층 수분함량이 적정저장 수분함량이라는 Salwin⁽¹⁴⁾의 보고와 같이 마늘가루에서는 역시 온도가 내려감에 따라서 적정저장 수분함량은 다소 증가해도 무방하리라 생각되었다.

수분함량에 따른 흡습엔탈피의 변화

온도 및 상대습도에 따라서 마늘가루의 평형수분함량 변화는 Fig. 5와 같다. 즉, 온도가 하강함에 따라서 각 수분함량별로 평형수분함량은 증가하는 경향이였으며 수분함량이 낮을수록 평형수분함량의 기울기는 급격히 증가하였고 수분함량이 증가할수록 그 기울기는 둔화하는

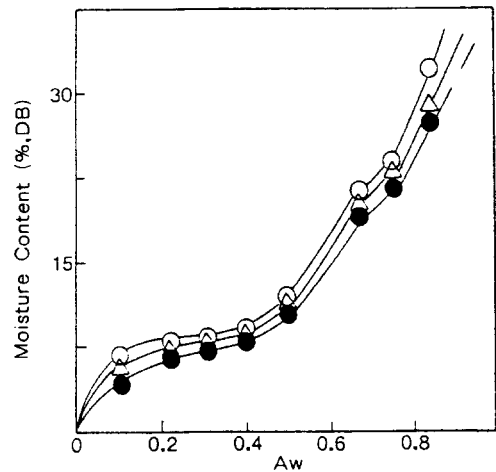


Fig. 3. Sorption isotherm curve of garlic powder at different temperature.

- : 5°C
- △—△ : 20°C
- : 35°C

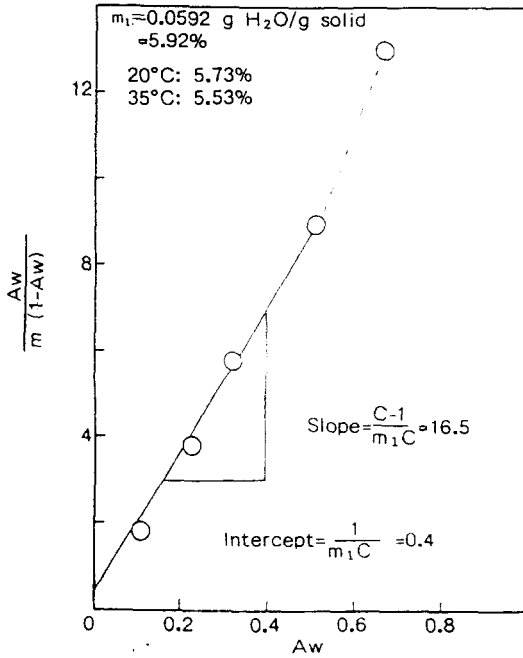


Fig. 4. BET plot for the determination of the "monolayer value" of garlic powder at 5°C.

경향을 나타냈다.

그리고 Fig. 5의 각 수분함량별 기울기로부터 (2)식을 이용하여 흡습엔탈피를 계산하면 Fig. 6과 같다. 즉, 수분함량이 6%일 때 흡습엔탈피는 약 1114KJ kg⁻¹으로서 12%일 때보다 약 7배, 18%일 때보다 약 15배 및 24%일 때보다 약 16배로서 수분함량이 적을수록 흡습엔탈피는 급격히 감소하는 경향을 보이고 있는데 이는 감자⁽⁸⁾의 경우와 비슷하다.

이와같은 경향은 건조마늘 플레이크의 흡습엔탈피에 대해서 보고한 김등⁽¹⁾의 결과와 유사하며 마늘가루와 같은 건조식품은 통상 7~8%(DB) 정도의 수분함량에서 저장 및 유통되기 때문에 흡습성이 큰 마늘가루를 저장할 경우 대기의 수분을 효과적으로 차단시켜 줄 수 있는 방습포장재나 기타 적절한 저장조건을 유지해 주는 것이 바람직하다고 하겠다.

저장조건이 갈변에 미치는 영향

식품의 갈변은 온도 및 수분함량에 따라서 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다⁽¹⁵⁾. 따라서 저장온도 및 상대습도에 따라서 마늘가루의 갈변도를 조사한 결과는 Fig. 7

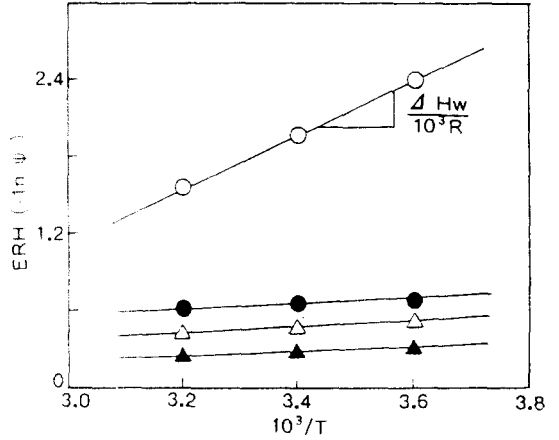


Fig. 5. Determination of enthalpy of wetting for various moisture contents of garlic powder.

○—○ : 6% ●—● : 12%
 △—△ : 18% ▲—▲ : 24%

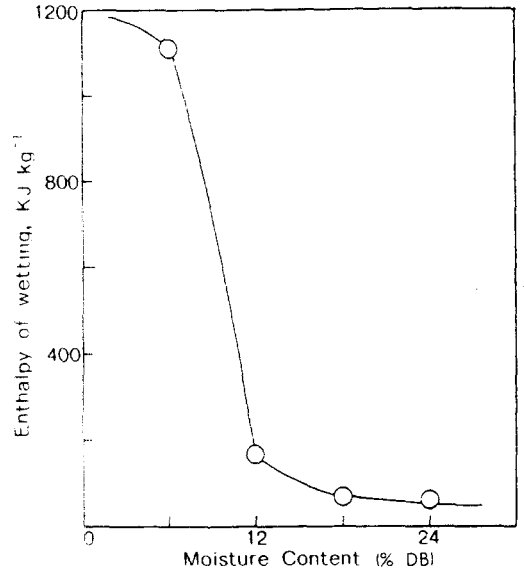


Fig. 6. Variation of enthalpy of wetting with moisture contents of garlic powder.

과 같다. 즉, 상대습도 51%의 5°C, 20°C 및 35°C에서 저장한 마늘가루의 갈변물질을 흡광도로 표시하면 각각 0.048, 0.051 및 0.054로서 초기 0.043에 비하면 완만하게 증가하는 경향을 나타냈으나 상대습도 67%, 저장온도

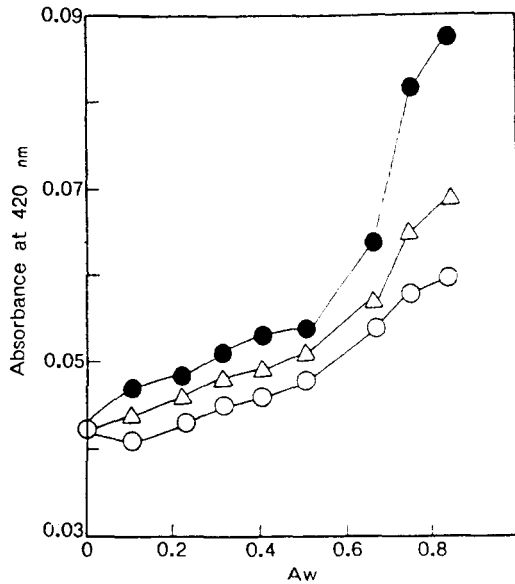


Fig. 7. Effect of relative humidity and storage temperature on browning color development of garlic powder.

○—○ : 5°C △—△ : 20°C ●—● : 35°C

5°C, 20°C 및 35°C에서 흡광도는 각각 0.054, 0.057 및 0.064로서 급격하게 증가하기 시작하였고 특히 35°C 이상에서는 그 증가폭이 현저하였다. 따라서 마늘가루 저장 중 갈변을 막기 위해서는 5°C에서 상대습도 51% 이하에서 저장하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

요 약

마늘가루를 상대습도 11%에서 84%까지 8단계의 상대습도별로 5°C, 20°C 및 35°C의 온도에 저장하면서 마늘가루의 갈변 및 흡습특성을 조사하였다. 저장시간에 따른 마늘가루의 흡습곡선은 RH 51% 이하에서는 단시간내에 평형에 도달하여 수분함량의 변화가 거의 없었으나 20°C 및 35°C의 RH 67% 이상에서, 5°C의 RH 84%에서 평형수분함량이 급격히 증가하여 갈변현상이 나타났다. 마늘가루의 일분자층 수분함량은 온도에 따라서 5.53%(DB)에서 5.92%(DB)로서 온도가 내려감에 따라 다소 증가하는 경향을 나타냈고 수분함량 및 저장온도가

낮으면 낮을수록 흡습력이 크기 때문에 마늘가루의 장기 저장에 방습포장재가 필요한 것으로 판단되었다.

문 헌

1. 김현구, 조길석, 강통삼, 신효선 : 상대습도와 저장온도에 따른 건조마늘 플레이크의 갈변 및 흡습특성, 한국식품과학회지, 176(1987)
2. Pruthi, J.S., Singh, L.J., Indiramma, K., Sankaran, A. N. and Girdhari, L. : Effect of nitrogen packing and storage temperature on the quality of garlic powder. *Food Sci. (Mysore)*, 8(12), 461(1959)
3. Singh, L.J., Pruthi J.S., Sreenivasamurthy, V., Swaminathan, M. and Subrahmanyam, V. : Effect of type of packaging and storage temperature on allyl sulphide, total sulphur, antibacterial activity and volatile reducing substances in garlic powder. *Food Sci. (Mysore)*, 8(12), 453(1959)
4. Rockland, L.B. : Saturated salt solutions for static control of relative humidity between 5° and 40°C. *Anal. Chem.*, 32(10), 1375(1960)
5. Wink, W.A. and Sears, G.R. : Instrumentation studies LVII. Equilibrium relative humidities above saturated salt solutions at various temperatures. *TAPPI*, 33(9) 96A(1950)
6. Houston, D.F. : Hygroscopic equilibrium of brown rice. *Cereal Chem.*, 29(1), 71(1952)
7. Karel, M. : Water activity and food preservation. In *Physical Principles of Food Preservation (Principles of Food Science Part II)*, Karel, M., Fennema, O.R. and Lund, D.B. (ed), Marcel Dekker, Inc., New York, p.237(1975)
8. Keey, R.B. : Enthalpy of moist solids, In *Introduction of Industrial Drying Operations*, Pergamon Press, Oxford, p.42(1978)
9. Hendel, C.B., Bailey, G.F. and Taylor, D.H. : Measurement of nonenzymatic browning of dehydrated vegetables during storage. *Food Technol.*, 4(9) 344(1950)
10. Hunter, I.R., Houston, D.F. and Kester, E.B. : Development of free fatty acids during storage of brown (husked) rice. *Cereal Chem.*, 28(3), 232(1951)
11. Labuza, T.P., McNally, L., Gallagher, D., Hawkes, J. and Hurtado, F. : Stability of intermediate moisture

- foods. 1. Lipid oxidation. *J. Food Sci.*, **37**(1), 154(1972)
12. Salwin, H. : Moisture levels required for stability in dehydrated foods. *Food Technol.*, **17**(9), 1114(1963)
13. Labuza, T.P. : Shelf-life of dehydrated foods. In *Shelf-Life Dating of Foods*. Food & Nutrition Press, Westport-Connecticut, p.387(1982)
14. Salwin, H. : Defining minimum moisture contents for dehydrated foods. *Food Technol.*, **13**(10), 594(1959)
15. Hurrell, R.F. : Maillard reaction in flavor. In *Food Flavours, Part A, Introduction (Developments in Food Science 3A)*, Morton, I.D. and Macleod, A.J. (ed), Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam-Oxford-New York, p.399(1982)

(1988년 3월 2일 접수)