

통마늘의 CA저장 중 저장기체 농도에 따른 품질변화

강준수 · 홍경훈*

동의공업대학 식품생명과학과, *Department of vegetable crops, UC Davis

Effects of Storage Gas Concentrations on the Qualities of Garlic(*Allium sativum* L.) Bulb during CA Storage

Junsoo Kang and Gyunghoon Hong*

Donggeui Institute of Technology(DIT), Busan 614-715, Korea

Department of Food and Biotechnology, *Department of Vegetable Crops, UC Davis, Davis CA 95616, USA

Abstract

This experiment was conducted to measure the physiological qualities and the chemical compositions of garlic bulb (*Allium sativum* L.) stored in air and controlled atmosphere at 0°C for 4 months. There were no significant differences in physiological qualities such as soluble solid, dry weight and firmness by O₂ and CO₂ concentrations during 4 months of storage. The surface color of garlic cloves changed toward more dark direction in Hunter color surface with storage. CA storage inhibited the sprout growth by 50% and had no significant difference in root growth. Garlic stored in CA showed lower level of pungency, especially CA of low oxygen concentration (1%) showed the lowest level of pyruvate. Garlic stored in high CO₂ concentration (20%) showed the lowest level of fructan concentrations and the highest free sugar concentrations.

Key words : garlic bulb, CA storage, physiological quality, pungency, fructan

서론

마늘(*Allium sativum* L.)은 여름에 수확하여 이듬해 봄까지 저장하면서 소비된다. 따라서 마늘의 적절한 저장 조건을 찾기 위한 다양한 연구가 수행되어 왔다. 지금까지 수행되어 온 마늘의 저장법은 마늘을 건조시킨 후 0°C 상대습도 70-75%의 환경에서 저장하는 저온저장, 저온저장과 비슷한 온습도 조건에서 환경기체의 조성을 O₂ 3-4%, CO₂ 5-8%로 저장하는 CA 저장과 전리 방사선의 발아 억제 작용을 이용한 감마선조사 저장과 마늘

의 저장온도를 동결온도 부근까지 낮추어 주는 동결점 근접 저장 등이 있다(1-3).

마늘은 약 40%의 고형분을 가지고 있는데 이들 대부분이 저장 다당류인 fructan과 소량의 유리당이다. 또한 마늘의 매운 맛을 내는 allicin 등의 thiosulfinate 화합물의 전구체인 alliin(s-allyl cysteine sulfoxide)도 중요한 성분 중의 하나이다. Alliin은 자체적으로는 pungency를 갖지 않으며 allinase의 작용을 받을 경우 유기 황화합물인 thiosulfinate로 바뀌면 자극적인 매운 맛을 내게 된다(4-5). 마늘의 품질요소 중 중요한 역할을 하는 alliin과 fructan 등에 관한 연구는 국내에서도 홍 등(5-8)에 의해서 부분적으로 수행되어 왔다. 국내산 마늘을 재배 지역 및 품종별로 이들 성분을 분석하였으며 극초단파를 이용한 비파괴 추출공법을 이용하여 마늘의 풍미 성분

Corresponding author : Junsoo Kang, Faculty of Donggeui Institute of Technology, San 72, yangjung-dong, Busanjin-gu, Busan 614-715, Korea
E-mail : jskang@Dit.ac.kr

을 분석했다. 그러나 이들 연구는 마늘의 성분을 분석하는데 초점을 맞추고 있으며, 저장 중 pungency와 fructan 등의 화학적 품질요소 변화에 대하여 수행한 연구는 많지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 마늘의 우수한 저장법으로 알려진 CA 저장을 수행하는 중 마늘의 생리적 품질을 측정하고 alliin과 fructan 등의 화학적 성분 변화를 분석하였다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에서는 UC (University of California) Westside Research and Extension Center에서 재배한 것을 1999년 7월에 수확하여 0℃에서 5개월 저장한 마늘을 시료로 사용하였다.

저장조건

0℃의 저장고 내에 공기조성을 조절할 수 있는 저장 chamber를 설치하고, 각 chamber에 통마늘 90개(30개×3 반복)를 넣은 후 air와 CA 조건 (air+10% CO₂, air+20% CO₂, 1% O₂, 1% O₂+10% CO₂)에서 4개월 동안 저장하였다. Chamber 내부의 습도를 65-70%로 일정하게 조절해 주기 위하여 200g의 CaCl₂를 시료로 함께 두었다. 저장 chamber 내부의 기체 조성은 모세관을 이용하여 만든 기체 조절기로 연속적으로 일정하게 유지시켜 주었으며, 산소와 이산화탄소 농도는 infrared gas analyzer (Horiba PIR-2000)로 매일 측정하여 확인하였다.

발근 및 발아율 측정

마늘의 발근은 길이에 따라서 7단계 (1=0mm(none), 2=1-2mm(very slight), 3=3-5mm(slight), 4=6-10mm(moderate), 5=11-15(moderately severe), 6=16-20mm (severe), 그리고 7=>20mm(extreme growth))로 나누어 측정하였다. 발아율은 마늘을 수직으로 절단하여 발아된 길이를 측정할 후 이를 마늘 인편의 길이로 나누어 측정하였다.

색도, 경도 및 soluble solid 측정

박피한 마늘의 표면 색도는 color difference meter (Minolta CR-200)를 사용하여 L, a 및 b 값을 측정하였

고, 이들 값으로부터 chroma ($C=(a^2 + b^2)^{1/2}$)와 hue ($h0=\tan^{-1}(b/a)$)를 계산하였다. 마늘의 경도는 5kg load cell을 부착한 texture analyzer (Stable Micro Systems, TA-XT)로 직경 5 mm의 probe를 사용하여 측정하였다. Soluble solid는 마늘에서 착즙한 후 refractometer (Bausch and Lomb)로 측정하였다.

화학성분 분석

마늘의 화학성분은 시료를 일정한 크기로 절단하여 동결건조한 다음 분석하였다. Pyruvate 분석은 allinase에 의해서 생성되는 pyruvate를 DNPH solution (0.0125% Dinitrophenylhydrazine in 2N HCl)로 반응시키는 Schwimmer(9)의 방법으로 분석하였다. Thiosulfinate는 DTNB (5,5-dithio-bis-(2-nitrobenzoic acid) 비색법으로 분석하였다(10-11). Alliin, free sugar 및 fructan은 홍 등(6)의 방법으로 분석하였는데 이 때 사용한 HPLC의 분석 조건은 각각 Table 1과 2와 같다.

Table 1. Operating conditions of HPLC for alliin determination

Items	Conditions
Detection wavelength	UV detector 337 nm
Column	C18 μ Bondapak 3.9×300 mm
Column temperature	30 °C
Eluent	45 mM phosphate buffer (pH 7.15): 70 1,4-dioxane : 22.5 acetonitrile : 6 tetrahydrofuran : 1.5
Flow rate	1 mL/min

Table 2. Operating conditions of HPLC for free sugar and fructan determination

Items	Conditions
Detector	Refractive index (RI) detector
Column	Sugar-Pak stainless steel, 30cm
Column temperature	90 °C
Eluent	Water
Flow rate	0.5 mL/min

결과 및 고찰

저장 조건에 따른 마늘의 생리적 품질특성

마늘을 0℃에서 4개월 동안 저장할 때 저장 기체 조성에 따른 soluble solid 함량은 Fig. 1과 같다. 저장기간 동안 공기 저장이나 CA 저장에서 전반적으로 soluble

solid의 함량은 조금씩 증가하는 경향을 나타내었으나 저장기체 조성에 대해서는 큰 차이를 보이지 않았다. 저장 기체조성에 따른 dry weight (Fig. 2)와 경도(Fig. 3)의 변화도 soluble solid의 변화와 비슷한 양상을 나타내었다. 그러나 dry weight는 CA 저장보다 일반 대기에서 저장할 때 더 낮은 값을 나타내어, CA 저장이 저장 중 마늘의 수분 증발 속도가 크게 나타났다. 마늘의 경도는 저장 중 약간 증가하는 경향을 나타내며 일반적으로 일반 대기 저장에서 가장 낮게 나타났다. 이와 같은 경향은 저장 중 dry weight 변화(Fig. 2)와 직접적인 관계를 지니고 있는 것으로 보여진다. CA 저장에서는 저장 중 수분함량이 줄어들어 dry weight가 증가하게 되고 이 결과로 마늘의 경도가 높게 나타난 것으로 볼 수 있다.

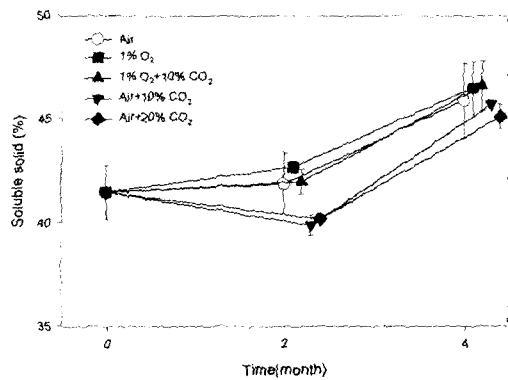


Fig. 1. Changes in soluble solids of the garlic stored in air and controlled atmosphere at 0°C for 4months. Data are averages of 3 replications of 15 cloves ± std. deviation.

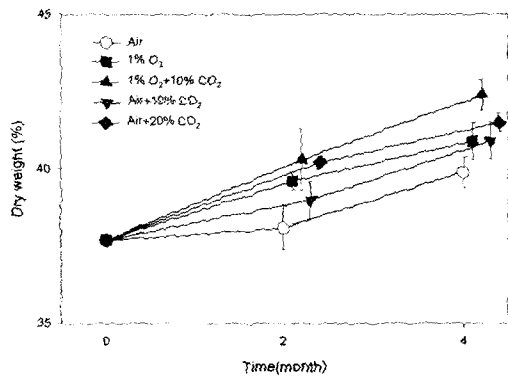


Fig. 2. Changes in dry weight of the garlic stored in air and controlled atmosphere at 0°C for 4months. Data are averages of 3 replications of 15 cloves ± std. deviation.

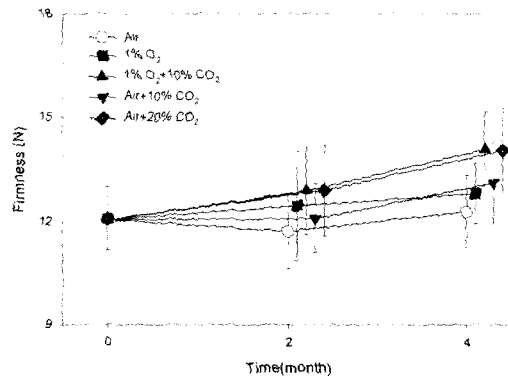


Fig. 3. Changes in firmness of garlic stored in air and controlled atmosphere at 0°C for 4months. Data are averages of 3 replications of 15 cloves ± std. deviation.

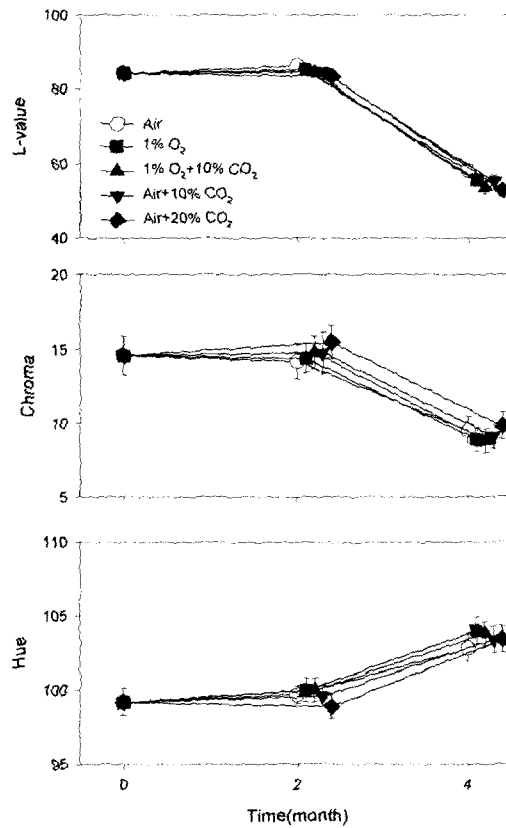


Fig. 4. Changes in surface color (L, chroma and hue) values of the garlic stored in air and controlled atmosphere at 0°C for 4months. Data are averages of 3 replications of 15 cloves ± std. deviation.

한편 마늘의 표면 색도(Fig. 4)는 저장 2개월까지는 L 값, 색상과 채도 모두가 큰 변화가 없었으나 4개월에는 이들 값이 모두 급격하게 변하는 것을 볼 수 있었다. 일반적인 갈변의 척도로 사용하고 있는 L값과 채도는 낮아지고 색상이 높아지는 것을 볼 때 저장 4개월이 지나면 마늘의 색은 초기 색에 비하여 어둡게 바뀔 수 있었다. 그러나 저장 기체 조성은 마늘의 표면 색도 변화에 거의 영향을 미치지 못하였다.

Fig. 5에 0°C, 기체조성 air, air+10% CO₂, air+20% CO₂, 1% O₂, 1% O₂+10% CO₂에서 마늘을 4개월 동안 저장했을 때 발아율을 나타내었다. CA 저장구에서는 전체 저장 기간에서 발아율이 저장 초기와 비슷한 값을 나타내어 저장 중 발아가 거의 진행되지 않음을 볼 수 있었다. 그러나 공기 중에서 저온 저장을 시켰을 때는 저장 2개월부터 발아가 진행되어 저장 4개월에는 초기 발아율에 비해서 약 50% 정도 발아가 진행되었다. 발근(Fig. 6)의 경우는 CO₂ 농도가 높은 CA 저장구가 일반 대기에서 저장한 경우보다 다소 높게 나타났으나 전반적으로 저장 기체 조성에 따라서 유의차는 없는 것으로 나타났다. 일반적으로 마늘의 발근은 저장 온도나 기체 조성보다 저장고 내부의 습도에 영향을 받는다는 연구보고(12)와 일치하고 있다. 이상의 결과에서 마늘을 CA 저장하게 되면 soluble solid, dry weight 및 경도 등의 물리적 특성 값과 발근율은 일반 대기 중에서 저장할 때와 유사한 값을 나타내지만 발아율은 현저하게 감소하게 됨을 알 수 있었다.

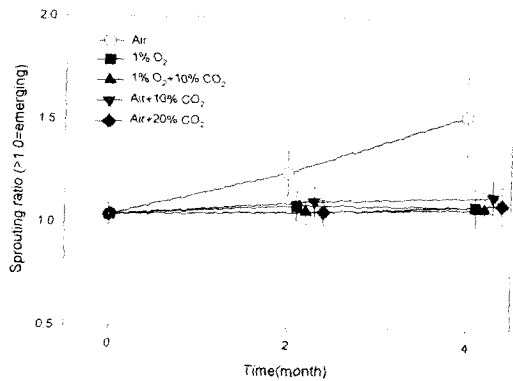


Fig. 5. Sprouting ratio in cloves from garlic bulbs stored in air and controlled atmosphere at 0°C for 4months. Cloves were sectioned longitudinally and the length of the sprout was estimated as a fraction of full clove length. Data are averages of 3 replications of 15 cloves ± std. deviation.

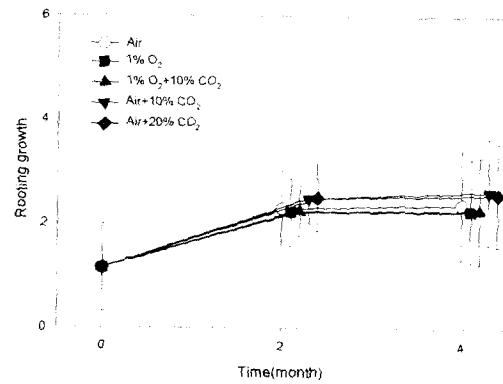


Fig. 6. Rooting growth in cloves from garlic bulbs stored in air and controlled atmosphere at 0°C for 4months. Rooting growth was scored 1 to 7, where 1=0mm(none), 2=1-2mm(very slight), 3=3-5mm(slight), 4=6-10mm(moderate), 5=11-15(moderately severe), 6=16-20mm(severe) and 7=20mm(extreme growth). Data are averages of 3 replications of 15 cloves ± std. deviation.

마늘을 0°C에서 저장하였을 때 공기 저장과 CA 저장 중 마늘의 고유한 자극적인 맛(pungency)의 변화를 알아보기 위하여 pyruvate, thiosulfinates, alliin의 함량을 측정하였다. Pyruvate (Fig. 7)의 함량은 저장 대기의 산소 농도가 낮은 CA 저장(1% O₂ 및 1% O₂+10% CO₂)의 경우 저장 기간이 경과함에 따라서 약간씩 감소하였으며, 고농도 이산화탄소 저장(air+10% CO₂와 air+20% CO₂)의 경우는 거의 일정한 값을 나타내었다. 그러나 마늘을 일반 대기 중에서 저온 저장할 경우에는 저장 초기에

저장 조건에 따른 마늘의 화학적 품질특성

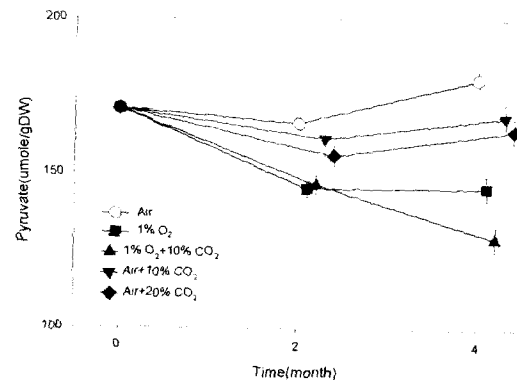


Fig. 7. Changes in pyruvate concentrations of the garlic stored in air and controlled atmosphere at 0°C for 4months. Data are averages of 3 replications of 15 cloves ± std. deviation.

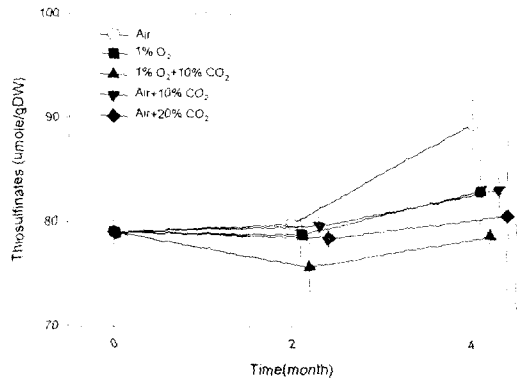


Fig. 8. Changes in thiosulfinate concentrations of the garlic stored in air and controlled atmosphere at 0°C for 4months. Data are averages of 3 replications of 15 cloves ± std. deviation.

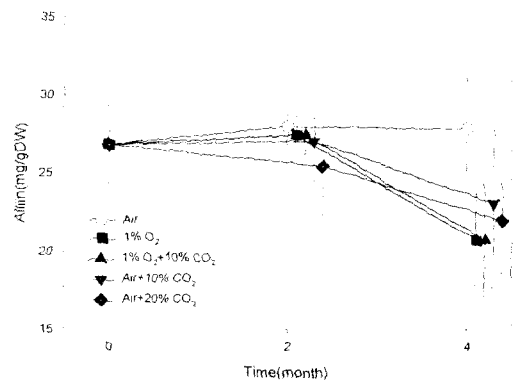


Fig. 9. Changes in alliin concentrations of the garlic stored in air and controlled atmosphere at 0°C for 4months. Data are averages of 3 replications of 15 cloves ± std. deviation.

비해서 pyruvate가 약간 증가하였다. 저장 전 구간에서 CA 저장한 마늘의 pyruvate가 저온 저장을 했을 때 보다 낮은 값을 나타내었다. 저장 중 저장 기체 조성에 따른 thiosulfinate (Fig. 8)와 alliin (Fig. 9) 함량도 pyruvate와 비슷한 경향을 나타내었다. 이 결과는 alliin의 일반적인 반응 특성과 일치한다. Alliin은 마늘의 항균성 물질과 매운 맛 성분의 전구체로서, 마늘이 절단되거나 마쇄되면 두 분자의 alliin (S-allyl cysteine sulfoxide)은 마늘 내부에 있는 allinase에 의해서 쉽게 alliin (diallyl thiosulfinate)과 두 분자의 pyruvate로 변환되게 된다(3). 따라서 마늘의 pungency를 나타내는 위의 세 성분은 유사한 경향으로 변화하게 된다. 이상의 결과로부터 마늘을 CA 저장을 할 경우는 마늘의 자극적인 맛이 일반 대기에서 저장하는 것 보다 저하됨을 알 수 있었다. 일반적으로 저농도 (1%)의 산소에서 저장한 마늘의 pungency가 가장 낮게 나타났으며, CO₂ 농도가 높은 CA 저장구에서는 중간 값을 보였으며, 일반 대기에서 저온 저장한 마늘의 pungency가 가장 높았다.

CA 저장 조건에 따른 저장 중 마늘의 탄수화물 변화를 Table 3에 나타내었다. 마늘의 주 탄수화물인 fructan은 저장기간에 따라서 점차 감소하는 경향을 나타내었고 free sugar는 점차 증가하였다. 같은 저장 기간인 경우에 발아율이 높은 일반 대기 저장의 fructan 함량이 CA 저장의 경우보다 낮은 값을 나타내었다. 이 결과는 마늘의 dormancy가 파괴되고 발아되기 시작하면 마늘 중 fructan 함량은 감소하게 된다는 보고(6)와 일치한다. 그러나 일반 대기에서 저장할 때 보다 발아율이 상대적

으로 낮은 CA 저장 중에서 20%의 이산화탄소 농도에서 저장한 마늘의 fructan이 가장 많이 감소하는 경향을 보였다. 이는 저장 중 마늘의 fructan 함량은 발아율 외에 다른 요인에 의해서도 변화됨을 시사한다고 볼 수 있다. 마늘을 저장할 때 대기 중 CO₂농도의 상한선을 10%로 권장(13)하고 있다. 마늘을 10% 이상의 고농도 이산화탄소 (20%)로 저장할 경우의 이산화탄소 장해로 인해서 저장 다당류인 fructan의 분해가 촉진된다고 판단되며, 추후 더 연구할 필요가 있는 부분이다.

Table 3. Changes in carbohydrates content (g · kg⁻¹ dry weight) of garlic stored in air and controlled atmosphere at 0°C for 4 months

Month	Storage condition	Glucose	Fructose	Free sugar	Fructan
0	Air	1.10	16.88	48.82	785.92
	1% O ₂	1.10	16.88	48.82	785.92
	1% O ₂ +10% CO ₂	1.10	16.88	48.82	785.92
	Air+10% CO ₂	1.10	16.88	48.82	785.92
	Air+20% CO ₂	1.10	16.88	48.82	785.92
2	Air	0.95	17.20	49.82	774.93
	1% O ₂	2.07	20.58	60.65	777.74
	1% O ₂ +10% CO ₂	2.31	25.18	75.40	743.20
	Air+10% CO ₂	1.44	26.11	78.37	738.66
	Air+20% CO ₂	3.28	36.42	111.38	669.82
4	Air	3.06	9.70	56.89	664.93
	1% O ₂	4.41	15.37	66.03	694.59
	1% O ₂ +10% CO ₂	7.28	41.27	68.09	701.22
	Air+10% CO ₂	3.36	27.78	94.63	683.86
	Air+20% CO ₂	10.13	66.76	138.14	492.54

감사의 글

이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 대학교수 해외파견 연구지원에 의하여 연구된 결과의 일부이며, 이에 감사 드립니다.

요 약

마늘을 0℃에서 일반 대기 및 CA 조건 하에서 4개월 저장하면서 기간 및 조건에 따른 저장 중 마늘의 생리적 품질을 측정하고 pungency와 fructan 등의 화학적 성분 변화를 분석하였다. 저장 중 마늘의 생리적 품질은 저장 조건에 대해서 큰 차이는 없었으나, CA 저장한 마늘이 일반 대기에서 저장한 마늘에 비해서 수분 함량이 더 많이 일어나 dry weight와 경도가 낮게 나타났다. 표면색은 저장 4개월에서 어둡고 진하게 변했다. CA 저장이 마늘의 발근을 억제하지 못하지만 발아율은 일반 대기저장에 비해서 약 50% 억제하는 것으로 나타났다. 일반 대기에서 저장한 마늘이 CA 저장한 마늘보다 더 높은 pungency를 나타내었으며 특히 pyruvate는 산소 농도가 낮은 (1% O₂) CA 저장 조건에서 가장 낮은 값을 나타내었다. Fructan은 저장기간에 따라서 점차 감소하는 경향을 나타내었고 free sugar는 점차 증가하였다. 발아율이 높은 일반 대기 저장의 fructan 함량이 CA 저장의 경우보다 낮은 값을 나타내었다. 그러나 20%의 이산화탄소 농도에서 저장한 마늘의 fructan이 가장 많이 감소하는 경향을 보였다.

참고 문헌

1. 박무현 외 (1999) 농산물 저장유통기술 핸드북. 한국농산물저장유통학회, p.655-662
2. 권중호 (1983) 방사선 조사가 마늘의 저장성과 그 향신성분에 미치는 영향. 경북대학교 대학원 박사학위논문
3. 박무현 (1986) 마늘의 이화학적 특성이 냉동보호 효과에 미치는 영향과 저온저장에 관한 연구. 중앙대학교 대학원 박사학위논문

4. Cantwell, M., Hong, G.H., Voss, R., May, M. and Hansen, B. (2000) Nitrogen fertilization and irrigation regimes modify the composition and quality of garlic. Paper presented at 3rd International symposium on edible alliaceae, Athens, Georgia, U.S.A.
5. 홍경훈 (1996) An analysis of alliin and fructan in garlics. 서울대학교 대학원 박사학위논문
6. Hong, G.H., Lee, S.K. and Moon, W. (1997) Alliin and fructan contents in garlics, by cultivars and cultivating areas. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, **38**, 483-488
7. Hong, G.H., Lee, S.K. and Moon, W. (1997) Synthesis of alliin and its quantitative determination in garlic. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, **38**, 216-220
8. Hong, G.H., Jang, H.S. and Kim, Y.B. (1999) Composition and change of flavor compounds in garlic cloves(*Allium sativum* L.) by processing treatments. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, **38**, 216-220
9. Schwimmer, S. and Weston, W.I. (1961) Enzymatic development of pyruvic acid in onions as a measure of pungency. *Agric. Food Chem.*, **9**, 301-304
10. Han, J., Jawson, L., Han, G., and Han, P. (1995) A spectrophotometric method for quantitative determination of allicin and total garlic thiosulfonates. *Anal. Biochem.* **225**, 157-160.
11. Riddles, P.W., Blakeley, R.L., and Zerner, B. (1979) Ellman's reagent: 5,5'-dithiobis(2-nitrobenzoic acid)-a reexamination. *Anal. Biochem.* **94**, 75-81.
12. Carrier Transicold Division (1995) Controlled atmosphere handbook. Carrier Co., Syracuse, New York, U.S.A. p.53
13. Hardenburg, R.E., Watada, A.E. and Wang, C.Y. (1990) The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. US department of Agriculture, U.S.A. p.59

(접수 2001년 5월 9일)