

CA저장 사과를 이용한 Fresh-cut Apple의 제조 및 MAP저장

정현식 · 문광덕* · 최종욱*

경북대학교 농산물가공저장유통기술연구소, *경북대학교 식품공학과

Processing and MAP(modified atmosphere packaging) Storage of Fresh-cut Apples using CA Stored Apples

Hun-Sik Chung, Kwang-Deog Moon* and Jong-Uck Choi*

Postharvest Technology Research Institute, Kyungpook National University

*Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University

Abstract

To develop and extend the shelf-life of vitamin C enriched fresh-cut apples using CA stored Fuji apples, dipping in 10% L-ascorbic acid and packaging with 0.03 mm LDPE, 0.04 mm PP and 0.08 mm Nylon/PE film(N_2 displacement) were carried out. The changes of gas concentrations in the packaging and quality attributes of fresh-cut apples were examined during storage at 10°C. The concentrations of O₂ was maintained lower in Nylon/PE film than the other film, the level of O₂ was in the range of 1~3%. The increase of C₂H₄ concentrations in Nylon/PE film bag was more suppressed than the others. The vitamin C content of fresh-cut apples was enriched by dipping in L-ascorbic acid solution up to 241 mg · 100 g⁻¹ f.w., and the loss of that content was retarded differently by the package conditions of lower O₂ level during storage. Browning in fresh-cut apples was shown after 6 days of storage in LDPE and PP film, but it was not shown by 14 days of storage in Nylon/PE film. Spoilage and off odor in fresh-cut apples were not detected up to 14 days of storage in Nylon/PE film. The results indicated that the vitamin C enriched fresh-cut apples can be processed from the long-term CA stored apples, and maintaining high quality of the products will be possible in cases of the application of sealing packaging after O₂ removal with film having low O₂ permeability.

Key words : apple, fresh-cut, storage, vitamin C, browning

서 론

사과는 비교적 강한 저장성과 건강 식품이라는 인식 등으로 인해 소비자들의 기호도가 상당히 높은 과실이며 주로 생과 형태로 소비되고 있어 생과실을 고품질로 장기간 유지시킬 수 있는 고단가의 저장기술들이 사용되고 있다. 그러나 근래에 들어 국내 감

귤류 생산량의 증가와 시설재배기술의 발달 및 농산물 수입자유화에 따른 대체 과실들의 등장으로 사과의 소비량이 감소하면서 생산량도 점차 감소하고 있는 실정이다(1). 이처럼 사과가 경쟁에서 열세인 것은 대체 과실류에 비해 껍질제거의 번거러움과 큰 과실을 한번에 다 먹어야 한다는 부담감, 그리고 상대적으로 낮은 영양성분함량(2) 등이 크게 작용하는 것으로 분석된다. 따라서 이러한 사과가 지난 단점들의 보완과 장기간 CA 저장한 사과의 고부가가치화를 위한 한 방법으로 사과 본래의 특성을 최대한 가지게 하면서 편의성과 영양성분을 강화할 수 있는 신선

Corresponding author : Jong-Uck Choi, Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University, 1370 Sankuk-dong, Puk-gu, Taegu 702-701, Korea

절단 가공법(fresh-cut processing)의 도입이 가능하다고 할 수 있다.

과실과 채소류를 절단하게 되면 원형에 비해 조직의 손상에 따른 에틸렌 생성과 호흡량이 급증하게 되고, 산화에 의해 육질이 갈변되며, 미생물이 쉽게 번식되어 식품적 가치가 급속히 떨어지게 된다(3,4). 이와 같은 절단 과실과 채소류의 품질저하와 관련이 있는 현상들을 억제시키기 위하여 절단 과실과 채소류에 살균제, 환원제 및 퀼레이트제 등의 화학 물질을 직접 처리하거나 가식성 필름에 의한 코팅처리 및 주변 환경의 온도, 습도, 산소, 이산화탄소, 에틸렌 및 일산화탄소 농도 등을 조절하는 MAP(modified atmosphere packaging) 저장기술이 사용되고 있다(5,6). 그러나 이러한 기술들은 품목, 품종 및 성숙도 등과 같은 여러 가지 요인들에 따라 각각 상이한 반응을 나타내기 때문에 적용에 앞서 구체적인 검토가 선행되어야 한다.

지금까지 다양한 신선 절단 과실과 채소류의 품질 유지에 관한 연구가 보고되었다(7-11). 그러나 신선 절단 사과에 대한 것은 품종별 가공 특성 비교(12), 열처리의 효과(13), 가식성 코팅처리의 효과(14), 갈변 억제제 처리의 효과(15,16) 정도에 불과하며 장기간 CA 저장한 사과에 대한 연구 및 영양강화와 동시에 유통기한 연장에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 CA 저장한 후지 사과로 영양성분이 강화된 신선 절단 사과의 제조와 품질유지기술을 개발하기 위한 방법의 일환으로 신선 절단 사과를 고농도 비타민 C로 처리하고 환경 기체조성비를 다르게 조성할 수 있는 포장 재료와 방법으로 포장하여 저장하면서 포장내 기체농도, 비타민 C 함량, 갈변도, 부패율 및 이취의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

신선 절단 사과의 제조

사과는 경북 안동 소재 과수원에서 수확하여 0°C의 1% O₂+1% CO₂ 조건에서 6개월 동안 CA 저장한 후지 품종을 사용하였다. 원형 사과를 100 ppm 염소액으로 세척한 후 송풍건조시킨 다음 8등분하고 과심을 제거하여 절단사과를 제조하였다. 이렇게 제조한 절단사과를 10% L-ascorbic acid 용액에 1분간 침지시킨 후 흡수지로 과잉의 과육표면 물기를 제거한 다음 포장 시료로 하였다.

포장 및 저장

절단사과(약 300g)를 플라스틱 용기(18 cm×15 cm)에 담아 각종 포장재(24 cm×16 cm)에 넣어 포장하였다. 이때 사용한 포장재와 포장방법은 0.03 mm LDPE(low density polyethylene)와 0.04 mm PP(polypropylene)는 초기 기체조성의 변경 없이 밀봉하였고, 0.08 mm Nylon/PE은 진공포장기(M-A1, Leepack, Korea)로 절소치환 후 밀봉하였다. 대조구는 플라스틱 용기에 담아 포장하지 않은 것을 사용하였다. 포장한 절단사과를 국내 청과물 상점의 전시 판매대에서 주로 사용하고 있는 온도가 8~12°C인 점을 고려하여 10°C에서 저장하였다. 이때 저장은 LDPE, PP 및 무포장구에서는 심한 부패가 발생하여 9일간만 실시하였고 Nylon/PE 포장구는 14일간 실시하였다.

포장 내부의 산소, 이산화탄소 및 에틸렌 농도 측정

포장 내부의 기체농도는 내부 기체 1 ml를 주사기로 취하여 GC(Donam-6200, Donam CO., Korea)를 사용하여 분석하였다. 이때 분석조건으로 컬럼은 CTR 1(Alltech, U.S.A.), 컬럼 온도는 35°C, 운반기체는 헬륨을 사용하였고, 검출기는 산소와 이산화탄소는 TCD, 에틸렌은 FID를 각각 사용하였다.

비타민 C 함량 측정

비타민 C 함량은 과육 일정량에 5% metaphosphoric acid 용액을 가하여 마쇄한 후 여과한 다음 일정량 취해 DNP(2,4-dinitrophenylhydrazine) 비색법으로 ascorbic acid와 dehydroascorbic acid의 함량을 각각 측정하였다.

갈변도 측정

갈변도는 포장조건당 10개의 절단사과를 취해 절단면을 chromameter(CR-200, Minolta Co., Japan)로 Hunter color인 L값을 측정하여 나타내었다.

부패율

부패율은 절단사과를 육안으로 검사하여 약간의 부패된 부분이 있는 것을 부패과로 취급하여 전체 조사 절단사과수에 대한 백분율로 나타내었다.

이취 검사

절단사과의 이취(off odor)는 관능검사원으로 10명을 선발하여 5점채점법(1=none, 3=readily detectable, 5=strong)으로 평가하였다. 평가결과는 분산분석과 Duncan's multiple range test로 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

포장내부의 산소, 이산화탄소 및 에틸렌 농도 변화

포장조건에 따른 저장 중 포장내부의 산소와 이산화탄소 농도 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 포장내의 산소농도는 LDPE 포장구와 PP 포장구에서는 저장 9일에 각각 약 7%와 4%까지 점차적인 감소를 하였다. 한편 저장 초기부터 산소농도를 낮추기 위하여 질소 치환 후 밀봉한 Nylon/PE 포장구의 산소농도는 저장 초기 3%에서 저장 4일에 약 1%까지 감소한 후 나머지 저장기간 동안 거의 변화를 보이지 않았다. 포장내의 이산화탄소농도는 모든 포장구에서 증가하는 경향이었는데 그 증가 속도는 Nylon/PE 포장구에서 가장 빨랐고 다음으로 PP, LDPE 포장구 순이었다. 즉 Nylon/PE 포장구에서는 저장 4일에, PP 포장구에서는 저장 6일에 1%까지 증가한 후 계속하여 증가하였으나 LDPE 포장구에서는 증가속도가 아주 느려 저장 9일에 0.6%의 농도에 도달하였다.

저장 중 포장 내부의 에틸렌농도 변화는 Fig. 2에 나타내었다. 에틸렌농도는 모든 포장구에서 저장 초기에 급속하게 증가하여 최고치에 도달한 후 감소하는 경향이었는데 그 증가속도는 PP, LDPE 그리고 Nylon/PE 순이었다. 즉 PP 포장구에서는 저장 2일 후에 200 ppm, LDPE 포장구에서는 저장 1일 후에 130 ppm까지 증가한 후 감소하였으나 Nylon/PE 포장구에서는 저장 3일 후에 100 ppm까지 증가한 후 약간만 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 저장 초기 에틸렌농도의 급격한 증가는 과육 조직의 손상에 기인된 에틸렌 생성량의 증가 때문으로 여겨진다(17). 한편 Nylon/PE 포장구에서 에틸렌농도가 다른 포장구에 비해 낮고 느리게 증가한 것은 원형사과의 경우 에틸렌 생성이 저장 환경의 낮은 산소농도에 의해 억제되는 것과 같이(18) 절단사과의 경우도 저장 초기부터 낮은 포장내 산소농도가 주원인으로 생각되고, 일단 최고치에 도달한 후 큰 변화를 나타내지 않은 것은 저장 중 더욱 낮아진 산소 농도에 따른 절단사과의 에틸렌 생성 완전억제와 기체 투과성이 없는 포장재의 특성 때문인 것으로 여겨진다. 그러나 포장내 산소와 이산화탄소 농도가 유사한 LDPE와 PP 포장구의 에틸렌농도가 PP 포장구에서 LDPE포장구 보다 더욱 높게 나타난 것은 포장내의 환경기체 조성보다는 두 포장재의 에틸렌 투과도 차이에 기인하는 것으로 여겨진다. 그러므로 신선절단 사과의 에틸렌 생성과 작용에 따른 급격한 육질연화를 억제하려면 산소농도를 낮추고 밀봉하는 방법이 효과적일 것으로 생각된다.

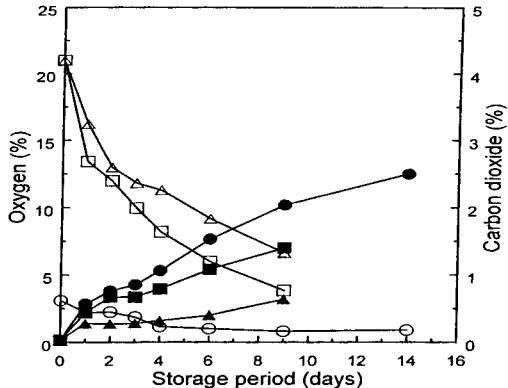


Fig. 1. Changes of oxygen and carbon dioxide concentrations in the packaging during storage at 10°C.
 ▲, ▲ : 0.03 mm LDPE, □, □ : 0.04 mm PP, ○, ● : 0.08 mm Nylon/PE(sealed with N₂ displacement). Open symbols : O₂, solid symbols : CO₂.

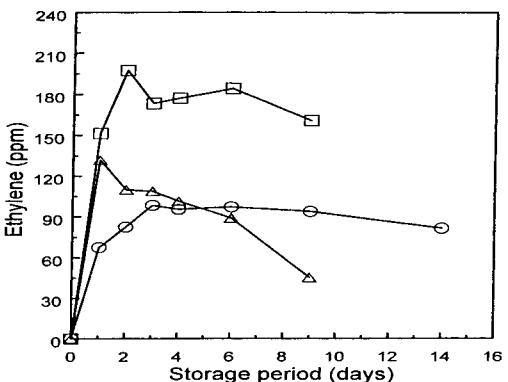


Fig. 2. Changes of ethylene concentrations in the packaging during storage at 10°C.
 ▲ : 0.03 mm LDPE, □ : 0.04 mm PP, ○ : 0.08 mm Nylon/PE(sealed with N₂ displacement).

비타민 C 함량의 변화

비타민 C는 생리적 활성을 지닌 물질이기 때문에 영양적인 측면에서 중요하게 인식되고 있으며 과실과 채소류의 신선절단가공에서는 갈변억제제로 저농도의 처리가 주로 사용되고 있다(6). 그러나 본 실험에서는 비타민 C의 갈변억제효과와 더불어 사과의 비타민 C 함량을 다른 과실류 보다 높이기 위하여 고농도의 L-ascorbic acid처리를 행하였다.

신선절단 사과의 ascorbic acid(AA)와 dehydroascorbic acid(DHAA) 함량은 각각 2mg/100g과 3mg/100g이었으나, L-ascorbic acid 처리 후에는 AA 함량이 199mg/100g 그리고 DHAA 함량이 42mg/100g으로 증가되어서 총 비타민 C 함량은 241mg/100g이었다. 이러한 함량은 감귤류 35~40mg/100g, 오렌지 53mg/100g, 딸기 99mg/100g

및 바나나 10mg/100g와 비교해 볼 때 매우 높은 함량이었다(2).

비타민 C가 강화된 신선절단 사과의 저장 중 AA와 DHAA의 함량 변화는 Fig. 3에 나타내었다. AA 함량은 Nylon/PE 포장구에서 가장 높아 저장 6일에 20% 정도 감소한 후 거의 일정하게 유지되었으나 다른 포장구 및 무포장구에서는 저장 초기부터 급격하게 감소되었다. 그러나 LDPE와 PP 포장구에서의 AA 감소는 무포장구 보다 억제되었으며 두 포장구중에서는 PP 포장구에서의 감소가 적게 나타났다. DHAA 함량은 Nylon/PE 포장구에서만 저장 중 큰 변화 없이 가장 낮게 유지되었으나 다른 포장구 및 무포장구에서는 증가하는 경향이었다. 이와 같이 저장 중 AA는 감소하고 DHAA는 증가하는 원인은 AA가 산화되어 DHAA로 전환되기 때문이며(19) 그 속도가 포장조건에 따라 상이한 것은 포장내의 저산소농도 차이 때문인 것으로 생각된다.

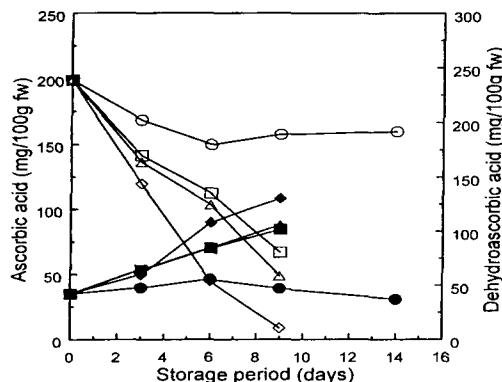


Fig. 3. Changes of ascorbic acid and dehydroascorbic acid content in fresh-cut apples dipped with vitamin C and packaged with film during storage at 10°C.
 △,▲ : 0.03 mm LDPE. □,■ : 0.04 mm PP. ○,● : 0.08 mm Nylon/PE(sealed with N₂ displacement). ◇,◆ : control. Open symbols: ascorbic acid. Solid symbols: dehydroascorbic acid.

갈변도의 변화

갈변은 신선절단 과실과 채소류에서 shelf-life를 결정하는 중요한 지표의 하나로 사용되고 있다. 포장조건을 다르게 하여 10°C에서 저장하면서 측정한 신선절단 사과의 갈변도를 나타내는 L값의 변화는 Fig. 4와 같다. 과육의 L값은 Nylon/PE 포장구에서는 초기 값이 저장 14일까지 거의 변화 없이 유지되었으나 다른 포장조건들에서는 저장 6일 후부터 무포장구, LDPE 그리고 PP 포장구 순으로 급격하게 감소되었다. 즉 Nylon/PE 포장한 신선절단사과는 저장 14일까

지도 갈변현상이 전혀 나타나지 않았지만 다른 조건으로 포장한 것은 저장 6일 후부터 정도의 차이를 보이면서 갈변현상이 나타나기 시작하였다.

절단 과실의 갈변발생은 효소적 갈변이 주원인인데 이는 세포속에 존재하던 페놀물질이 조직파괴로 인해 외부로 노출되면서 polyphenoloxidase(PPO)의 작용을 받아 quinone으로 산화되고 다시 중합반응을 거듭하여 갈색물질을 생성하는 반응으로 알려져 있다(20). 이때 AA 첨가는 quinone을 다시 페놀물질로 환원시키는 역할과 pH를 저하시켜 PPO의 활성을 저해하여 갈변현상을 억제하게 된다(15,16). Nylon/PE 포장한 절단사과에서 갈변이 발생하지 않은 것은 저장 초기부터 조성된 포장내의 저산소농도로 인한 PPO의 활성억제와 앞서 언급한 AA의 높은 잔존율에 기인한 환원작용에 따른 결과로 생각된다.

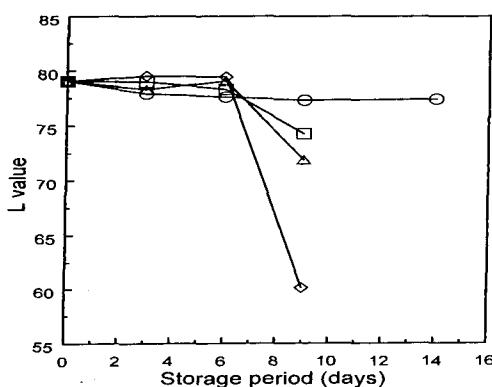


Fig. 4. Changes of L value in fresh-cut apples dipped with vitamin C and packaged with film during storage at 10°C.
 △: 0.03 mm LDPE. □: 0.04 mm PP. ○: 0.08 mm Nylon/PE(sealed with N₂ displacement). ◇: control.

부패율 및 이취의 발생

신선절단 사과의 부패는 곧 식품적 가치를 완전히 상실한 것으로 볼 수 있는데, 포장조건에 따른 신선절단 사과의 저장 중 부패율을 조사한 결과는 Table 1에 나타낸 바와 같이 PP 포장구에서는 저장 9일 후에 50%가 부패되었고 LDPE와 무포장구에서는 이시기에도 100%가 부패되었으나 Nylon/PE 포장구에서는 저장 14일 후에도 전혀 부패과가 발생되지 않았다.

포장조건에 따른 신선절단 사과의 저장 중 이취발생정도를 관능적으로 측정한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같이 LDPE와 PP 포장 절단사과 및 포장하지 않은 절단사과의 경우는 저장 9일 후에 검사원들이 이취를 인지하였으나 Nylon/PE 포장 절단사과에

서는 저장 14일 후까지도 이취를 인지하지 못하였다. LDPE, PP 및 무포장한 절단사과의 이취 발생 원인은 조직의 갈변과 부패에 기인된 것으로 여겨진다.

Table 1. Spoilage rate and off odor in fresh-cut apples dipped with vitamin C and packaged with film during storage at 10°C

Items	Packaging conditions	Storage period(days)			
		3	6	9	14
Spoilage rate (%)	0.03 mm LDPE	0	0	100	-
	0.04 mm PP	0	0	50	100
	0.08 mm Nylon/PE (N ₂ displacement)	0	0	0	0
	Control	0	0	100	-
Off odor ¹⁾	0.03 mm LDPE	1.2 ^a	1.2 ^a	4.1 ^b	-
	0.04 mm PP	1.4 ^a	1.2 ^a	3.5 ^b	-
	0.08 mm Nylon/PE (N ₂ displacement)	1.4 ^a	1.3 ^a	1.2 ^a	1.4
	Control	1.3 ^a	1.5 ^a	4.6 ^c	-

¹⁾ Off odor: 1=none, 3=readily detectable, 5=strong. Means in a column followed by the same letter are not significantly different(p<0.05).

요약

CA 저장 사과로 제조한 신선절단 사과의 비타민 C 강화와 품질유지기간을 연장하기 위한 방법을 개발하기 위한 일환으로 신선절단 사과를 10% L-ascorbic acid 용액에 침지처리하고 0.03 mm LDPE, 0.04 mm PP 및 0.08 mm Nylon/PE(질소치환) 필름으로 포장하여 10°C에서 저장하면서 포장내 기체농도와 품질변화를 조사하였다. 저장 중 포장내 산소는 Nylon/PE 포장구에서 가장 낮게 1~3%로 유지되었고 다음으로 PP, LDPE 포장구 순이었다. 저장초기 포장내 에틸렌 농도의 증가속도는 Nylon/PE 포장구에서 가장 높았다. 신선절단 사과의 비타민 C 함량은 241mg/100g으로 강화되었으며, 저장 중에는 저산소 조성 포장조건 일수록 ascorbic acid 산화를 억제시켜서 Nylon/PE 포장구에서 가장 높게 유지되었다. 절단사과에서 갈변은 저산소 조성 포장조건일수록 억제하는 경향이었으며 LDPE, PP 및 무포장 절단사과는 저장 6일 후부터 발생되었으나 Nylon/PE 포장 절단사과는 저장 14일 후까지도 발생되지 않았다. 절단사과에서 부패와 이취는 LDPE, PP 및 무포장에서는 저장 9일 후에 인지되었으나 Nylon/PE 포장에서는 저장 14일 후까지도 인지되지 않았다. 이상의 결과에서 볼 때 장기간 CA 저장한 사과로 비타민 C 함량이 강화된 신선절단 사

과의 제조가 가능하였고 이의 품질유지에 적합한 포장조건은 산소투과도가 낮은 포장재와 산소 제거 후 밀봉하는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 농수축산신문 (1997) 한국식품연감, p. 167-169
- Korean nutrition society (1995) Recommended dietary allowances for Koreans. 6th revision, p. 256-265
- Watada, A.E., Abe, K. and Yamauchi, N. (1990) Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technol.*, **44**, 116-122
- Brech, J.K. (1995) Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, **30**, 18-22
- Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O. and Baker, R.A. (1995) Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables, *HortScience*, **30**, 35-38
- 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
- Bolin, H.R., Stafford, A.E., King, Jr., A.D. and Huxsoll, C.C. (1977) Factors affecting the storage stability of shredded lettuce. *J. Food Sci.*, **42**, 1319-1321
- Rosen, J.C. and Kader, A.A. (1989) Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. *J. Food Sci.*, **54**, 656-659
- Mencarelli, F., Saltveit, Jr., M.E. and Massantini, R. (1989) Lightly processed foods: Ripening of tomato fruit slices. *Acta Hort.*, **244**, 193-200
- Izumi, H. and Watada, A.E. (1994) Calcium treatments affects storage quality of shredded carrots. *J. Food Sci.*, **59**, 106-109
- Kwon, H.R. and Lee, D.S. (1995) Modified atmosphere packaging of precut and prepared vegetables. *Food & Biotechnol.*, **4**, 169-173
- Kim, D.M., Smith, N.L. and Lee, C.Y. (1993) Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars. *J. Food Sci.*, **58**, 1115-1117
- Kim, D.M., Smith, N.L. and Lee, C.Y. (1993) Apple cultivar variations in response to heat treatment and minimal processing. *J. Food Sci.*, **58**, 1111-1114
- Wong, D.W.S., Tillin, S.J. Hudson, J.S. and Pavlath, A.E. (1994) Gas exchange in cut apples with

- bilayer coatings. *J. Agr. Food Chem.*, **42**, 2278-2285
15. Sapers, G.M. Garzarella, L. and Pilizota, V. (1990) Application of browning inhibitors to cut apple and potato by vacuum and pressure infiltration. *J. Food Sci.*, **55**, 1049-1053
16. Monsalve-gonzalez, A., Barbosa-canovas, G.V., Cavalieri, R.P., Mcevily, A.J. and Iyengar, 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
17. Yang, S.F. (1985) Biosynthesis and action of ethylene. *HortScience*, **20**, 41-44
18. Chung, H.S. and Choi, J.U. (1999) Production of ethylene and carbon dioxide in apples during CA storage. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.*, **6**, 153-160
19. Erdman, J.W. and Klein, B.P. (1982) Harvesting, processing and cooking influences on vitamin C in foods. In *Ascorbic acid: chemistry, metabolism and uses*. Seib, P.A. and Tolbert, B.M. (Editor), American Chemical Society, Washington, DC, p.499-532
20. Zocca, A. and Ryugo, K. (1975) Changes in polyphenoloxidase activity and substrate levels in maturing 'Golden Delicious' apple and other cultivars. *HortScience*, **10**, 586-587

(1999년 9월 19일 접수)