

포장방법이 열풍 및 동결 건조마늘절편의 흡습속도와 Shelf-life 에 미치는 영향

고하영 · 박형우 · 강통삼 · 신동화*

한국식품개발연구원, *전북대학교 식품가공학과

Effects of Packaging Methods on Water Adsorption Rate and Shelf-life of Hot-air and Freeze Dried Garlic Slices

Ha-Young Koh, Hyung-Woo Park, Tong-Sam Kang and *Dong-Hwa Shin

*Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University, Chonju
Korea Food Research Institute, Banwol, Kyonggi-do

Abstract

The coefficients of the hot-air and freeze dried garlic isotherms and the critical water activities of these were estimated to be 0.85-0.94 by the linear regression and 0.58-0.60 by the sensory evaluation and ΔE value. Water adsorption rate(K) of hot-air dried garlic packaged with $48\mu\text{m}$ low density polyethylene(LDPE) decreased from $0.12\text{g H}_2\text{O}/100\text{g}/\text{day}$ to $0.093\text{g H}_2\text{O}/100\text{g}/\text{day}$ with decreasing the package dimension from 0.051m^2 to 0.029m^2 at 40°C and 75% RH, and that of freeze dried one decreased from $0.17\text{g H}_2\text{O}/100\text{g}/\text{day}$ to $0.12\text{g H}_2\text{O}/100\text{g}/\text{day}$ as the filling weight increased from 50g to 10g in the package of 0.051m^2 . Shelf-life of hot-air dried garlic packaged with $80\mu\text{m}$ LDPE were 99days at 40°C , 283day at 30°C and 455 days at 15°C in the 75% RH. The differences of water contents between predicted data with water vapor permeability of the conventional method and experimental data were 0-1.5% in the water content range of around 13-18%, but about 2% in the water content range of around 8-11%.

Key words: shelf-life of (hot-air & freeze) dried garlic slices packaging

서 론

건조식품은 등온흡습특성, 저장온습도, 포장재의 투습도 등에 따라 저장 유통중 수분흡수에 의해 품질이 손상된다. 일정 온습도 조건하에서 포장재내 식품의 일정기간 후 수분함량을 예측할 수 있는 방법을 Oswin 과 Heiss⁽⁴⁾가 Fick's의 확산법칙에 근거하여 포장재내 수분함량을 식품의 등온흡습특성과 포장재의 투습도를 이용하여 예측한 바 있다. Karel 등⁽⁵⁾, Labuza 등⁽⁶⁾등, Mizrahi 등⁽⁷⁾, Veillard 등⁽⁸⁾ Lockhart 등⁽⁹⁾등, 및 peppas 등⁽¹⁰⁾도 이 수식을 이용하여 포장재내 식품의 수분함량을 예측한 바 있다. 국내에서도 고등⁽¹¹⁾이 김을 이용한 흡습특성과 투습도를 측정하여 포장재내 김의 수분활성도 변화를 예측하고 품질변화를 추적하여 이들의 shelf-life를 계

산하는 방법을 제시한 바 있다. 마늘은 건조방법에 따라 선택 및 흡습특성이 다르므로 투습도, 저장온습도, 포장재내 등에 따라 저장중 shelf-life가 달라질 가능성이 있으므로 이들의 영향에 따른 포장재내 수분함량 변화특성을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

시료건조 및 저장방법

생마늘을 수원시장에서 구입하여 두께 2mm로 종축절단 후 60°C 열풍건조(건물수분: 8.8%) 및 동결건조(건물수분: 3.2%)하여 온도 10, 30, 40°C 에서 low density polyethylene(LDPE 48, 62, $80\mu\text{m}$) 필름과 oriented polypropylene/surlin(OPP/S $40\mu\text{m}$), polyester/Co-Extruded polypropylene(PET/SSF 40 μ) 필름으로 포장하여 습도 75% RH, 90% RH 조건에서 저장하였다. 또 무포장 상태로 습도 11-85% RH에

Corresponding author: Hyung-Woo Park, Korea Food Research Institute, 148-1, Dangsu-ri, Banwol-myun, Hwaseong-gun, Kyonggi-do 445-820

서 등온흡습곡선과 상대습도별 색택과 기호도를 조사하였다.

시료 품질 측정방법

수분함량은 상법으로 측정하였고 표면색도는 Yasuda Seiki Co.의 모델 UC 600 IV 기종인 색차계로 측정하여 Hunter scale에 의한 L, a, b 및 ΔE 값으로 나타냈다.

등온흡습곡선의 측정과 적합도 분석

건조마늘 10g을 플라스틱 접시에 넣고 포화염 용액으로 상대습도를 11-90%로 조정한 데시케이터를 이용 저장시험하였다. 등온흡습식의 적합도는 직선회귀식을 이용하였고, 적합도는 결정계수와 표준오차의 결과로부터 판단하였다.

포장재의 투습도 측정

투습도는 KS A 1013에 준하여 박등(12)이 개발한 투습도 측정장치를 이용하였고 간이측정법은 포장재에 건조마늘 50g을 넣고 40°C, 75% 및 90% RH에서 일정기간 동안 변화하는 수분함량으로부터 $K/x(gH_2O/m^2/day/mmHg)$ 로 표시했다.

포장내에 수분활성도 변화 추적

수분증가에 따른 포장재내 수분활성도의 변화는 고등(11)이 제시한 등온흡습곡선의 직선부분과 포장재 투습도식을 이용하는 방법에 의해 계산하였다.

기호도 조사

기호도 조사는 20명의 관능요원에게 채점척도시험법(13)에 의하여(5점; 가장좋다, 3점; 보통이다, 1점; 아주나쁘다)로 평가 후 수분활성도 증가에 따른 기호도 변화치와 색택의 변화를 상관분석 하였다.

Shelf-life 예측

저장조건별 shelf-life는 마늘의 ΔE 값이 수분활성도 증가에 의해 초기에 비해 2배로 증가하거나 기호도가 2.5점 이하로 되는 시점을 저장한 계수분활성도로 하여 이 시점의 수분함량까지 도달하는 시간으로 하였다.

결과 및 고찰

등온흡습 특성

열풍 및 동결건조 마늘을 15°C와 40°C에서 등온흡습 특성을 조사한 결과는 그림 1과 같다. 등온흡습 곡선은 건조방법에 따라 큰 차이는 없었고 수분활성도 0.67 이상에서 급격히 수분함량이 증가하는 전형적인 등온흡습곡선 현상임을 알 수 있었다. 따라서, 수분활성도 범위를 직선에 가까운 0.11에서 0.67사이의 직선회귀식으로 분석한 결과는 표1과 같다. 직선식에 대한 적합도를 나타내 주는 결정계수는 0.9 부근으로 적합도가 신뢰할 수 있는 범위였고 표준편차는 2이내였다.

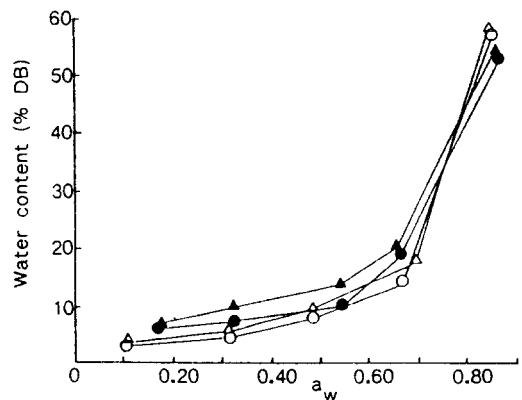


Fig. 1. Adsorption isotherms of hot-air and freeze dried garlic slices.
 ○: 40°C Hot-air dried
 ●: 15°C Hot-air dried
 △: 40°C Freeze dried
 ▲: 15°C Freeze dried

Table 1. Linear regression analysis for adsorption isotherms of hot-air and freeze dried garlic at various temperatures

Drying methods	Storage temp. (°C)	Linear regression			
		A1	A2	r ²	SE*
Hot-air dried	40	27.690	-0.4445	0.888	1.950
	30	28.050	-0.470	0.918	1.678
	15	30.852	-0.672	0.928	1.591
Freeze dried	40	27.690	-0.4445	0.888	1.950
	30	28.050	-0.470	0.918	1.678
	15	30.852	-0.672	0.928	1.591

*SE: Standard error

수분활성도별 품질변화

40°C, 저장 15일 후 수분활성도별 색택의 변화는 lightness(L), redness(a), yellowness(b) 및 ΔE 값의 변화를 측정 한 결과를 열풍건조품은 표2에, 동결건조품은 표3에 나타냈다. L, a, b, ΔE는 수분활성도 증가에 따라 완만히 변화하였으나 수분활성도 0.57-0.65 사이에서 급격히 변화하였다. 저장기간이 지남에 따라 수분활성

Table 2. Changes in color of the hot-air dried garlic flakes at the various water activities and 40°C during storage

Color	Time (days)	Water activities						
		0.11	0.32	0.49	0.57	0.65	0.75	0.85
L value	3	87.2	85.5	84.6	79.3	58.6	52.1	48.2
	6	87.1	85.1	84.2	76.2	52.5	48.6	44.2
	9	88.0	88.1	83.9	74.2	55.2	52.4	40.4
	15	87.2	88.0	82.6	71.3	51.1	47.3	40.1
a value	3	2.34	2.12	3.62	2.65	6.65	6.60	7.98
	6	2.83	3.17	3.67	3.10	7.59	7.71	9.13
	9	1.57	1.20	2.38	3.64	5.88	6.77	9.47
	15	2.34	1.57	3.83	4.12	9.01	9.75	10.5
b value	3	14.4	16.7	15.3	10.4	20.7	10.9	20.4
	6	13.3	15.0	15.9	17.8	19.5	20.8	21.2
	9	14.2	14.3	16.2	18.7	20.6	20.9	21.1
	15	14.4	14.2	17.8	19.4	21.1	21.2	20.4
ΔE.value	3	13.8	17.5	15.5	22.0	36.9	42.6	46.0
	6	13.3	15.0	15.9	21.8	41.7	36.4	46.5
	9	13.5	13.6	16.3	23.5	39.5	42.3	54.1
	15	13.8	13.5	18.5	26.0	44.0	47.4	53.7
Mean		13.6	14.9	16.6	23.3	40.5	42.2	61.6

Table 3. Changes in color of the freeze dried garlic flakes at the various water activities and 40°C during storage

Color	Time (days)	Water activities						
		0.11	0.32	0.49	0.57	0.65	0.75	0.85
L value	3	88.7	88.5	88.2	82.4	71.2	63.2	55.1
	6	87.8	88.7	88.3	81.3	69.8	57.3	43.1
	9	88.0	88.1	87.9	74.2	65.2	52.4	40.4
	15	88.2	88.0	87.8	73.4	63.9	47.3	35.6
a value	3	1.43	1.14	2.03	2.98	4.10	5.78	8.64
	6	1.45	1.16	2.05	3.10	4.19	6.19	9.13
	9	1.57	1.20	2.38	3.64	5.88	6.77	9.47
	15	1.62	1.24	2.40	3.76	6.15	6.87	9.88
b value	3	13.2	14.0	15.2	15.8	18.5	21.9	22.1
	6	12.5	13.2	15.0	16.2	19.5	20.5	22.2
	9	12.7	13.7	15.4	17.1	19.9	19.7	22.3
	15	12.5	12.7	15.4	17.5	21.4	20.5	21.0
ΔE.value	3	12.5	1.32	14.5	23.3	25.4	33.8	41.5
	6	11.8	12.4	14.2	17.5	27.1	37.9	48.9
	9	12.0	12.9	14.7	22.2	31.0	41.8	63.2
	15	12.8	12.0	14.8	23.2	32.6	46.7	58.2
Mean		12.3	12.6	14.6	21.6	29.0	40.1	57.1

도 0.11-0.49 사이에서는 색택의 변화는 거의 없었으나 0.57 이상에서 시간이 경과함에 따라 a, b 값은 거의 변하지 않았고 L과 ΔE 값만 약간 변화하였다. 열풍건조 마늘의 경우 ΔE 값의 평균치를 보면 수분활성도 0.11에서는 13.6이었으나 0.49와 0.65에서 23.3과 40.5로 급격히 변화하였다. 동결건조 마늘도 열풍건조품과 비슷한 양상을 나타냈다. 수분활성도별 색 및 조직감을 기준으로 평가한 기호도 조사결과는 표4와 같다. 즉, 수분활성도 0.57부근에서 열풍건조품이 2.6, 동결건조품이 2-3으로 동결건조품의 기호도가 약간 높게 나타났다. 그러나 상대습도가 낮은 시험구에서는 그 차이가 더욱 심하였다. 마늘의 수분활성도와 기호도가 2.5점인 시점과 ΔE 값이 초기 수분활성도의 값에 비해 100% 증가한 시점을 저장한계 수분활성도로 하여 조사한 결과는 표5와 같다. 즉 저장한계 수분함량은 열풍건조품이 13.45~14.7%였으며, 동결건조품은 15.89~17.53%로 열풍건조품에 비해 약간 높았다.

Table 4. Sensory scores of hot-air(HD) and freeze dried (FD) garlic at 40°C and various relative humidities

ERH%	Sensory scores	
	FD	HD
32	4.6	4.1
49	3.7	3.0
57	2.8	2.6
65	2.3	2.0
75	1.2	1.0

Table 5. Critical water activities of dried garlic determined by sensory test and ΔE value

Drying methods	Sensory	ΔE.value	Critical water contents(%DB)		
			15°C	30°C	40°C
Hot-air dried	0.58	0.59	14.74	14.74	13.45
Freeze dried	0.59	0.60	17.53	16.10	15.89

포장재의 투습도

포장재의 투습도를 KS 방법과 실제로 저장하려는 건조마늘을 LDPE 필름에 넣고 40°C, 75% 및 90% RH에 저장하면서 변화하는 무게를 그 차이로부터 투습도를 측정하는 간이방법을 이용한 측정결과는 표6과 같다. KS

Table 6. Comparison in H₂O permeability of LDPE films by CUP and conventional methods at 40°C in hot-air dried garlic

Storage RH%	Thickness μ m	CUP		Conventional K/x*	CUP/conventional
		K(g/day/m ²)	K/x*		
75	45	20.0	0.41	0.095	4.3
90			0.107	3.8	
75	80	11.9	0.24	0.124	1.9
90			0.127	1.9	

*K/x: g H₂O/m²/day/mmHg

방법의 투습도가 간이방법에 비해 LDPE 필름 40 μ m의 경우 3.8~4.3배, 80 μ m의 경우 1.9배 더 컸다. 이는 간이방법이 저장중 수분흡수에 의한 포장재 내외의 증기압차가 점차 적어졌고 적재부위에서의 투습이 적게 일어난 것으로 판단되었다.

포장재내의 수분변화 및 shelf-life

마늘건조방법, 저장온도별 LDPE 필름 두께, 면적, 내용물의 량에 따른 수분흡습량과 저장한계 수분함량까지 도달하는 시간을 shelf-life로 하여 이를 직선회귀식에 의해 조사한 결과는 표7과 같다. 시간이 경과함에 따

른 수분증가를 직선회귀식으로 상관분석한 결과, 결정계수가 0.9 이상으로 수분증가는 직선적으로 증가하는 것을 알 수 있었다. 수분변화 속도인 K 값을 열풍건조 마늘에서 보면 15°C, 75% RH 구가 0.039이고, 90% RH에서는 0.068로 거의 배에 가깝게 증가하는 것을 볼 수 있었다. 40°C, 75% 및 90% RH에서는 각각 0.12 및 0.18로 흡습속도가 온도증가에 따라 크게 증가하는 것을 알 수 있었다. 40°C, 75% 및 90%RH에서 포장재의 두께가 48 μ m에서 62 μ m로 증가함에 따라 수분변화 속도는 0.12와 0.18에서 각기 0.068과 0.078로 감소하였고 포장재의 면적이 0.051m²에서 0.0288m²로 작아짐에 따라 수분흡습 속도는 0.12와 0.18에서 0.093과 0.068로 감소함을 알 수 있었다. 동결건조품의 흡습속도는 0.17로 열풍건조의 0.12에 비해 컸고, 포장량을 50g에서 100g으로 늘릴 경우 흡습속도는 0.17에서 0.12로 감소하였다. 수분증가속도, 기호도 조사 및 선택 측정치로부터 shelf-life를 구한 결과 열풍건조 마늘의 경우 15°C에서 75% RH 구가 165일, 90% RH 구가 96일이었으며 40°C의 경우 75% RH 구가 47일, 90% RH 구가 32일로 계산되었다. 간이방법에 의한 투습도를 이용하여 포장재내 건조마늘 수분함량 변화를 예측하여 실측치와 비교한 결과는 표 8과 같다. 실측치와 계산치간에 저장한계수분 13-18%에서는 0-1.5%의 편차를 보였으나 수분함량이 10%정

Table 7. Linear regression analysis for water content and shelf-life in dried garlic packaged with LDPE * pouch at various storage conditions

Drying methods	LDPE film		Storage conditions		K (gH ₂ O%/day)	Linear regression		Shelf-life (days)
	Thickness (μ m)	Dimension (m ²)	Temp. (°C)	Humidity (%RH)		Intercept	r ²	
Hot-air	48	0.051	40	75	0.12	6.46	0.975	59
				90	0.18	6.73	0.976	37
			15	75	0.039	5.86	0.988	227
				90	0.068	5.71	0.988	132
				75	0.093	6.41	0.965	76
	62	0.051	40	75	0.068	5.87	0.992	111
			40	75	0.047	8.87	0.979	99
				30	0.021	8.84	0.990	283
				15	0.013	8.83	0.982	455
			Freeze dried	48	0.051	75	75	0.17
75(100g)	0.12	4.37					0.956	99
90	0.24	5.52					0.912	43

* LDPE: low density polyethylene

Table 8. Changes actual and predicted water content of hot-air dried garlic packaged with polyethylene film(48 μ m) at 40°C during 88 days (unit; g water per 100g solids)

Storage humidity(%RH)	Package dimension(m ²)		Time (days)							
			0	10	25	45	60	70	88	
75	0.051	Actual	5.9	7.9	10.3	14.9	13.7	14.2	15.5	
		Calculated	5.9	6.4	8.4	12.0	14.3	15.4	16.7	
90	0.051	Actual	5.9	8.5	12.0	15.4	17.4	18.1	10.7	
		Calculated	5.9	6.6	9.2	13.8	16.8	18.4	-	
75	0.029	Actual	5.9	6.9	9.4	11.3	12.4	13.1	13.9	
		Calculated	5.9	6.2	7.4	9.9	11.9	13.1	15.0	
90	0.029	Actual	5.9	7.8	10.2	12.9	14.9	15.7	17.0	
		Calculated	5.9	6.3	7.9	11.1	13.7	15.4	17.7	

도로 낮아지면 편차는 2%로 증가하였다.

요 약

열풍 및 동결건조 마늘플레이크의 등온흡수 곡선을 수분활성도 0.67 이하에서 직선회귀식으로 분석한 결과, 결정계수가 0.85-0.94 범위였으며, 기호도 및 ΔE 값을 기준으로 한 40°C에서의 저장한계 수분활성도는 0.58-0.60이었다. 40°C 75% RH에서 LDPE 40 μ m로 포장한 열풍건조 마늘의 흡수속도는 포장재 면적이 0.051m²에서 0.029m²로 작아짐에 따라 0.12에서 0.093g H₂O/100g/day로 작아졌다. 동결건조 마늘의 경우 포장재 면적 0.051m²에서 0.17g H₂O/100g/day로 열풍건조에 비해 컸으며, 내용량이 50g에서 100g으로 증가하면 0.12로 감소하였다. 80 μ m LDPE로 포장된 열풍건조 마늘의 75% RH에서 온도별 shelf-life는 40°C에서 99일, 30°C에서 283일, 15°C에서 455일로 예측되었다. 간이방법에 의한 투습도를 이용하여 포장재내 수분함량 변화를 예측한 결과 실측치에 비해 수분함량 13-18%에서는 0-1.5%의 편차를 보였고 수분함량 10% 내외에서는 2% 이내의 편차를 보였다.

문 헌

- Oswin, C.R. : The kinetics of packaging life. II. Temperature factor. *J. Soc. Chem., Ind.* **64**, 224(1945)
- Oswin, C.R. : The kinetics of packaging life. I. Packaging life. *J. Soc. Chem., Ind.* **64**, 419(1945)
- Oswin, C.R. : The kinetics of packaging life. III. The

isotherm. *J. Soc. Chem., Ind.* **64**, 419(1946)

- Heiss, R. : Shelf-life determinations. *Modern Packaging*. **31**(119), 125, 172(1958)
- Karel, M. : Calculation of storage stability of foods on the basis of kinetics of deteriorative reactions of foods and of mass transfer rates through packaging materials. Paper presented at the International Symposium on Heat and Mass Transfer Problems in Food Engineering, Wageningen, The Netherlands (1972)
- Labuza, T.P., Mizrahi, S. and Karel, M. : Mathematical models for optimization of flexible film packaging of foods for storage. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, **15**, 150(1972)
- Mizrahi, S., Labuza, T.P. and Karel, M. : Fisibility of accelerated tests for browning in dehydrated cabbage *J. Fd. Sci.*, **35**, 804(1970)
- Veillard, M., Bentejac, R., Ducheme, D. and Carstensen, J.T. : Moisture transfer tests in blister packaging test. *Drug Develop. Ind. Pharm.*, **5**, 227(1979)
- Lockhart, H.E. : *Pharm, Tech.* **22**, 46(1980)
- Peppas, N.A. and Khanna, R. : Mathematical analysis of transport properties of polymer films for food packaging. *Pol. Eng. and Sci.* **20**(17), 1147(1980)
- 고하영, 박형우, 강통삼, 권용주 : 플라스틱 포장지의 품질변화 simulation 및 shelf-life 예측, 한국식품과학회지. **19**(6), 463(1987)
- 박형우, 고하영, 강통삼, 신동화 : 플라스틱 필름의 투습도 측정장치 개발. 한국식품과학회지. **20**(1), 인쇄중(1988)
- 이철호, 채수규, 이진근, 박봉상 : 식품공업 품질관리이론, 유림문화사(1982)

(1988년 2월 23일 접수)