

Effect of Browning Inhibitors on Quality Property of Fresh-Cut Strawberries

Hun-Sik Chung¹ and Kwang-Deog Moon^{1,2*}

¹Food and Bio-Industry Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

²Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

갈변억제제 처리가 신선 절단 딸기의 품질 특성에 미치는 영향

정헌식¹ · 문광덕^{1,2*}

¹경북대학교 식품생물산업연구소, ²경북대학교 식품공학부

Abstract

The effect of browning inhibitors on quality properties of fresh-cut strawberries was investigated. Half-cut strawberries were treated with dipping solutions alone and with combinations of 1% ascorbic acid, 1% citric acid, 1% sodium chloride, and 1% magnesium chloride, were packaged with low density polyethylene bags, and were kept for 24 hours at 4°C. The levels of oxygen and carbon dioxide in the packages of the samples treated with the combined solutions were the highest and the lowest, respectively. The loss of L value and flesh firmness of fresh-cut strawberries was retarded by the combined solutions than by the dipping solutions alone. The soluble solids and pH were not affected by the browning inhibitor. These results suggest that mixture of ascorbic acid, citric acid, sodium chloride, magnesium chloride may prevent browning and softening of fresh-cut strawberries.

Key words : fresh-cut strawberries, browning, softening, ascorbic acid

서 론

딸기(*Fragaria ananassa*)는 독특한 향미 및 높은 비타민 C와 페놀성 물질 함량을 가져 식품학적 가치가 우수한 것으로 인식되고 있으나 과피가 연약하고 대사속도가 빨라 쉽게 변질되는 작물이다(1,2). 수확 후 딸기의 소비형태가 대부분 생과의 원형과 신선 절단품이고 일부만 잼이나 주스 등의 가공품이어서 생과 제품의 품질관리가 중요하며 이를 위해 다양한 기술이 적용되고 있으나 여전히 효능 및 경제적인 면에서 문제점을 가지고 있어 새로운 저장 및 가공 기술의 개발이 필요한 실정이다.

과실 및 채소류의 신선 절단(fresh-cut) 기술은 원형의 신선미를 거의 해치지 않는 범위 내에서 세척, 박피, 다듬기, 절단 등의 처리를 행하는 것을 말하며(3), 이러한 처리로 인해 원형과에 비해 조직이 손상되어 호흡량, 에틸렌 생성량, 세포막 분해, 효소적 갈변 및 미생물 번식의 증가와

수분 감소 등과 같은 품질저하 유발 현상들이 비교적 빠르게 나타난다(4,5). 과실류의 갈변 현상은 polyphenoloxidase (PPO)와 같은 효소에 의한 페놀성 물질의 산화에 의해서 발생되며, 신선 절단품의 품질관리에 있어 가장 중요하게 취급되고 있다(6,7).

신선 절단품의 효소적 갈변억제에는 다양한 물리 및 화학적 처리방법이 유효한 것으로 알려져 있으며, 이들 중 화학적 처리법으로는 환원제, 효소저해제, 킬레이트제 등의 갈변억제물질이 사용되고 있다(8-10). 이러한 갈변억제제 처리를 포함한 갈변억제 방법의 효과는 품목, 품종 및 성숙도 등과 같은 여러 가지 요인들에 따라 각각 상이한 반응을 나타낼 뿐만이 아니라 다른 품질특성에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있어 적용에 앞서 대상 품목에 대한 구체적인 검토가 선행되어야 한다. 신선 절단 딸기의 품질 유지를 위한 연구로는, Aguayo 등(11)이 1-methylcyclopropene (MCP)과 calcium chloride 병행처리의 shelf-life 연장효과, Campaniello 등(12)이 chitosan coating 처리의 품질 유지효과, Odriozola-Serrano 등(13)이 controlled atmosphere(CA)

*Corresponding author. E-mail : kdmoon@knu.ac.kr
Phone : 82-53-950-5773, Fax : 82-53-950-6772

의 딸기에 함유된 antioxidant compounds의 산화 억제효과 등을 각각 보고한 바 있으나 갈변억제제의 처리 효과에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 신선 절단 딸기의 유통기간을 연장시킬 수 있는 기술을 개발하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 범용되고 있는 갈변억제제의 단용 및 혼용처리가 신선 절단 딸기의 호흡률, 갈변도, 과육경도, 가용성 고형분 함량 및 pH에 미치는 영향을 조사하여 품질특성 유지에 적합한 갈변억제제를 설정하고자 하였다.

재료 및 방법

재 료

실험용 딸기는 경북 고령군 소재 농원에서 시설 재배한 '육보' 품종을 구입하여 외관이 건전하고 크기가 균일한 것만 선별하고 냉장고(4°C)에서 예냉시킨 후 사용하였다.

신선 절단 딸기의 제조

원형 딸기의 꼭지를 제거하고 축 방향으로 2등분한 다음, 갈변억제제처리로 1% ascorbic acid, 1% citric acid, 1% sodium chloride, 1% magnesium chloride 또는 1% 혼합물(ascorbic acid+citric acid+sodium chloride+magnesium chloride, 동량 혼합물)에 3분간 침지시킨 후 흡수지로 과일의 표면 물기를 제거하였다. 대조구는 증류수를 침지액으로 사용하였다. 실험용 갈변억제제는 과실과 채소류 가공품의 갈변억제 목적으로 범용되고 있는 것을 선정하였다. 처리 후 각 처리용액별 시료 200 g를 플라스틱 용기에 담아 60 µm 두께의 low density polyethylene (LDPE) 필름 봉지(18 cm×20 cm)에 넣어 열접착 밀봉 포장한 다음 일반 냉장고의 설정온도인 4°C에서 24시간 저장한 후 포장내 기체농도와 딸기의 품질특성 분석용 시료로 사용하였다.

포장 내 기체농도 측정

포장 내부의 산소와 이산화탄소 농도는 가스 기밀성 주사기로 포장 내 기체 1 mL 취하여 gas chromatography (5890A, Hewlett Packard, CA, USA)를 사용하여 분석하였다. 이때 분석조건으로 컬럼은 CTR1(Alletech Associates Ins, IL, USA), 컬럼 온도는 40°C, 운반기체는 헬륨(60 mL/min), 검출기는 TCD를 각각 사용하였다.

갈변도 측정

신선절단 딸기의 절단면 갈변도는 표준 백색판(L=97.79, a=-0.38, b=2.05)으로 보정된 colorimeter(CR-200, Minolta Co, Osaka, Japan)를 사용하여 L값을 측정하여 나타내었다(14).

과육경도 측정

신선절단 딸기의 과육경도는 texture analyzer (TA-XT2, Stable Micro Systems Ltd, Godalming, UK)의 경도 테스트를 이용하여 측정하였다. 이때 측정조건으로 탐침의 직경은 5 mm, 진입 깊이는 3 mm, 테이블 속도는 60 mm/min를 각각 사용하였다.

가용성 고형분 함량 및 pH 측정

신선절단 딸기의 가용성 고형분 함량은 시료를 마쇄하고 착즙한 다음 여과한 액을 굴절계(Master-a, Atago Co, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. pH는 가용성 고형분 측정용 여과액을 pH 미터(Delta320, Mettler-Toledo Inc, Shanghai, China)를 사용하여 측정하였다.

통계처리

실험결과의 통계처리는 SPSS software (14.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석과 Duncan's multiple range test (p<0.05)를 실시하였다.

결과 및 고찰

포장 내 산소와 이산화탄소 농도

신선절단 딸기를 1% ascorbic acid, 1% citric acid, 1% sodium chloride, 1% magnesium chloride 및 1% 혼합물(ascorbic acid, citric acid, sodium chloride, magnesium chloride의 동량 혼합물)에 각각 침지 처리 하고 밀봉 포장하여 4°C에서 24시간 보관 후 포장 봉지 내부의 산소와 이산화탄소 농도를 각각 측정된 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 산소 농도는 혼합물 처리구에서 유의적으로 가장 높았으며, 다음으로 sodium chloride 처리구와 magnesium chloride 처리구가 상호 유의적인 차이 없이 높았다. 그리고 무처리구, ascorbic acid 처리구 및 citric acid 처리구는 상호 유의적인 차이 없이 가장 낮은 수준을 보였다. 이산화탄소 농도는 산소 농도의 경우와는 반대로 무처리구, ascorbic acid 처리구 및 citric acid 처리구가 상호 유의적인 차이 없이 가장 높았고, 다음으로 sodium chloride 처리구와 magnesium chloride 처리구가 상호 유의적인 차이 없이 높았고, 혼합물 처리구가 가장 낮은 수준을 보였다. 이러한 포장 내부의 산소와 이산화탄소 농도의 수준은 포장재의 투과도와 축적 가스의 영향도 있겠지만 신선절단 딸기의 호흡률의 영향을 더욱 크게 받은 것으로 볼 수 있으며, 이를 호흡률을 나타내는 간접적인 지표로 사용이 가능한 것으로 알려져 있다(9). 일반적으로 신선절단 과실 및 채소류의 포장 내 산소와 이산화탄소 농도는 피포장물의 호흡에 의해 경시적으로 감소와 증가를 각각 하며(15), 원형 딸기의 포장 내 산소와 이산화탄소의 변화도 경시적으로 감소와 증가하는 경향을

보이지만 포장재의 특성에 따라 그 증감 정도에 차이가 있는 것으로 알려져 있다(1). 이상과 같은 사항을 고려해 볼 때 신선절단 딸기의 호흡작용은 갈변억제제 혼합 처리구에 의해 억제되는 것으로 판단되며, 한편 sodium chloride와 magnesium chloride도 약간의 호흡작용 억제효과를 가지지만 ascorbic acid와 citric acid는 호흡작용에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. 한편 신선절단 감자(16)와 단호박(17)의 경우도 갈변저해제 처리에 의해 호흡이 억제되었다고 보고된바 있다. 이로써 신선절단 딸기의 호흡억제를 통한 전반적인 품질유지에 ascorbic acid, citric acid, sodium chloride, magnesium chloride의 단용 보다는 혼용이 더욱 효과적일 것으로 여겨진다.

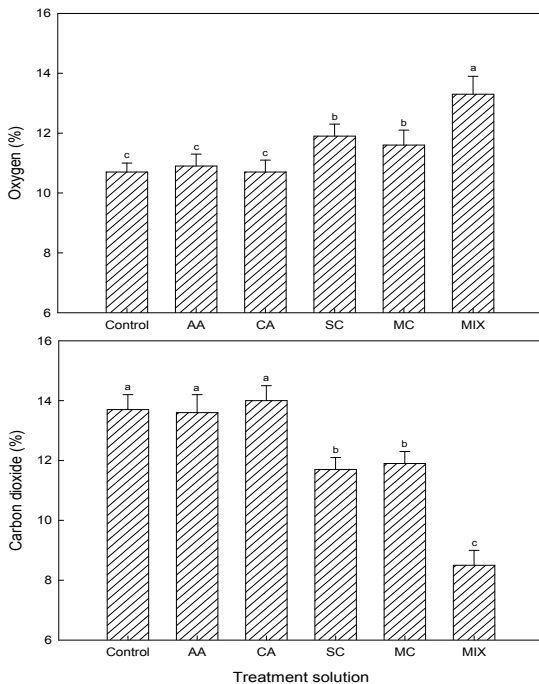


Fig. 1. Oxygen and carbon dioxide concentrations inside packages of fresh-cut strawberry packaged in 60 µm LDPE bags for 24 hours at 4°C.

Means±SD (n=3) with same letter above a bar are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05). Control: distilled water, AA: 1% ascorbic acid, CA: 1% citric acid, SC: 1% sodium chloride, MC: 1% magnesium chloride, Mix: 1% solution of equally mixed with ascorbic acid, citric acid, sodium chloride, andmagnesium chloride.

신선절단 딸기의 갈변도

각종 갈변억제제를 처리한 신선절단 딸기를 밀봉 포장하고 4°C에서 24시간 보관한 후 과실 절단면의 갈변지표로 L값을 측정한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 신선절단 딸기의 L값은 처리 전 66.7이었으나 처리 후에는 처리제의 종류에 따라 다른 감소율을 보여 혼합물 처리구에서 1.7%를, magnesium chloride 처리구에서 3.8%를, ascorbic acid 처리구에서 8.6%를, citric acid와 sodium chloride 및 무처리구는 상호 유의적인 차이가 없이 약 10.04%를 각각 나타내었다.

신선절단품에서 발생하는 갈변은 효소적 갈변이 주원인이며, 이는 세포 속에 존재하던 페놀성 물질이 절단에 따른 조직파괴로 산소와 접촉하게 되면서 PPO의 작용을 받아 quinone으로 산화되고 다시 중합반응을 거듭하여 갈색물질이 생성되는 반응으로 알려져 있다(7). 여기서 갈변 억제제는 quinone을 다시 페놀성 물질로 환원시키거나 quinone과 반응하여 무색물질을 형성하는 역할(18,19), pH를 저하 또는 금속이온을 chelating 시키거나 효소와 직접 결합하여 PPO의 활성을 저해하는 역할(14,20) 등으로 갈변반응을 억제시키는 것으로 알려져 있다. 신선절단 딸기의 갈변도가 ascorbic acid의 단용보다는 다른 물질과 혼용의 경우에 낮은 결과는 사과, 배, 복숭아 등에서의 결과와 유사하였다(21-23). 한편, 일반적으로 저농도 산소 환경을 효소적 갈변을 억제하는 것으로 알려져 있으나(8) 신선절단 딸기에서 무처리구, ascorbic acid와 citric acid 처리구의 경우 앞서 언급한 바와 같이 포장 내 산소농도가 다른 처리구보다 다소 낮았음에도 불구하고 오히려 갈변도가 보다 높게 나타난 것은 산소농도가 효소적 갈변반응에 영향을 미칠 수 있는 수준까지는 낮아지지 못했기 때문으로 여겨진다. 이상의 결과로 볼 때, 신선절단 딸기의 갈변을 억제하기 위한 방법으로 ascorbic acid, citric acid, sodium chloride, magnesium chloride의 단용보다는 혼용하는 것이 더욱 효과적인 것으로 확인되었다.

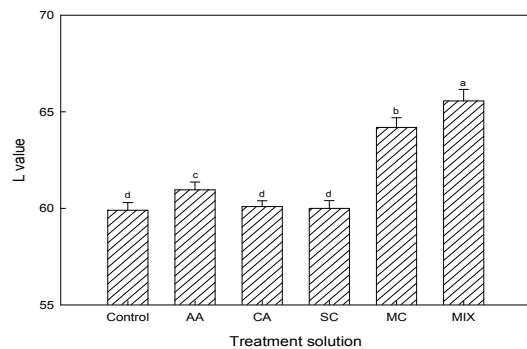


Fig. 2. Browning index of fresh-cut strawberry packaged in 60 µm LDPE bags for 24 hours at 4°C.

Means±SD (n=3) with same letter above a bar are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05). Control, AA, CA, SC, MC, Mix are same as Fig. 1.

신선절단 딸기의 과육경도

각종 갈변억제제를 처리한 신선절단 딸기를 밀봉 포장하고 4°C에서 24시간 보관한 후 조직연화의 척도로 과육경도를 측정한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 신선절단 딸기의 과육경도는 처리 전에는 10.5 kg/cm²이었는데 처리 후에는 처리제의 종류에 따라 다른 수준을 보였다. 즉, 과육경도가 혼합물 처리구에서 유의적으로 가장 높은 10.0 kg/cm²를, 그 다음으로 sodium chloride 처리구와 magnesium chloride

처리구가 상호 유의적인 차이가 없이 평균 7.4 kg/cm^2 를, 그리고 ascorbic acid 처리구, citric acid 처리구 및 무처리구가 상호 유의적인 차이가 없이 평균 5.7 kg/cm^2 를 각각 나타내었다. 이로써 신선절단 딸기의 과육경도 유지에 ascorbic acid, citric acid, sodium chloride, magnesium chloride의 동량 혼합물이 효과적인 것으로 확인되었다. 일반적으로 과육경도의 저하는 에틸렌의 작용에 의해 활성화된 효소들에 의해 세포벽 구성성분의 저분자화에 따른 결과이며(24,25), 신선절단 처리는 에틸렌의 생합성을 더욱 촉진하는 것으로 알려져 있으나(4,5), 신선 절단 딸기의 경우 이에 대한 추가 연구가 필요한 것으로 여겨진다.

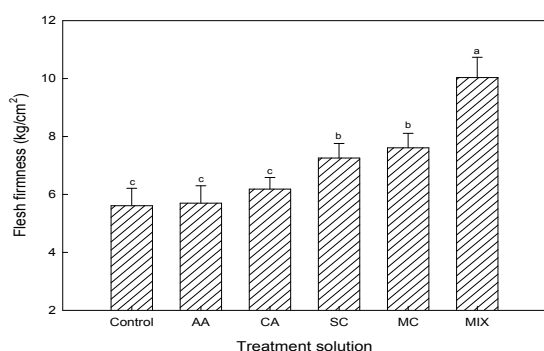


Fig. 3. Flesh firmness of fresh-cut strawberry packaged in $60 \mu\text{m}$ LDPE bags for 24 hours at 4°C .

Means \pm SD ($n=3$) with same letter above a bar are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$). Control, AA, CA, SC, MC, Mix are same as Fig. 1.

신선절단 딸기의 가용성 고형분 함량 및 pH

각종 갈변억제제를 처리한 신선절단 딸기를 밀봉 포장하고 4°C 에서 24시간 보관한 후 가용성 고형분 함량과 pH를 측정된 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 신선절단 딸기의 가용성 고형분 함량은 처리 전에 10.0°Brix 를 나타내었으나 처리 후 조건별 유의성을 보이지 않고 약간 감소하여 $9.2\text{-}9.6^\circ\text{Brix}$ 범위를 나타내었다. 한편, 딸기의 가용성 고형분을 구성하는 주요 유리당은 fructose와 glucose이며 이는 저장 중 다소 감소하는 것으로 알려져 있다(1). 신선절단 딸기의 pH는 처리 전에 3.9이었으나 처리 후에는 큰 변동과 처리조건에 따른 유의적인 차이를 보이지 않고 약 3.7 정도를 보였다. 따라서 신선절단 딸기의 가용성 고형분 함량과 pH의 변화에 ascorbic acid, citric acid, sodium chloride, magnesium chloride의 단용 및 혼용 처리는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

이상의 모든 결과를 종합해 보면, 신선절단 딸기 제조 시 1% 농도의 ascorbic acid, citric acid, sodium chloride, magnesium chloride의 단용 처리의 경우는 sodium chloride와 magnesium chloride가 호흡과 연화 억제효과를, magnesium chloride가 갈변 억제효과를 나타내었지만, 이보

다는 혼용(ascorbic acid, citric acid, sodium chloride, magnesium chloride의 동량 혼합물) 처리가 호흡, 갈변 및 연화를 더욱 억제하는 효과를 가지는 것으로 확인되었으며 신선절단 딸기의 품질유지에 유용할 것으로 여겨진다.

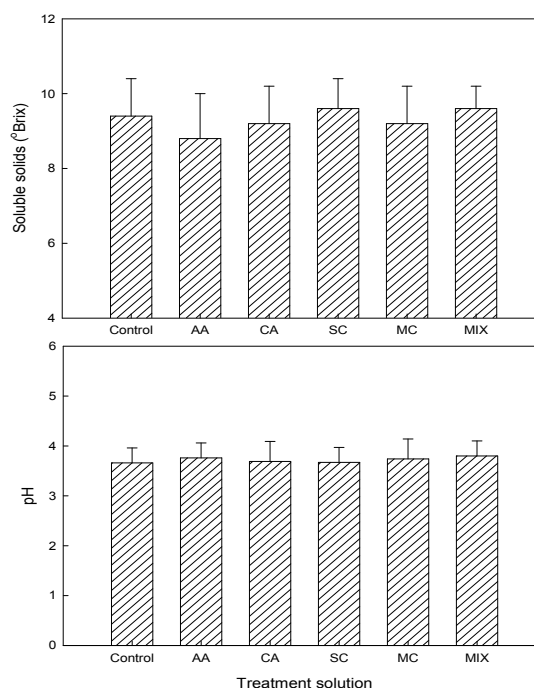


Fig. 4. Soluble solids and pH of fresh-cut strawberry packaged in $60 \mu\text{m}$ LDPE bags for 24 hours at 4°C .

Values are means (\pm SD) of triplicate determinations. Control, AA, CA, SC, MC, Mix are same as Fig. 1.

요 약

신선절단 딸기의 품질유지에 유효한 갈변억제제의 사용 조건을 규명하기 위하여, 원형 딸기를 절단하고 1% 농도의 ascorbic acid, citric acid, sodium chloride, magnesium chloride의 단용 또는 혼용 처리, 포장 및 보관 후 품질 특성을 조사하였다. 포장 내부의 산소와 이산화탄소 농도는 혼용 처리구에서 유의적으로 가장 높고 낮은 수준을 보였다. 갈변도는 혼용 처리구에서 가장 낮았으며, 다음으로 magnesium chloride 단용 처리구에서 낮은 수준을 나타내었다. 과육경도의 감소는 sodium chloride나 magnesium chloride 단용 처리구에서 다소 억제됨을 보였으나 혼용 처리구에서 보다 더 억제되었다. 가용성 고형분 함량과 pH는 갈변억제제 처리의 영향을 나타내지 않았다. 이로써, ascorbic acid, citric acid, sodium chloride, magnesium chloride의 혼용 처리는 신선절단 딸기의 갈변과 연화 억제를 통한 품질유지에 효과적인 방법인 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Kim JK, Moon KD, Sohn TH (1993) Effect of PE film thickness on MA storage of strawberry. *J Korean Soc Food Nutr*, 22, 78-84
2. Cordenunsi BR, Genovese MI, Nascimento JRO, Hassimotto NMA, Santos RJ, Lajolo FM (2006) Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chem*, 91, 113-121
3. Cantwell M (1992) Minimally processed fruits and vegetables. In *Postharvest technology of horticultural crops*. Kader A(Editor), Univ California, USA, Publ 3311, p 277-281
4. Watada AE, Abe K, Yamauchi N (1990) Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technol*, 44, 116-122
5. Toivonen PMA, Brummell DA (2008) Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharv Biol Technol*, 48, 1-14
6. Brecht JK (1995) Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *Hortsci*, 30, 18-22
7. Tomas-Barberan FA, Espin JC (2001) Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *J Sci Food Agric*, 81, 853-876
8. Soliva-Fortuny RC, Martín-Belloso O (2003) New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci Technol*, 14, 341-353
9. Rico D, Martín-Diana AB, Barat JM, Barry-Ryan C (2007) Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends Food Sci Technol*, 18, 373-386
10. Oms-Oliu G, Rojas-Grau MA, Gonzalez LA, Varela P, Soliva-Fortuny R, Hernando MIHH, Munuera IP, Fiszman S, Martín-Belloso O (2010) Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: a review. *Postharv Biol Technol*, 57, 139-148
11. Aguayo E, Jansasithorn R, Kader AA (2006) Combined effects of 1-methylcyclopropene, calcium chloride dip, and/or atmospheric modification on quality changes in fresh-cut strawberries. *Postharv Biol Technol*, 40, 269-278
12. Campaniello D, Bevilacqua A, Sinigaglia M, Corbo MR (2008) Chitosan: antimicrobial activity and potential applications for preserving minimally processed strawberries. *Food Microbiol*, 25, 992-1000
13. Odriozola-Serrano I, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O (2010) Changes in bioactive composition of fresh-cut strawberries stored under superatmospheric oxygen, low-oxygen or passive atmospheres. *J Food Compos Anal*, 23, 37-43
14. Son SM, Moon KD, Lee CY (2001) Inhibitory effects of various anti-browning agents on apple slices. *Food Chem*, 73, 23-30
15. Exama A, Arul J, Lencki RW, Lee LZ, Toupin (1993) Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *J Food Sci*, 58, 1365-1370
16. Hwang TY, Jang JH, Moon KD (2009) Quality changes in fresh-cut potato (*Solanum tuberosum* var. Romano) after low-temperature blanching and treatment with anti-browning agents. *Korean J Food Preserv*, 16, 499-505
17. Lee JS, Park YJ, Hwang TY, Kim IH, Kim SI, Moon KD (2003) Quality characteristics of minimally processed sweet-pumpkin during storage. *Korean J Food Preserv*, 10, 6-10
18. Hsu AF, Shieh JJ, Bill DD, White K (1988) Inhibition of mushroom polyphenoloxidase by ascorbic acid derivatives. *J Food Sci*, 53, 765-771
19. Richard F, Goupy PM, Nicolas JJ, Lacombe JM, Pavia AA (1991) Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 1. Isolation and characterization of addition compounds formed during oxidation of phenolics by apple polyphenol oxidase. *J Agric Food Chem*, 39, 841-847
20. Janovitz-Klapp AH, Richard FC, Goupy PM, Nicolas JJ (1990) Inhibition studies on apple polyphenol oxidase. *J Agric Food Chem*, 38, 926-931
21. Pizzocaro F, Torregiani D, Gilardi G (1993) Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *J Food Process Preserv*, 17, 21-30
22. Dong X, Wrolstad RE, Sugar D (2000) Extending shelf life of fresh-cut pears. *J Food Sci*, 65, 181-186
23. Gorny JR, Hess-Pierce B, Kader AA (1999) Quality changes in fresh-cut peach and nectarine slices as affected by cultivar, storage atmosphere and chemical treatments. *J Food Sci*, 64, 429-432
24. Fisher RB, Bennett AB (1991) Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. *Ann Rev Plant Mol Biol*, 42, 675-703
25. Lieberman M (1979) Biosynthesis and action of ethylene. *Ann Rev Plant Physiol*, 30, 533-536