

Effects of Combined Treatment with High CO₂ Concentration and Ascorbic acid on Browning of Fresh-cut 'Fuji' Apples

Sun-Young Kim¹, Jung-Seok Cho¹, Moon-Cheol Jeong², Kwang-Deog Moon^{1,3*}

¹Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

²Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

³Food and Bio-Industry Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

고농도 CO₂와 Ascorbic acid 처리가 신선절단 사과의 갈변에 미치는 영향

김선영¹ · 조정석¹ · 정문철² · 문광덕^{1,3*}

¹경북대학교 식품공학부

²한국식품연구원

³경북대학교 식품생물산업연구소

Abstract

This papers were studies the effects of high CO₂ concentration pretreatment and ascorbic acid on the browning of fresh-cut apples. The prepared samples were dipped in 1% (w/v) ascorbic acid solution (AA). Fresh-cut apples (3 pieces) were packed in polypropylene bags (0.03 mm, 20×15 cm), and stored at 10°C for 16 days. AA-treated samples showed higher L value than those of non-treated and control (dipped in water without CO₂ pretreatment), while non-treated samples showed higher hardness than AA-treated sample. Total soluble solids, pH, titratable acidity were not affected by high CO₂ pretreatment and AA treatment. These result shows high CO₂ concentration pretreatment with dipping in 1% ascorbic acid solution (AA) has an effects on controlling enzymatic browning during the storage of fresh-cut 'Fuji' apples.

Key words : high CO₂ concentration, ascorbic acid, enzymatic browning, fresh-cut apple

서 론

사과는 세계 3대 과실로서 국내에서도 연간 40만톤 이상의 생산량을 유지하고 있으며, 그 중 약 80%가 'Fuji' 품종이다. 최근 소비자의 소득수준이 향상되고 과실 및 채소류 섭취가 건강지향적인 삶에 긍정적인 식습관으로 인식되는 방향으로의 식생활 양식 변화와 함께 단체급식 및 외식산업의 발달로 최소가공 처리한 신선편이 과실 및 채소류에 대한 요구가 지속적으로 증가하고 있다(1).

최소가공이란 과실과 채소류의 소비 편의를 위해 세척, 절단, 이화학적 처리 및 포장 등의 처리를 통해 가능한 한 신선한 품질 그대로를 제공할 수 있는 가공기술이다(2). 그러나 신선편이 과실 및 채소류는 에틸렌 생성과 호흡량 증가, 효소적 갈변, 미생물 번식 등이 빠르게 유발되어 품질

이 저하되는 단점이 있어, shelf-life 연장을 위한 적절한 기술이 요구된다(3-5). 갈변을 억제하기 위한 화학적 처리로는 ascorbic acid가 대표적인데, 이는 사과, 배, 양상추 등과 같은 다양한 신선편이 제품의 가공에 널리 이용되고 있다(6). 그러나 최근에는 화학적 처리와 함께 코팅, 초음파 처리 등 물리적 처리에 의한 갈변 억제에 관련한 연구(7,8)가 일부 수행되고 있으나 아직 과일 및 채소의 종류에 따른 구체적인 물리적 처리법에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 고농도 이산화탄소 처리법은 기체 조성을 변화시켜 호흡률 억제, 에틸렌 발생 감소를 통해 노화나 성숙 속도를 늦춰 품질변화를 감소시키는 방법이다(9).

본 연구에서는 신선절단 사과의 갈변을 막기 위한 물리적 처리법을 탐색하고자 90% 이상 고농도의 이산화탄소와 ascorbic acid 용액 침지 그리고 이 두 가지를 병용 처리하는 방법이 신선절단 사과 제품의 저장 중 품질에 미치는 영향을 검토하였기에 이에 보고하고자 한다.

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

재료 및 방법

실험재료

실험에 사용한 사과는 ‘후지’(Fuji) 품종으로 2010년에 경북 청송군에서 생산된 ‘하이크린’ 사과를 구입하여 4℃ 냉장고에서 저장한 후 구입 다음날 실험 시료로 사용하였다.

신선편이 사과 제조

사과의 중량이 230 g 내외이며 외관이 건전한 것을 선택하여 세척한 후 물기를 제거하고 자체 제작한 CO₂ 처리용 밀폐용기(15 × 26 × 20 cm)에 넣고 90% 농도의 CO₂를 주입하고 상온에서 12시간 처리하였고, CO₂ 무처리구의 경우에는 세척 후 상온에 12시간 저장하였다. 각 CO₂ 처리 후 원형 과실을 슬라이서를 이용하여 8조각으로 절단 후 ascorbic acid 처리를 하였다. 즉 CO₂ 처리한 사과로 만든 절편의 경우는 증류수에 1분 동안 침지(CO₂ 단일처리구, CO₂) 하거나, 1% ascorbic acid 용액에 1분 동안 침지(CO₂와 ascorbic acid 병용처리구, CO₂+AA) 하였고, CO₂ 무처리한 사과로 만든 절편은 1% ascorbic acid에 1분 동안 침지(ascorbic acid 단일처리구, AA) 하거나, 증류수에 1분 동안 침지(대조구) 처리를 하였다. 각 조건에서 처리한 사과 절편 3조각씩 0.03 mm 두께의 polypropylene bag (20×15 cm)에 넣어서 열접착 밀봉 포장 후 10℃에서 저장하면서 16일 동안 품질 변화를 측정하였다(10,11).

포장 내 가스 분석

포장 내부 O₂와 CO₂의 농도는 DualTrak oxygen/carbon dioxide analyzer (Medel 902D, Quantec Instruments Northboro, MA, USA)를 사용하여 측정하였다.

갈변도 측정

저장 중 사과의 색도는 사과 조각의 절단면을 colorimeter (Model CR-200, Minolta, Japan)를 이용하여 L* 값을 측정하였다.

가용성 고형분 함량 및 pH 측정

가용성 고형분 함량과 pH는 시료와 증류수를 1:1로 혼합하여 1분 동안 마쇄 후 그 여과액을 굴절당도계(Master-a, Atago Co, Tokyo, Japan)와 pH meter (Delta 320, Mettler-Toledo Inc, Shanghai, China)를 이용하여 측정하였다(12).

조직 경도의 측정

신선절단 사과 조각을 1 cm 높이로 잘라 rheometer (Compac-100II, Sun Scientific Co, Tokyo, Japan)를 이용하여 경도를 측정하였다. 진입(인장)거리 mode 20으로 설정하여 진입 깊이 10 mm, 최대 하중 10 kg, 헤드 스피드 30 mm/min, adaptor는 No.5 Φ 2 mm를 사용하였다.

총균수 측정

총균수 측정은 시료 10 g에 0.1% peptone (Difco, Detroit, USA) 90 mL 를 가하고 1분 동안 강하게 진탕 후 그 액을 0.1 mL 취하고, PCA (Plate Counter Agar, Difco)배지에 도말하고 30℃에서 2일 동안 배양하였다. 배양 후 계수하고 log cfu/g 단위로 나타내었다.

통계처리

실험결과는 L값의 경우 30번 반복하였고, 그 외 모든 결과는 3회 반복실험의 평균±표준편차로 나타내었고, SAS software (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)를 이용하여 분산분석과 Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$)를 실시하였다.

결과 및 고찰

포장 내 가스 변화

고농도의 CO₂와 1% ascorbic acid의 단용 및 병용 처리에 따른 신선절단사과의 저장 중 포장 내 기체 조성변화는 Fig. 1과 같다. 전반적으로 포장 내 산소농도는 저장기간이

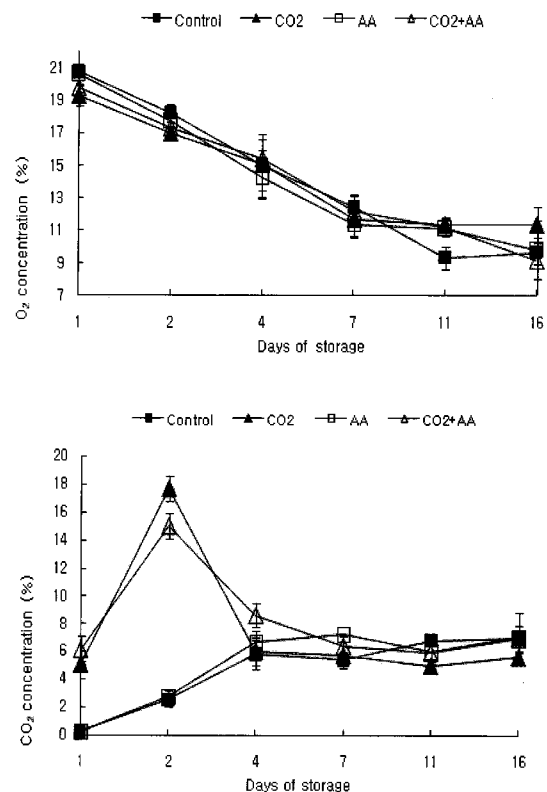


Fig. 1. Changes of oxygen and carbon dioxide concentrations in the packaging during storage at 10℃.

Means±SD(n=3) with same letter above a bar are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

길어질수록 감소하는 경향을 보였으나 처리방법에 따른 큰 차이는 없었다. 포장 내 이산화탄소 농도는 처리 방법에 따라 저장 초기인 4일까지는 실험구에 따른 유의적인 차이를 나타내었다. 이산화탄소의 농도는 CO₂ 단일 혹은 CO₂와 ascorbic acid 병용처리구에서 저장 초기인 2일째 15.03%와 17.65%를 각각 나타내었다가 이내 감소하여 저장 4일차 이후부터는 대조구나 ascorbic acid 단일처리구와 유사한 농도를 나타내었다. 이러한 CO₂ 처리구에서 포장 내 이산화탄소의 농도 증가(13)는 처리 중 조직 내 축적된 CO₂의 방출이 하나의 원인이 아닐까 사료된다.

가용성 고형분 및 pH의 변화

고농도의 CO₂ 가스와 1% ascorbic acid 용액 및 병용 처리에 따른 신선절단 사과의 저장 중 가용성 고형분과 pH의 변화를 비교한 결과는 각각 Fig. 2 및 Fig. 3과 같다. 실험에 사용된 사과는 수확 후 상당기간 저장기간이 경과한

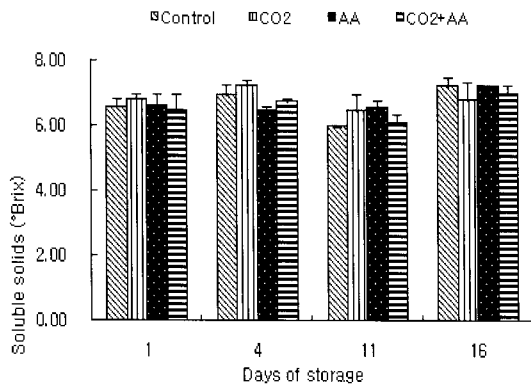


Fig. 2. Changes in soluble solids of apple slices in relation to CO₂ pre-cut and ascorbic acid post-cut treatments during storage at 10°C.

Means±SD(n=3) with same letter above a bar are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

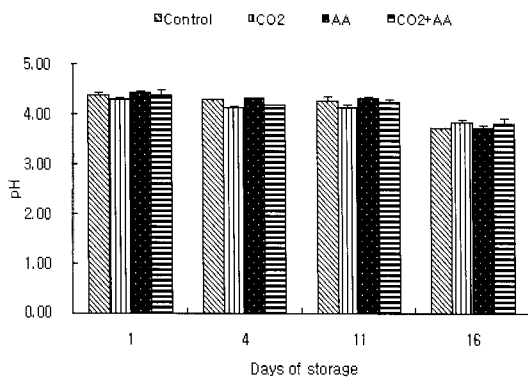


Fig. 3. Changes in pH of apple slices in relation to CO₂ pre-cut and ascorbic acid post-cut treatments during storage at 10°C.

Means±SD(n=3) with same letter above a bar are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

후의 시료여서 가용성 고형분이 6-7 °Brix로 상대적으로 낮았다. 신선절단 처리 후 저장기간이 경과함에 따라 가용성 고형분의 함량은 다소 증가하는 경향을 보였다. 처리구에 따라서는 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 대조구와 CO₂ 단일처리구가 ascorbic acid 및 병용처리구보다 조금 더 높은 가용성 고형분 함량을 나타내었다. pH는 저장기간이 지남에 따른 큰 변화가 없다가 저장 16일차에 급격히 감소하였다. 이러한 결과는 물리화학적 손상, 장기간의 저장 등으로 인해 조직 내 성분이 분해 및 유리되어 품질 열화를 유발하는 것으로 생각된다(13). CO₂ 단일 처리구가 다른 처리구에 비해 낮은 pH 값을 나타내었으나 그 차이는 크지 않았다.

갈변도의 변화

일반적으로 제품의 색은 선호도를 판단하는 가장 기본적인 품질요소가 되므로 신선절단 사과의 색도 변화는 매우 중요하다(11). 고농도 CO₂와 ascorbic acid를 처리한 신선절단 사과의 저장 중 갈변도를 나타내는 L*값의 변화는 Fig. 4와 같다. 신선 절단 사과의 저장 중 L*값 변화 정도는 CO₂와 ascorbic acid 병용 처리구가 가장 변화율이 낮은 것을 확인할 수 있었다. L*값의 감소는 사과의 절단면에 갈변이 진행됨을 의미하는데(14,15), 대조구와 ascorbic acid 단일처리구는 저장기간이 길어짐에 따라 점차적으로 감소하였다. 천연 항갈변제로 널리 사용되고 있는 ascorbic acid는 여러 연구에서 사과의 갈변을 억제하는 데 효과를 나타내었다(16,17). CO₂ 단일처리구는 저장기간이 경과하여도 다른 처리구에 비하여 높은 L*값을 유지하여 고농도 CO₂의 처리는 신선절단 사과의 갈변을 억제하는 효과가 있음을 알 수 있었다. L*값의 변화에 따른 처리구별 효과는 CO₂와 ascorbic acid 병용 처리가 갈변 저해에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 생각된다.

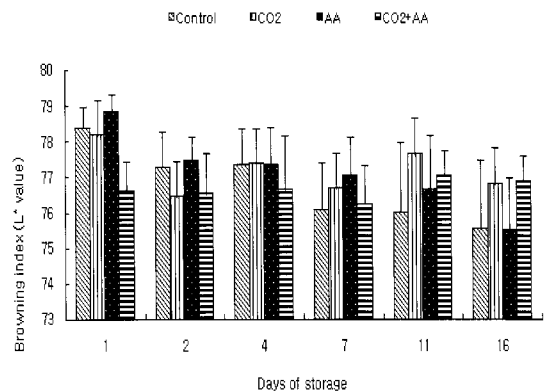


Fig. 4. Changes in browning index of apple slices in relation to CO₂ pre-cut and ascorbic acid postcut treatments during storage at 10°C.

Means (n=30) with different letters are significantly different at 5% level.

조직 경도의 변화

고농도의 CO₂와 1% ascorbic acid 용액 및 병용 처리에 따른 신선절단 사과 저장 중 조직 경도의 변화는 Fig. 5와 같다. 고농도 CO₂와 ascorbic acid 병용 처리구에서 저장 초기부터 가장 높은 경도값을 나타내었고, 저장기간이 길어질수록 점점 감소하였으나 저장 16일차에도 가장 높은 값을 보였다. 과일 연화의 주요 원인은 펙틴 물질의 가용화, 세포벽 성분들의 변화 등으로, 이는 polygalacturonase, β-galactosidase, pectinesterase 및 cellulase 효소의 작용에 의해 유발된다(18). 산소의 농도가 이들 효소의 활성화에 영향을 미치기 때문에, 산소의 농도와 과일의 저장 온도가 낮을수록, 저장 CO₂ 농도가 높을수록 높은 경도 유지율을 나타내는 것으로 알려져 있다(18,19).

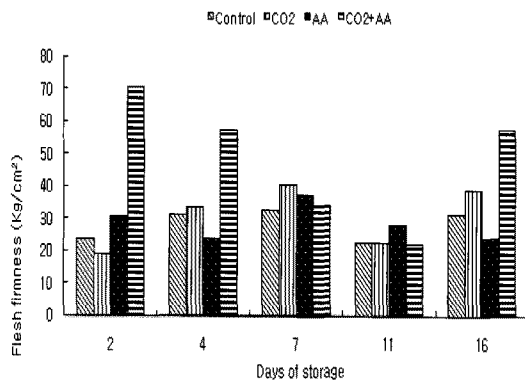


Fig. 5. Changes in flesh firmness of apple slices in relation to CO₂ precut and ascorbic acid postcut treatments during storage at 10°C. Means±SD(n=3) with same letter above a bar are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

총균수

고농도의 CO₂와 1% ascorbic acid 용액 및 병용 처리에 따른 신선절단 사과의 저장 중 총균수의 변화를 Fig. 6에 나타내었으며, Fig. 7은 저장 16일째 처리구별 신선절단 사과의 표면을 촬영한 것을 보여준다. 일반적으로 신선절단 가공 시 절단 처리 후 표면에 묻어 있던 미생물이 과육 부위로 옮겨지면서 식물 세포조직의 체액을 영양분으로 활용하여 급격히 증식함으로써 미생물에 의한 부패가 촉진될 수 있다(20). 또한 이들 미생물의 번식은 갈색반점의 생성 등 2차 갈변(secondary browning)으로 이어질 수 있다. 2차 갈변은 미생물이 생성하는 tyrosinase의 작용을 원인으로 하여, 저장 1-3주 사이에 발생하고 제품의 유통 환경에 따라 달라질 수 있다고 한다(21). 따라서 이를 예방하기 위한 세척 등의 전처리 공정이 꼭 필요하다. 실험 결과, 저장 1일차에는 ascorbic acid 단일처리구가 2.49 log CFU/g로 가장 높은 값을 나타내었고 CO₂ 단일처리구가 1.59 log CFU/g로 가장 낮은 값을 나타내었다. 같은 시기 대조구는 2.17 log CFU/g 수준을 보였다. 저장기간이 길어짐에 따라

대체로 증가하는 경향을 보였으나 저장 4일차 이후 급격히 증가하는 것을 확인하였다. 대조구와 비교하였을 때 CO₂ 단일처리구가 가장 낮은 총균수를 나타내는 것은 포장 내부에 형성된 낮은 산소와 높은 이산화탄소 조건의 영향이라고 생각된다.

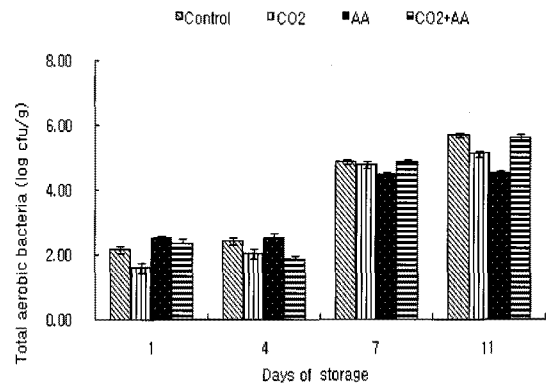


Fig. 6. Changes in total aerobic bacteria of apple slices in relation to CO₂ precut and ascorbic acid postcut treatments during storage at 10°C.

Means±SD(n=3) with same letter above a bar are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

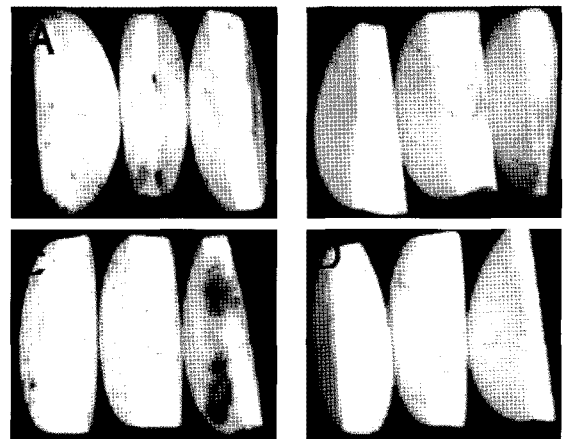


Fig. 7. Photographs of apple slices stored for 16 days at 10°C after CO₂ precut and ascorbic acid postcut treatments.

A: control, B: 90% CO₂, C: 1% ascorbic acid, D: 90% CO₂ + 1% ascorbic acid.

요 약

신선절단 ‘후지’ 사과의 고품질 유지를 위한 방법을 개발하기 위하여, 고농도 CO₂와 ascorbic acid 처리가 저장 중 품질변화에 미치는 영향을 조사하였다. 아무것도 처리하지 않은 사과(대조구)와 고농도 CO₂를 처리한 사과를 8조각으로 절단하여(CO₂ 단일처리구) 1% ascorbic acid에 1분 동안 침지(CO₂와 ascorbic acid 병용처리구), CO₂ 처리 없이 ascorbic acid에 침지(ascorbic acid 단일처리구)를 0.03 mm

polypropylene 필름에 밀봉 포장하여 10℃에 저장하면서 품질 특성의 변화를 측정하였다.

CO₂ 단일처리구와 CO₂와 ascorbic acid 병용 처리구에서 갈변도의 변화율이 가장 낮았다. CO₂를 처리하지 않은 구는 저장기간이 길어짐에 따라 조직이 무르거나 갈색반점이 발생하는데 반해 CO₂ 처리구에서는 관찰되지 않았다. 가용성 고형분 함량이나 pH, 포장 내 기체 조성 등에서는 처리구별 유의적인 차이가 없었으며 총균수는 CO₂ 단일 처리구가 대조구에 비해 총균수가 적은 것으로 나타났으나 저장 7일 차부터 모든 처리구에서 급격히 증가하였다. 따라서 고폭도 CO₂ 처리는 단일처리거나 ascorbic acid와의 병용처리는 신선절단 사과와 갈변과 연화 저해에 효과가 있음이 확인되었다.

감사의 글

본 논문은 2010년 농림수산식품부 농림기술개발사업의 연구비 지원으로 이루어진 결과이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Chung HS, Toivonen PMA, Moon KD (2008) Effect of modified atmosphere packaging in microperforated film on maintenance of the quality of fresh-cut apples. *Korean J Food Preserv*, 15, 347-351
2. Ohlsson T (1994) Minimal Processing preservation methods of the future, an overview. *Trends Food Sci Tech*, 5, 341-344
3. Watada AE, Abe K, Yamauchi N (1990) Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technol*, 44, 116-122
4. Brecht JK (1995) Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortSci*, 30, 18-21
5. Soliva-Fortuny RC, Martin-Belloso O (2003) New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci Technol*, 14, 341-353
6. Chung HS, Chung SK, Choi JU (1999) Low oxygen CA storage of 'Fuji' apples. *Korean J Food Sci Technol*, 31, 1275-1282
7. Rico D, Martin-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
8. Jang JH, Moon KD (2011) Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. *Food Chem*, 124, 444-449
9. Jeong CS, Park JN, Kyoung JH (2006) Effect of high CO₂ short-term treatment on the respiration characteristics and quality of broccoli. *Kor J Hort Sci Technol*, 24, 447-451
10. Ahvenainen R (1996) New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Sci Tech*, 7, 179-186
11. Gil MI, Gorny JR, Karder AA (1998) Responses of 'Fuji' apple slices to ascorbic acid treatments and low-oxygen atmospheres. *Hortscience*, 33, 205-209
12. Hwang TY, Son SM, Lee CY, Moon KD (2001) Quality changes of fresh-cut packaged fuji apples during storage. *Korean J Food Sci Technol*, 33, 469-473
13. 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
14. Mondy JJ, Munshi CB (1993) Effect of maturity and storage on ascorbic acid and tyrosine concentrations and enzymatic discoloration of potatoes. *J Agric Food Chem*, 41, 1868-1871
15. Monsalve-gonzalez A, Barbosa-canvas GV, Cavalieri RP, Mcevely AJ, luengar R (1993) Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods. 4-Hexylresorcinol as anti-browning agent. *J Food Sci*, 58, 797-800
16. Rojas-Graü MA, Sobrino-López A, Tapia MS, Martin-Belloso O (2006) Browning inhibition in fresh-cut 'Fuji' apple slices by natural antibrowning agents. *J Food Sci*, 71, 59-65
17. Sapers GM, Hicks KB, Phillips JG, Garzarella L, Pondish DI, Matulaitis RM, McCormack TJ, Sondey SM, Seib PA, Ei-Atawy YS (1989) Control of enzymatic browning in apple with ascorbic acid derivatives, polyphenol oxidase inhibitors, and complexing agents. *J Food Sci*, 54, 997-1012
18. Wallner SJ (1978) Apple fruit β -galactosidase and softening in storage. *J Amer Soc Hort Sci*. 103, 364-366
19. Wu Q, Szakacs-Dobozi M, Hemmat M, Hrazdina G (1993) Endopolygalacturo nases in apple (*Malus domestica*) and its expression during fruit ripening. *Plant Physiol*. 102, 219-225
20. Hong SI, Son SM, Chung MS, Kim DM (2003) Storage quality of minimally processed onions as affected by

seal-packaging methods. Korean J Food Sci Technol, 35, 1110-1116

21. Toivonen PMA (2006) Fresh-cut apples: challenges and

opportunities for multi-disciplinary research. Canadian J Plant Sci, 86, 1361-1368

(접수 2011년 2월 28일 수정 2011년 7월 5일 채택 2011년 7월 8일)