

Effect of Selenium on Internal Quality of Basil (*Ocimum basilicum* L.) During Storage

Kuen-Woo Park* · Min-Soon Kim · Ho-Min Kang · Moon-Jung Lee
Department of Horticultural Science, Korea University, Seoul 136-701, Korea

Abstract

The object of this study is to investigate the quality change of sweet basil grown with selenium (Se) in hydroponic culture. Sweet basil was cultured with 1 fold herb nutrient solution as suggested by European Vegetable R & D Center in Belgium. Before three weeks harvest, sodium selenate (Na_2SeO_4) was supplied to 2 and 4 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ in the nutrient solution. Sweet basil was stored at 10°C using 40 μm ceramic film and PET (polyethylene terephthalate) for 15 days in modified atmosphere (MA) storage condition. The weight loss of sweet basil was higher in non-treatment compared to Se treatments in both of two films but it was decreased over 5% in PET treatment. Se concentrations in leaf tissues increased in the response to the treated levels of Na_2SeO_4 concentrations, and this tendency was appeared similar results after storage. There was no significant effect of packing materials on volatilization of Se in sweet basil. The total chlorophyll and essential oil content was increased with increasing Na_2SeO_4 concentration in nutrient solution. The amount of volatilization flavor was not higher at Na_2SeO_4 4 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ treatment compare to others during storage. Se content was 112.73 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ dry mass at 2 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ treatment before storage and the decrease of Se content was observed by 50% at 15 days after storage. The condition, which Na_2SeO_4 2 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ supplement in nutrient solution during growth stage and stored with 40 μm ceramic film on 10°C are acceptable for maintaining of sweet basil quality. Moreover it can be a proper Se concentration for human health. Overall, Se treatment in nutrient solution has effect on promoting and maintaining quality of herb during storage life. Also, there was not significant change of essential oil compounds by volatilization of Se.

Key words: herb, Se, essential oil, MA storage

*Corresponding author

이 논문은 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과입니다.

서 론

열대 인도 지방이 원산지인 바실(*Ocimum basilicum* L.)은 경제적으로 매우 중요한 작물로 전세계적으로 재배, 이용되고 있다(Park, 1998). 향을 함유한 바실 잎은 생체 또는 건물로 과자나 음료 등에 향을 가미하기 위해 사용되며, 이태리에서는 스파게티를 중심으로 토마토 요리에 실수적으로 이용된다. 유럽에서는 전통적으로 구풍제, 자극제, 진정제로 민간요법에서 이용되고 있다(Marotti et al., 1996; Park, 1998). 또 바실의 정유성분들은 식품과 화장품 산업에 원료로 이용되며 항균, 항산화 효과도 지닌다(Marotti et al., 1996).

Selenium(Se)은 인간과 동물에는 매우 낮은 농도로

요구되어지는 필수 미량원소로서 특히, 인간의 건강과 관련하여 작물내 Se 축적에 관한 연구가 진행되고 있다(Mikkelsen and Wan, 1990). Se의 1일 권장 섭취량은 성인의 경우 약 100 $\mu\text{g}/\text{day}$ 로 알려져 있다(Frankenberger and Benson, 1994). Se은 동물과 사람의 전립선, 폐 등에서의 암세포 성장을 억제시키며, 쥐의 livemecrosis의 발생을 방지하는 등의 효과를 지니는 가능성 원소이다(Axley et al., 1991). 식물체는 흡수한 Se를 dimethyl selenide로 휘발시키기도 하는데 그 휘발되는 양은 식물중에 따라 다르다고 한다(Zayed and Terry, 1992).

기능성 허브인 바실의 경우 Se 흡수 및 휘발에 대한 실험은 아직까지 이루어져 있지 않으며 본 실험에서는 작물의 기능성을 배가시키기 위한 방안으로 바실

양액배시 Se를 배양액내에 첨가 시켰다. 또 Se함유 바실의 경우 효과적인 유통방법으로 생각된 closed system인 MA저장 방법을 이용하여 바실의 저장 중 Se의 휘발 정도와 정유 성분변화와의 상관성을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

본 실험은 고려대학교 플라스틱하우스에서 실시하였으며 바실(*Ocimum basilicum* L.)을 공시작물로 수행하였다. 바실은 1999년 3월 26일에 파종하여 묘를 정식한 5월 4일부터 10일간 허브 배양액 0.5배에서 순화하였다. 담액순환 베드에 정식한 후 Belgium의 European Vegetable R & D Center(Benoit and Ceustemans, 1994)의 herb 배양액 1배($EC=2.4dS \cdot m^{-1}$)를 공급하였다. Se 처리는 수확 3주전에 Se을 sodium selenate (Na_2SeO_4)의 형태로 각각 2, 4 $mg \cdot L^{-1}$ 처리하였다.

1999년 6월 10일 수확한 바실은 저장고 10°C에서 하루동안 예냉시킨 후 포장하였다. 저장 온도는 10°C로 포장재는 40 μm ceramic film(20×25 cm)과 현재 시중에서 열채류의 유통시 주로 사용되는 PET (polyethylene terephthalate) 상자(10.5×16.5×4.5 cm, 두께 0.25 mm)를 사용하여 15일간 저장하였다(Park 등, 1998).

저장 기간 중 생체중 감소, 포장재 내 CO_2 와 C_2H_4 함량을 측정하였으며, 저장전과 저장 종료일에 식물체의 엽록소 함량, 비타민 C 함량, 전해질 용출량, Se 함량, 정유 함량 및 정유 성분을 분석하였다. CO_2 , C_2H_4 함량은 gas chromatography(5890 II GC, Hewlett Packard)로 측정하였다(Park과 Kang, 1998). 작물 내 엽록소 함량은 *N,N*-dimethylformamide(DMF)를 이용하여 추출하였고(Inskeep and Bloom, 1985), 전해질 용출량은 electric conductivity meter(Suntex SC-12)를 이용하여 측정하였다(Lafuente et al., 1991). Se 함량은 2,3-diaminonaphtalene(DAN)을 사용해서 각각 spectrofluorometer로 측정하였다(Whetter and Ullrey, 1978). 정유 함량은 steam distillation을 이용하여 추출(Charles and Simon, 1990)하여 생체중에 대한 백분율로 환산하였다. 정유 성분은 GC/MS(5890 II GC, Hewlett Packard)를 이용하여 분석하였다(Suh와 Park, 1999).

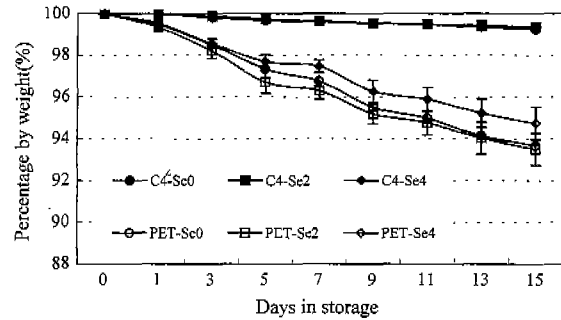


Fig. 1. Changes in fresh weight during storage of sweet basil as influenced by selenium supplement in nutrient solution and packing materials. Vertical bars represent SD from the mean (n=5). 'C4: 40 μm ceramic film, PET: Polyethylene terephthalate 0.25 mm film box. See Table 1.

결과 및 고찰

재배 중 Se 처리에 따른 저장 중 생체중 감소율은 40 μm ceramic film과 PET 상자에서 모두 Se 처리 구보다 무처리구에서 컷지만 통계적 유의성은 크지 않았다(Fig. 1). 40 μm ceramic film의 경우에는 생체중 감소율이 저장기간 중 1% 이내로 적어 문제가 없었지만 PET의 경우 저장 11일 이후부터는 5% 이상의 감소를 보여 상품성의 저하를 나타내었다. 이처럼 PET 포장재의 경우 유통시 충격으로부터 상품을 보호할 수 있고 수송과 판매에 편의성이 있는 반면 생체중 감소율이 커서 장기 저장시에는 비효과적이라 생각된다.

저장중 포장재 내의 이산화탄소, 에틸렌, 아세트알데히드의 농도를 조사하였는데, PET 포장재의 경우 완전 밀봉 상태가 아니었기 때문에 필름 내부의 가스 농도는 매우 낮았다. 40 μm ceramic film 내의 이산화탄소 농도는 저장 초기에는 처리간 차이가 없었으나 저장 전기간 동안 Na_2SeO_4 2 $mg \cdot L^{-1}$ 처리구에서 이산화탄소의 농도가 4.7%로 가장 낮았다(Fig. 2). 40 μm ceramic film의 무처리구에서 저장 최종일에 이산화탄소가 7.8%로 가장 높았는데 이는 저온장해에 의한 결과로 추정된다(Cheng and Shewfelt, 1988). 따라서 Se 처리에 의해 저온장해가 어느 정도 감소될 수도 있다고 생각된다. 포장재 내 에틸렌 농도는 저장 초기에는 감소하다가 40 μm ceramic film의 경우 무처리구에서는 저장 5일째 크게 증가하였다(Fig. 3). 이러한 에틸렌 함량의 증가도 저온장해의 결과로 생각되며, 저

Basil 양액재배 시 Selenium 첨가가 저장 중 품질에 미치는 영향

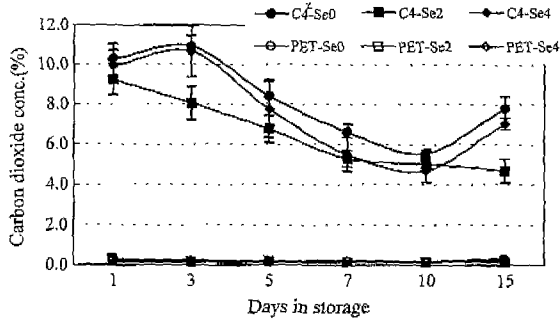


Fig. 2. Changes in carbon dioxide concentration during storage of sweet basil as influenced by selenium supplement in nutrient solution and packing materials. Vertical bars represent SD from the mean (n=4) (See Fig. 1).

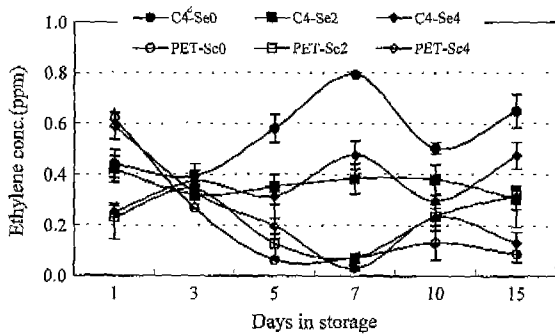


Fig. 3. Changes in ethylene concentration during storage of sweet basil as influenced by selenium supplement in nutrient solution and packing materials. Vertical bars represent SD from the mean (n=4). (See Fig. 1).

온장해로 인한 에틸렌 발생량 증가는 Wang and Adams(1980)에 의해서도 밝혀진 바 있다. 포장재 내의 아세트알데히드의 농도는 저장기간중 큰 변화가 없었지만 저장 최종일에 40 μm ceramic film의 무처리구에서 Se 처리구의 약 3배나 높은 0.21 mmol까지 증가하였다(Fig. 4). 포장재 내의 이산화탄소 농도가 증가하면 호흡이 억제되고 산소 소비가 줄어들어 무산소 호흡이 발생한다. 이에 따른 발효 산물인 에탄올(Cameron et al., 1995)과 아세트알데히드의 축적은 이취를 발생시키는데(Pesis and Ben-Arie, 1984), 무처리구에서 아세트알데히드 농도의 높은 축적은 이러한 결과에 의한 것으로 사료된다.

저장 초의 엽록소 함량은 Na_2SeO_4 2 mg \cdot L⁻¹처리구에서 51.3 $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^2$ 로 가장 높았으나 저장 종료시,

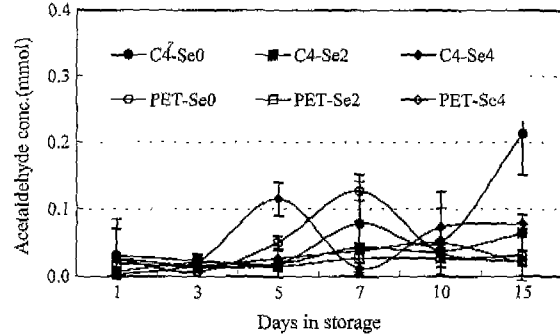


Fig. 4. Changes in acetaldehyde concentration during storage of sweet basil as influenced by selenium supplement in nutrient solution and packing materials. Vertical bars represent SD from the mean (n=4). (See Fig. 1).

4 mg \cdot L⁻¹처리에 비해 감소폭이 컸다. 또 PET 포장구가 40 μm ceramic film 필름 처리구 보다 감소량이 많았다. 이는 포장재에 따른 수분손실이 엽록소의 함량에 영향을 미친 것으로 생각된다. Barth et al.(1992)은 broccoli의 유통시 분무에 의한 습도 유지가 엽록소 함량을 유지하는데 효과적이라고 하였다.

저장전 전해질 용출량은 Se 처리에 따라 다소 감소되었다(Table 1). 저장 종료일에 무처리구는 40 μm ceramic film과 PET 포장재에서 각각 36%과 56%로 PET 포장재에서 전해질 용출량이 더 증가하였다. Na_2SeO_4 2와 4 mg \cdot L⁻¹처리구는 포장재에 따른 유의차가 없었다.

수확시 바실 작물내 Se 함량은 Se 처리 농도에 비례하여 높았으며 저장중 Se 함량의 변화는 Na_2SeO_4 4 mg \cdot L⁻¹처리구의 감소율이 50% 이내로 2 mg \cdot L⁻¹처리구보다 감소율이 적었으며 포장재에 따른 Se 휘발의 차이는 크지 않았다(Table 1).

허브류에서의 향기 성분의 함량과 종류는 중요한 품질 특성 중의 하나로 저장 초의 정유 함량은 Na_2SeO_4 2 mg \cdot L⁻¹처리구에서 0.28%로 가장 많았지만 처리에 의한 차이는 크지 않았다(Table 2). 저장 중 정유 함량의 감소율은 무처리구가 Se 처리구에 비해서 컸으며 Na_2SeO_4 4 mg \cdot L⁻¹처리구에서 감소율이 30% 이내로 그 함량이 가장 높게 유지되었다. 특히 40 μm ceramic film 포장재의 경우 무처리구에서는 그 함량이 약 74% 이상 감소되었으며, Na_2SeO_4 2 mg \cdot L⁻¹처리구의 경우 두 포장재 모두 약 50% 정도 감소하였다. 이상에서 포장재에 따른 수분 손실로 인한

Table 1. Effects of selenium supplement in nutrient solution on the visual quality, ion leakage, chlorophyll, and Se contents of sweet basil.

Packing materials	Na ₂ SeO ₄ (mg · L ⁻¹)	Visual quality ^z	Chlorophyll (µg · cm ⁻²)	Ion leakage (%/total)	Se content (µg · g ⁻¹ DM)	
Before storage	0	5	31.03	16.05	0	
	2	5	51.30	14.71	56.57	
	4	5	35.30	12.77	112.73	
After storage	40 µm Ceramic film	0	2.8bc	23.53d	36.13b	0
		2	3.1a	28.20a	35.02b	28.61
		4	2.9b	26.20b	28.53c	62.45
	PET	0	2.7c	25.87bc	56.35a	0
		2	2.8bc	25.47c	34.20b	29.42
		4	2.6cd	21.53e	28.25c	73.00

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at *P*=0.05.

Table 2. Effects of selenium supplement in nutrient solution and packing materials on the essential oil content and composition of sweet basil during storage.

Packing materials	Na ₂ SeO ₄ (mg · L ⁻¹)	Essential oil content (%)	Essential oil composition (% total essential oil)					
			1,8-Cineole	Linalool	Camphor	Estragole	Eugenol	
Before storage	0	0.262	4.306 a ^z	40.120a	1.203a	0.733a	40.497c	
	2	0.280	3.323b	39.380a	1.196a	0.516b	46.323a	
	4	0.237	2.150c	37.337a	1.083a	0.406c	45.207ab	
After storage	40 µm Ceramic film	0	0.061e	0.090g	39.970a	0.833b	0.596a	34.767d
		2	0.157c	1.776e	31.673b	0.746b	0.386c	33.180d
		4	0.173b	1.360f	33.767b	0.706b	0.116d	44.420ab
	PET	0	0.220a	0.110g	32.307b	1.110a	0.403c	27.010e
		2	0.143d	1.906de	37.303a	0.790b	0.406c	39.640c
		4	0.153cd	2.006cd	33.363b	0.693b	0.360c	42.447bc

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test at *P*=0.05.

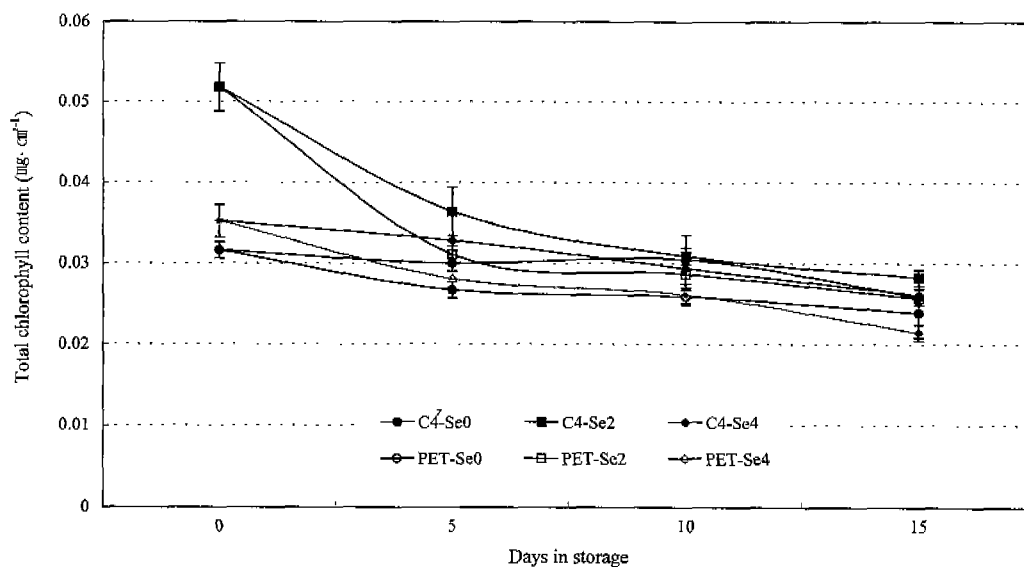


Fig. 5. Changes in total chlorophyll content during storage of sweet basil. Vertical bars represent SD from the mean (n=4).
^zSee Fig. 1.

Basil 양액재배 시 Selenium 첨가가 저장 중 품질에 미치는 영향

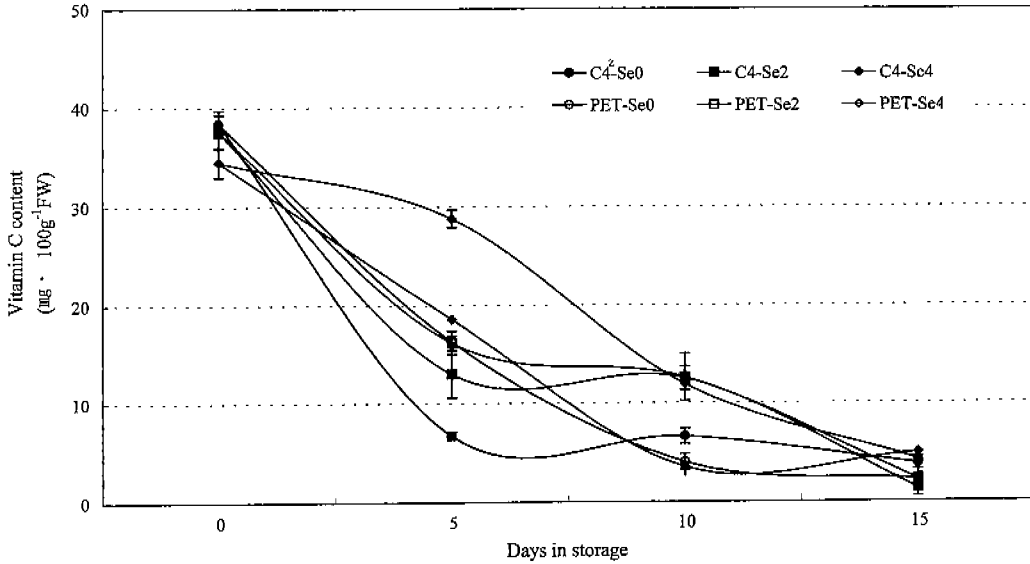


Fig. 6. Changes in vitamin C content during storage of sweet basil. Vertical bars represent SD from the mean (n=4). ²See Fig. 1.

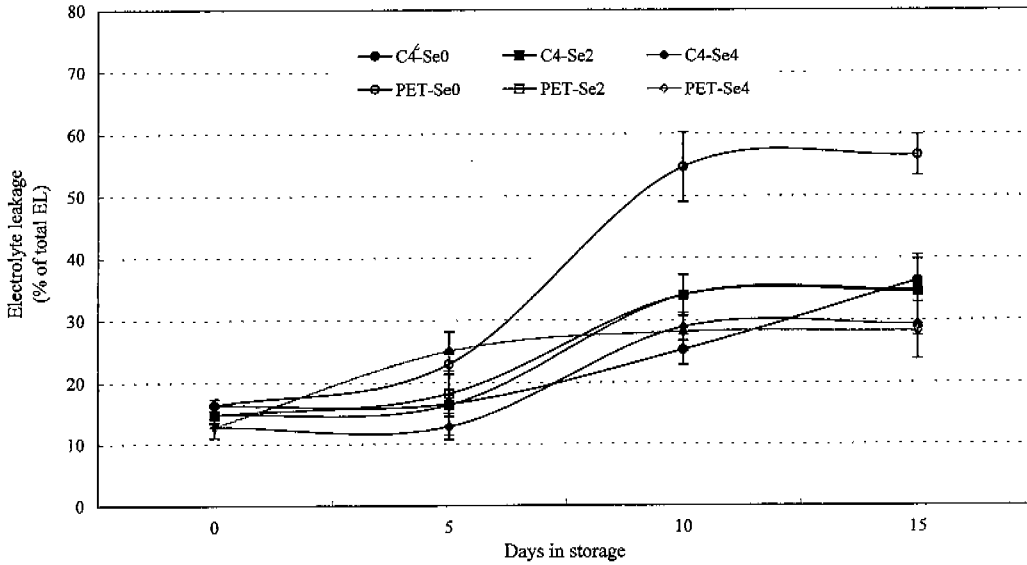


Fig. 7. Changes in electrolyte leakage during storage of sweet basil. Vertical bars represent SD from the mean (n=4). ²See Fig. 1.

상품성 저하가 정유의 함량 유지에는 큰 영향을 끼치지 않음을 볼 수 있었다. 바실의 주요 정유 성분으로는 eugenol, linalool, 1,8-cineole, camphor, β -fenchyl alcohol, estragole 등으로 나타났다(Table 2). Eugenol은 향이 강하고 쓴맛을 내는 phenol 물질의 하나로써 강한 antioxidant이다(Loliger et al., 1989). Estragole은 배초향(*Agastache rosgosa*)에서 정유의 80% 이상

을 차지하는 성분(Park과 Lee, 1998)으로, 돈지를 기질로 하였을 때 항산화 효과가 인정된 바 있다(Jhee와 Yang, 1996). 저장 초기의 eugenol은 Na_2SeO_4 $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리구에서 46.323%로 가장 높았으며, 무처리구에서 40.497%로 가장 낮았다. 저장 후에는 포장재에 따라 Se 처리구는 PET에서 그 함량이 높게 유지되었으며, 무처리구는 $40 \mu\text{m}$ ceramic film에서 더 높았다. 감소

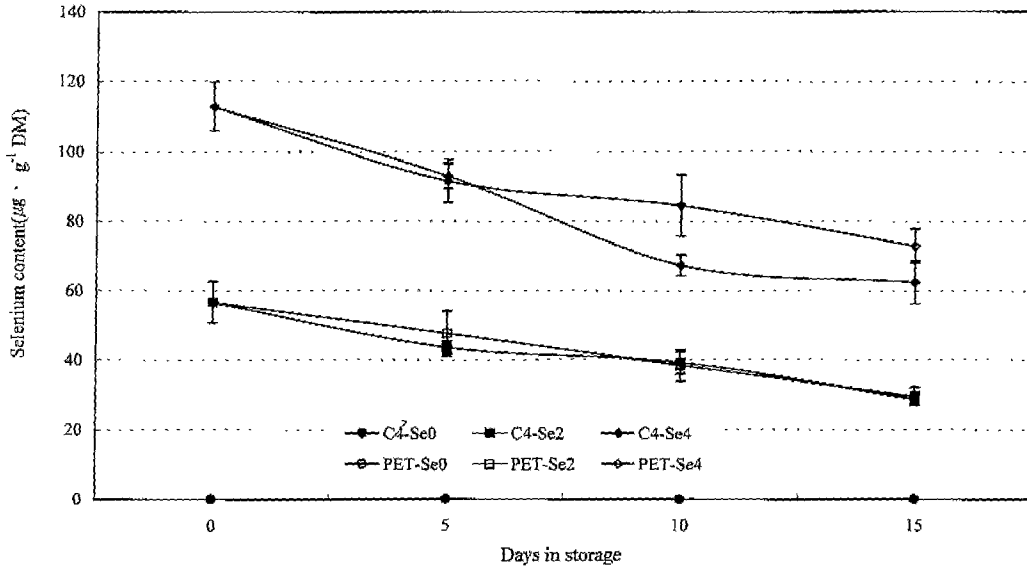


Fig. 8. Changes in selenium content during storage of sweet basil. Vertical bars represent SD from the mean (n=4). ²See Fig. 1.

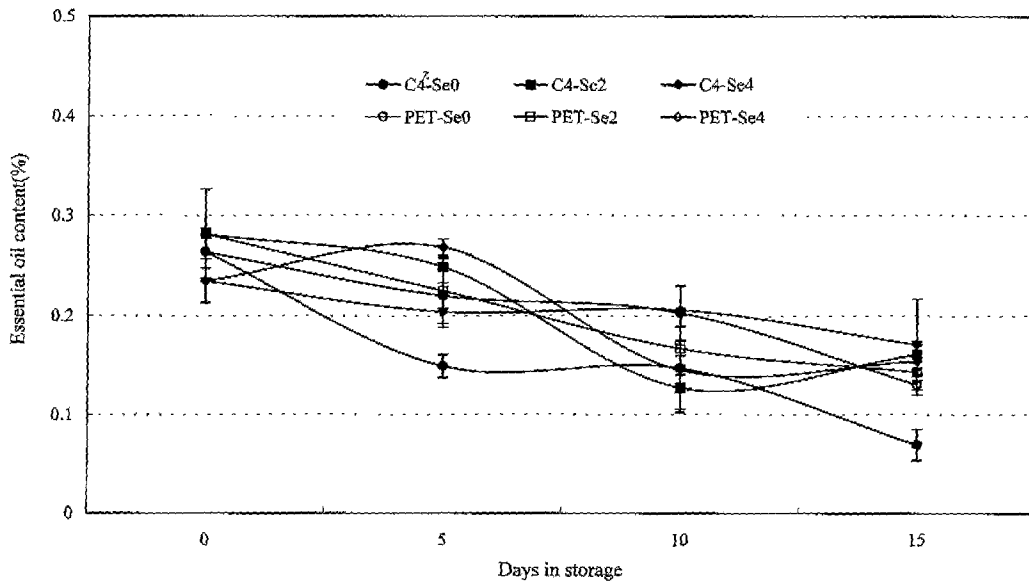


Fig. 9. Changes in essential oil content during storage of sweet basil. Vertical bars represent SD from the mean (n=4). ²See Fig. 1.

율은 $\text{Na}_2\text{SeO}_4 \cdot 4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리구에서 가장 적었는데, 이는 Se 처리가 항산화적 특성이 있는 eugenol 함량에 영향을 미친 것으로 사료된다. Linalool과 estragole, 그리고 1,8-cineole의 경우에는 Se 처리에 따른 생산 증가 효과가 없었다. 저장 후의 linalool의 경우 저장 전과 비교하여 거의 감소하지 않았으며, 1,8-cineole은

무처리구에 비해 Se 처리구에서 높게 유지되었다. 유 함량의 변화에 포장재의 효과는 크게 작용하지 않았다. 즉 수분 감소에 따른 정유함량 변화에는 열 미치지 않은 것으로 보인다. 또한, 작물내 Se의 이 정유성분들의 휘발에는 직접적으로 영향을 미치지 않았음을 볼 수 있었다.

Literature cited

1. Axley, M.J., A. Bock and T.C. Stadtman. 1991. Catalytic properties of an *E. coli* formate dehydrogenase mutant in which sulfur replaces selenium. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 88:8450-8454.
2. Barth, M.M., A.K. Perry, S.J. Schmidt and B.P. Klein. 1992. Misting affects market quality and enzyme activity of broccoli during retail storage. J. Food Sci. 57: 954-957.
3. Benoit, F. and N. Ceusternans. 1994. Hydroponic culture kitchen herbs. ISHS-Symposium on growing media and plant nutrition in horticulture. Glasshouse Crops Research Station, NAALDWIJK, the Netherlands.
4. Cameron, A.C., P.C. Talasila, and D.W. Joles. 1995. Predicting permeability needs for modified atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. HortScience 30:25-34.
5. Charles, D.J. and J.E. Simon. 1990. Comparison of extraction methods for the rapid determination of essential oil content and composition of basil. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115:458-462.
6. Cheng, T.S. and R.L. Shewfelt. 1988. Effect of chilling exposure of tomatoes during subsequent ripening. J. Food Sci. 53:1160-1162.
7. Frankenberger, W.T.Jr. and S. Benson. 1994. Selenium in the environment, p. 5, 30. Marcel Dekker, Inc., New York.
8. Inskeep, W.P. and P.R. Bloom. 1985. Extinction coefficients of chlorophyll a and b in N,N-dimethylformamide and 80% acetone. Plant Physiol. 77:483-485.
9. Jhee, P.H. and C.B. Yang. 1996. Antioxidative activity of extract from bangah herb. Korean J. Food Sci. Technol. 28:1157-1163.
10. Lafuente, M.T., A. Belver, M.G. Guye, and M.E. Saltveit, Jr. 1991. Effect of temperature conditioning on chilling injury of cucumber cotyledons. Plant Physiol. 95: 443-449.
11. Loliger, J., J. Burri, and M. Graf. 1989. Vanillin as food grade antioxidant. In Flavor Chemistry of Lipid Food, Amer. Oil Chemist Soc., Champaign, Illinois. p. 302.
12. Marotti, M., R. Piccaglia, and E. Giovanelli. 1996. Differences in essential oil composition of basil(*Ocimum basilicum* L.) Italian cultivars related to morphological characteristics. J. Agric. Food Chem. 44:3926-3929.
13. Mikkelsen, R.L. and H.F. Wan. 1990. The effect of selenium on sulfur uptake by barley and rice. Plant and Soil 121:151-153.
14. Park, K.W. 1998. The cultivation and use of herb. pp. 4-8, 106-110. Press of Korea Univ. Seoul.
15. Park, K.W. and H.M. Kang. 1998. Effects of the sources and thickness of plastic films on the shelf life and quality of cucumber during modified atmosphere storage. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:397-401.
16. Park, K.W., H.M. Kang, and E.M. Yang. 1998. Effect of the film packages, anion concentration and pre-treatments on the qualities of basil in MA storage. Suppl. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67 p. 322.
17. Park, K.W. and M.J. Lee. 1998. Effect of selenium on the internal quality of Korean-mint(*Agastache rugosa*). Suppl. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67 p. 180.
18. Pesis, E. and R. Ben-Arie. 1984. Improvement of acetaldehyde and ethanol accumulation during induced deastringency of persimmon fruits. J. Food Sci. 49: 896-899.
19. Suh, E.J. and K.W. Park. 1999. Comparison of volatiles flavor components of three basil cultivars in hydroponics. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:188-192.
20. Wang, C.Y. and D.O. Adams. 1980. Ethylene production by chilled cucumber(*Cucumis sativus* L.). Plant Physiol. 66:841-843.
21. Whetter, P.A. and D. Ullrey. 1978. Improved fluorometric method for determining selenium. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 61:927-930.
22. Zayed, A.M. and N. Terry. 1992. Selenium volatilization in broccoli as influenced by sulfate supply. J. Plant Physiol. 140:646-652.

박권우 · 김민순 · 강호민 · 이문정

Basil 양액재배 시 Selenium 첨가가 저장 중 품질에 미치는 영향

박권우* · 김민순 · 강호민 · 이문정
고려대학교 원예과학과

적 요

본 실험은 바실의 양액재배시 기능성 원소 selenium(Se)을 처리하였을 때 basil의 저장중 품질 변화를 조사하기 위하여 수행되었다. European Vegetable R & D center에서 개발한 허브 배양액 1배액을 사용하여 담액 순환식으로 재배하였으며, Se을 sodium selenate(Na_2SeO_4)의 형태로 수확 3주전에 2, 4 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 를 양액 내 처리하였다. 10°C에서 40 μm ceramic film과 PET 상자를 사용하여 MA저장을 15일간 하였다. 바실의 수경재배시 기능성 물질의 첨가가 저장중 품질 변화에 미치는 영향은 다음과 같다. 생체중 감소율은 두 포장재 모두 Se 처리구보다 무처리구에서 컸으며 PET의 경우는 5% 이상 크게 감소하였다. Se함량은 양액 내 처리 농도에 따라 증가하였고 저장 후에도 같은 경향을 나타내었다. 포장재에 따른 휘발량의 차이는 크지 않았다. 엽록소와 정유함량은 Se처리에 의해 증가되었다. 정유 함량은 $\text{Na}_2\text{SeO}_4 \cdot 4 \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리가 저장후 감소율이 가장 적었다. Se 함량은 2 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리시 저장전 함량이 112.73 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ DM이었고 저장중 감소량은 50% 정도였다. 저장중 품질유지와 소비자가 안전하게 Se을 섭취할 수 있는 적정 농도는 2 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 이며, 40 μm ceramic film을 이용한 MA저장이 효과적이었다. 이상에서 바실의 양액재배시 Se 처리는 작물의 품질 증진 및 저장중 품질 유지에 효과가 인정되었다. 또 Se 휘발에 의한 정유성분의 변화는 나타나지 않았다.

주제어 : 허브, 셀레늄, 정유, MA 저장