

최소가공 Fuji사과의 포장재 및 전처리 방법에 따른 저장 중 품질변화

황태영 · 손석민* · 이창용** · 문광덕

경북대학교 식품공학과, *호서대학교 식품가공학과, **Cornell University

Quality Changes of Fresh-cut Packaged Fuji Apples during Storage

Tae-Young Hwang, Seok-Min Son*, Chang-Yong Lee** and Kwang-Deog Moon

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

*Department of Food Science and Technology, Hoseo University

**Department of Food Science and Technology, Cornell University

Fuji apples were sliced and dipped in distilled water, 1%(w/v) ascorbic acid and 1%(w/v) oxalic acid. After minimal processing, the slices were packaged with three films which have different gas transmission rate and stored in cold room(0-2°C). The visual quality, gas composition, pH, texture, soluble solids content and titratable acidity were determined. The most deteriorative effects on quality were produced by browning of flesh. Ascorbic acid inhibited the development of browning and extended storage life from 7 days of control to 14 days at 0-2°C. Minimally processed Fuji apple treated with ascorbic acid and P640 film showed exhausting of oxygen in the packaging after 14 days. It showed only a slight reduction of pH from 3.73 to 3.72. The visual quality, gas composition, pH, texture, soluble solids content, titratable acidity were slightly changed, indicating that higher quality was maintained during storage. Ascorbic acid inhibited the development of browning and extended storage life of fresh-cut Fuji apple.

Key words : minimal processing, packaging, fresh-cut, apple, oxalic acid

서 론

사과는 청량감과 산뜻한 맛을 지니고 있을 뿐만 아니라 누적된 피로를 풀어주고 식욕을 증진시키며, 설사, 변비, 소화불량과 고혈압 등에 좋은 과일로 알려져 있다. 또한 무기질과 비타민 류가 다량 함유되어 있어 꾸준히 소비되고 있는 대표적 과일이다. 그러나 사과의 1인당 소비량이 1990년 14.5 kg에서 1999년 현재 10.5 kg으로 감소하였고 이로 인해 사과 생산량도 1990년 628천 톤에서 1999년 490천 톤으로 감소하였다⁽¹⁾. 이러한 사과 소비량 및 생산량의 감소는 사과의 섭취 시 껍질을 깎아야 하고 또 깎은 상태로 오래 상품성을 지속하지 못하는 등 이용상의 불편성 때문으로 생각된다.

따라서 과일류의 소비량 감소를 방지하기 위해서는 우선적으로 이용의 편의성을 높일 수 있고 신선한 상태를 그대로 유지할 수 있는 가공 방법이 요구된다. 신선 과일류에 대한 최소가공기술은 이러한 요구를 충족할만한 가공 방법으

로 가공제품보다는 신선한 상태로, 종전의 벌크 포장보다는 한번에 소비가 가능하며, 미리 전처리가 되어 이용이 편리하고, 쓰레기를 적게 발생시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 최소가공기술이란, 신선과일 및 채소류의 신선한 품질과 편의성에 대한 소비자들의 욕구를 충족시키고, 이들 과일 및 채소류의 유통시 충분한 저장수명을 가지도록 하는 최소한의 가공기술을 의미한다⁽²⁾. 미국의 예를 보면, 1970년대 초기부터 영양, 건강 그리고 체형 보정 등에 지대한 관심이 집중되기 시작하면서 신선 과채류의 소비가 급증하여 1인당 신선 과채류의 소비량은 1978년 대비 1988년에는 15~26% 증가했다⁽³⁾. 따라서 이러한 신선 과채류에 대한 소비증대와 소비자 욕구에 부응하는 제품을 위한 최소가공기술에 관한 연구도 함께 활성화되어, 많은 제품이 유통되고 있으며 이에 관한 연구도 활발하게 이루어지고 있다. 2000년까지 미국의 소매 시장에서 fresh-cut제품의 점유율이 25%가 될 것이라는 보고도 있다⁽⁴⁾.

한편 사과는 신선절단(fresh-cut)시 발생하는 과육 표면의 갈변 및 조직감의 변화 등으로 인해 그 이용이 제한되어 있다. 특히 과육 표면의 갈변은 제품 열화의 주된 요인으로 작용하고 있으며 이를 해결하기 위한 연구가 활발히 진행중이다. 한편 1986년 미국 FDA(food and drug administration)가 신선절단 과채류에 대한 효과적인 갈변 저해제인 sulfite류의

Corresponding author : Kwang-Deog Moon, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-dong, Puk-gu, Taegu 702-701, Korea
Tel: 82-53-950-5773
Fax: 82-53-950-6772
E-mail: kdmoon@knu.ac.kr

사용을 제한한 이후, 대체물질에 대한 연구로 ascorbic acid, citric acid, 4-hexylresorcinol, kojic acid와 같은 화학물질을 처리한 연구보고가 있으며⁽⁵⁻⁹⁾, MA포장 등의 응용 연구⁽¹⁰⁾가 일부 보고되고 있으나, 국내의 경우는 최소가공 과일 및 사과와 같은 갈변 저해에 대한 연구보고가 거의 없는 상황이다.

따라서 본 연구는 신선 사과의 소비량 증대를 위한 새로운 가공기술로 최소가공기술을 적용하고자 대표적인 사과 품종인 Fuji를 이용하여 신선절단 처리후 과육 표면의 갈변 방지를 위해 유기산에 침지한 후 이를 각각 다른 종류의 포장재로 포장, 저장하면서 그 품질 변화를 관찰하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 Fuji사과는 1998년 미국 Cornell 대학교 부설 NYSAES(New York State Agricultural Experiment Station)의 농장에서 재배한 것으로 수확 후 냉장보관(4°C) 하였다.

최소가공 처리

신선한 사과를 선별하여 수돗물에 세척하고 종이 타월로 물기를 닦은 다음 속심을 제거하고 사과 당 6조각으로 절단하였다. 절단한 사과는 증류수, 1% ascorbic acid 및 1% oxalic acid 용액에 3분간 dipping 한 후 물기를 제거하고 각각 포장하였다.

포장 및 저장

실험에 사용된 포장재는 미국 Cryovac사의 제품으로 각 포장재질의 특성은 Table 1과 같다. 각각의 포장재로 포장한 최소가공 제품은 0~2°C, 90~95% RH로 유지되는 저온저장고에 보관하면서 실험에 이용하였다.

가스조성 변화

저장 중 시간경과에 따른 포장내 가스조성의 변화는 Dual head space analyzer(Model 650, Pac Check™, Mocon)로 측정하여 포장재 내부의 CO₂와 O₂의 조성비(%)로 나타내었다.

Texture 측정

최소가공한 사과 과육의 texture는 Texture analyzer(TA-XT2, England)를 이용하여 과육의 firmness를 측정하였다. 각각의 처리구 및 포장재 당 10개의 시료를 이용하여 puncture test를 행하였으며 이때 사용한 plunger의 지름은 2.5 mm, 속도는 200 mm/min였다.

Table 1. Characteristic of films used for packaging of fresh-cut Fuji apples

Films	Transmission rate (cc/m ² /24hr/73F/0%RH)		
	Oxygen	Carbon dioxide	Water vapor
P640	12	0	0.2
B190	250	2000	0.5
L340	3000	9800	0.65

품질평가

색도 변화는 Colorimeter(Minolta, CR-200, Japan)를 이용해 Hunter's value를 측정하였고 갈변의 정도는 L값의 변화를 이용하여 나타내었다. 가용성 고형분의 변화는 굴절당도계(Atago Hand Refractometer, N1, Japan)를 이용하여 측정하였고 °Brix로 표현하였다. pH는 시료를 마쇄한 후 그 여액을 pH meter(model 350, Orion Inc. USA)로 측정하였고, 적정산도는 0.1 N NaOH로 pH 8.3까지 소비되는 양을 malic acid로 환산하였다.

결과 및 고찰

가스 조성의 변화

저장 중 포장재 내부의 산소와 이산화탄소의 가스조성을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 저장에 따른 이산화탄소 농도는 모든 구에서 처음 1, 2주 사이에 급격하게 증가함을 알 수 있으며 이는 Patrick⁽¹²⁾ 등의 연구결과에서와 마찬가지로 신선절단 처리 후 생체 조직의 호흡이 증가하기 때문으로 생각된다. 이산화탄소 농도의 증가는 P640 필름과 oxalic acid 처리구에서 가장 급격하였으며 이와 비슷한 수준으로 ascorbic acid처리구도 증가하였다.

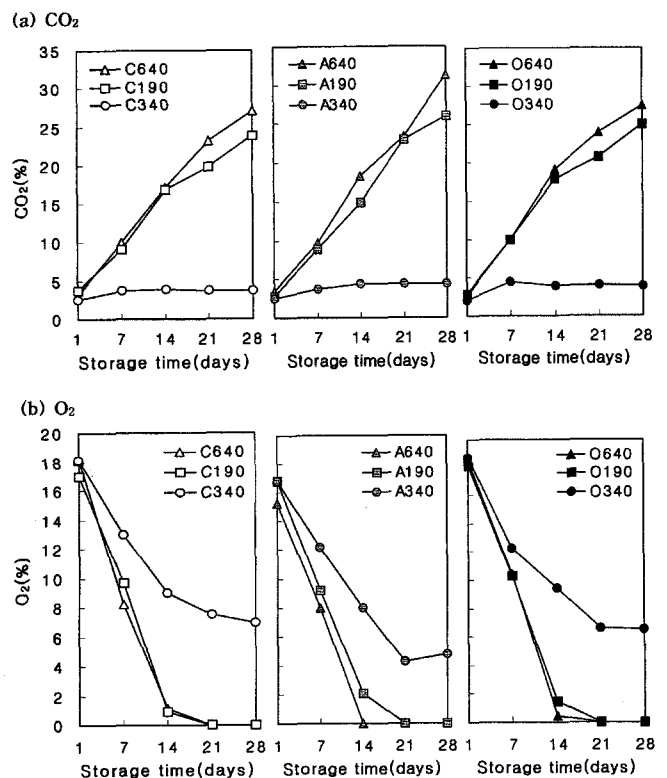


Fig. 1. Changes of gas composition of Fuji apples packaged with films during storage in the cold room(0~2°C and 90~95% RH)

C640(△), C190(□) and C340(○) was dipped in D.W. and packaged with P640, B190 and L340 respectively. A640(△), A190(□) and A340(○) were dipped in 1% ascorbic acid and packaged with P640, B190 and L340. O640(▲), O190(■) and O340(●) were dipped in 1% oxalic acid and packaged with P640, B190 and L340 respectively

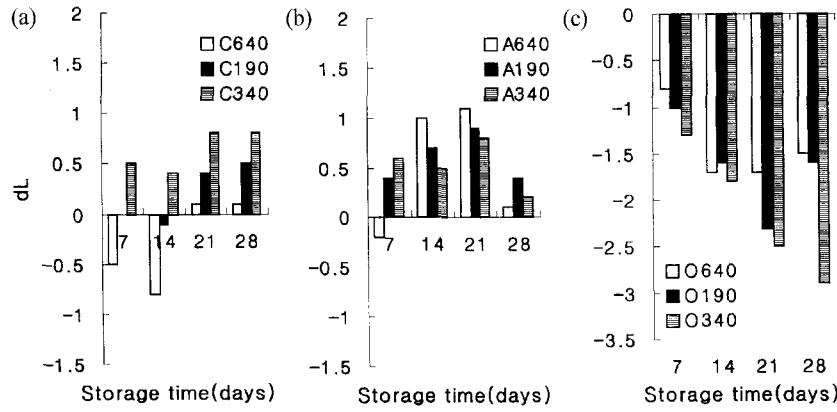


Fig. 2. Color changes(dL value) of fresh-cut packaged Fuji apples packaged with different films during storage in the cold room(0~2°C and 90~95% RH) (a) C640(□), C190(■) and C340(▨) was dipped in D.W. and packaged with P640, B190 and L340 respectively. (b) A640(□), A190(■) and A340(▨) were dipped in 1% ascorbic acid and packaged with P640, B190 and L340. (c) O640(□), O190(■) and O340(▨) were dipped in 1% oxalic acid and packaged with P640, B190 and L340 respectively

Film의 산소투과도에 따른 산소소모 정도는 산소투과도가 가장 낮은 P640의 경우 포장재내의 산소고갈이 가장 빠르게 진행됨을 알 수 있었으며, 보존제를 처리한 구일수록 산소소모가 빨랐다. 또 ascorbic acid처리구가 oxalic acid처리구 보다 더 빠르게 산소가 소모됨을 나타냈다. 지금의 연구결과로는 그 원인을 해석하기 어렵지만, 산소투과가 어려운 P640 필름의 경우 포장재 내부의 산소가 다 소모된 후 산소의 재공급이 되지 않기 때문일 것으로 사료되며, 유기산을 처리하는 것이 사과의 생체조직에서 호흡을 촉진하는 한 원인으로 추측된다.

색도의 변화

포장재별 처리구별 색도의 변화는 dL값의 변화로 관찰하였으며 그 결과는 다음의 Fig. 2와 같이 갈변이 진행됨에 따라 dL값의 증가가 수반되었다. 한편 무처리구의 경우 저장 시간 경과에 따라 표면에 고루 갈변이 일어났으며 갈변이 진행되면서 일부 건조되는 양상을 띠는데 이것이 L값의 증가를 유발하는 것으로 보이며, oxalic acid의 경우 시간 경과에 따라 과육의 즙액이 흘러나오면서 흑변하는 것을 관찰할 수 있었고 L값도 급격히 감소함을 나타냈다. 즉 oxalic acid 처리시 건조사과나 사과주스 등에서는 효과적으로 갈변을 저해한다는 연구보고가 있는데 생시료에서는 이와 상이한 양상을 나타내는 것으로 관찰되었다⁽¹⁴⁾. 한편 ascorbic acid를 처

리한 구는 갈변정도가 가장 미약하였고 L값의 변화도 거의 관찰되지 않았는데 저장 2주 내외에서 통상 상업적으로 유통되는 정도의 외관상 품질을 나타냈다. 한편 포장 및 전처리에 따른 L값을 통계 분석한 결과 1% ascorbic acid를 처리하고 P640 및 B190 필름으로 포장한 경우가 무처리 및 L340 필름으로 포장한 구에 비해 통계적으로 매우 유의하게 나타났다(Table 2). 알려진 바와 같이 ascorbic acid는 효소적 갈변반응에서 quinone을 환원시킴으로서 효과적으로 갈변을 저해하지만 이 반응에 의해 ascorbic acid가 dehydroascorbic acid로 완전히 산화되고 나면, 남은 quinone이 갈변을 더욱 촉진할 수 있다. 또한, ascorbic acid는 갈변반응이 급격한 사과에는 효과적이거나 감자와 같이 갈변반응의 속도가 상대적으로 느린 경우에는 갈변저해효과가 나타나지 않았다는 보고가 있다⁽⁷⁾. 따라서 ascorbic acid의 갈변저해 특성과 통상최소가공 과채류의 상업적 저장유통기간이 1~2주 내외인 것을 감안한다면 최소가공한 사과의 최적 저장기간은 2주 내외로 하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

Texture의 변화

사과 과육의 경우 신선절단과 같은 최소가공을 행하는 목적은 신선한 상태로 섭취하는 것이 목적이므로 과육의 firmness가 신선 최소가공제품에 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다.

Table 2. L value of fresh-cut packaged Fuji apples packaged with different films during storage in the cold room (0~2°C and 90~95% RH)

Storage days	Sample								
	C640 ¹⁾	C190	C340	A640	A190	A340	O640	O190	O340
1	39.8 ^{ab2)}	39.4 ^{ab}	38.8 ^b	40.4 ^a	40.2 ^a	39.5 ^{ab}	41.4 ^{ab}	41.2 ^{ab}	41.4 ^{ab}
7	39.3 ^{ab}	39.4 ^{ab}	39.3 ^b	40.2 ^a	40.9 ^a	40.1 ^{ab}	40.6 ^{ab}	40.2 ^{ab}	40.1 ^{ab}
14	39.0 ^{ab}	39.3 ^{ab}	39.2 ^b	41.4 ^a	40.9 ^a	40.0 ^{ab}	39.7 ^{ab}	39.6 ^{ab}	39.6 ^{ab}
21	39.9 ^{ab}	39.8 ^{ab}	39.6 ^b	41.5 ^a	41.1 ^a	40.3 ^{ab}	39.7 ^{ab}	38.9 ^{ab}	38.9 ^{ab}
28	39.9 ^{ab}	39.9 ^{ab}	39.6 ^b	40.5 ^a	40.6 ^a	39.7 ^{ab}	39.9 ^{ab}	39.6 ^{ab}	38.5 ^{ab}

¹⁾C640, C190 and C340 was dipped in D.W. and packaged with P640, B190 and L340 respectively. A640, A190 and A340 were dipped in 1% ascorbic acid and packaged with P640, B190 and L340. O640, O190 and O340 were dipped in 1% oxalic acid and packaged with P640, B190 and L340 respectively

²⁾Means with different superscripts are significantly different (p<0.05)

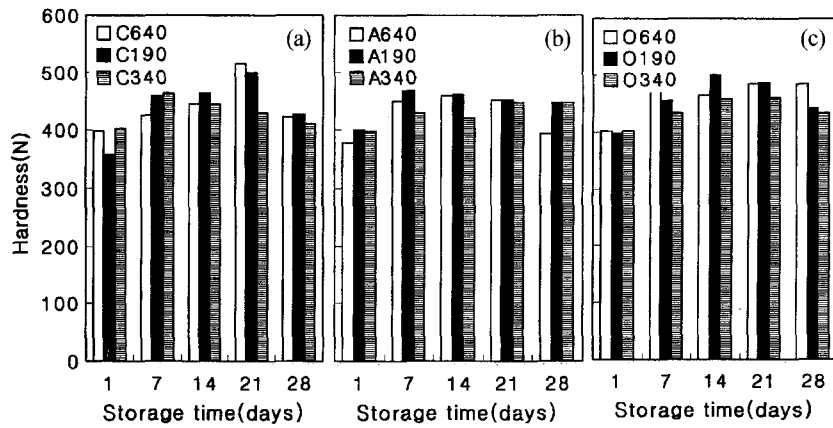


Fig. 3. Texture changes(firmness) of fresh-cut packaged Fuji apples packaged with different films during storage in the cold room(0~2°C and 90~95% RH)

(a) C640(□), C190(■) and C340(▨) was dipped in D.W. and packaged with P640, B190 and L340 respectively. (b) A640(□), A190(■) and A340(▨) were dipped in 1% ascorbic acid and packaged with P640, B190 and L340. (c) O640(□), O190(■) and O340(▨) were dipped in 1% oxalic acid and packaged with P640, B190 and L340 respectively

따라서 다음의 Fig. 3은 최소가공 처리를 행한 사과 과육의 firmness를 측정 한 결과를 나타낸 것이다. 각 처리구와 firmness간에 유의적인 차이는 보이지 않고 있으나 유기산으로 처리한 구의 경우 저장 4주가 되었을 때 과육 내부의 수분이 유출되는 영향으로 포장재 내부가 습한 경우가 많아 제대로 저장이 되지 않았고 이것이 과육의 firmness에도 영향을 미치는 것으로 사료된다. 특히 oxalic acid를 처리한 경우 과육의 연화 현상이 더욱 심해지는 것을 관찰할 수 있는데 이 현상은 색도 변화에서도 oxalic acid 처리구의 경우 저장 초기 백색도가 급증하는 것과 연관되어 있을 것으로 보이며 앞으로 연구를 통해 밝혀야 할 것이다.

품질변화

다음의 Table 3, 4, 5는 전처리 방법 및 포장재에 따른 품질의 변화를 pH, 적정산도, 가용성 고형분 함량으로 나타낸 결과이다. 처리구별 pH는 유의적인 차이를 나타내지는 않았으나 저장 2주가 되었을 때 일시적으로 증가하다가 이후는 다시 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 유기산 처리로 인한 일시적 pH 감소 현상으로 보여진다. 최소가공 사과의 저장 중 적정산도를 조사한 결과, 저장 4주 후 C640의 경우와 oxalic acid 처리구 모두에서 적정산도가 감소한 반면 ascorbic acid 처리구는 모두 증가하였다. Buta 등의 연구결과⁽¹²⁾에 따르면 사과의 산도를 malic acid에 의한 것으로 가정하였을 때

Table 3. pH changes of fresh-cut packaged Fuji apples packaged with different films during storage in the cold room (0-2°C and 90-95% RH)

Storage days	Sample								
	C640 ¹⁾	C190	C340	A640	A190	A340	O640	O190	O340
1	3.89	3.88	3.89	3.73	3.73	3.76	3.85	3.86	3.88
7	3.88	3.96	3.91	3.80	3.77	3.76	3.82	3.80	3.93
14	4.12	4.12	4.15	3.91	3.90	3.92	4.13	4.05	4.12
21	3.99	4.04	4.00	3.80	3.75	3.82	4.00	4.09	4.01
28	3.98	3.96	3.99	3.72	3.75	3.74	3.99	3.94	3.98

¹⁾See foot note of Table 2

Table 4. Titratable acidity changes of fresh-cut packaged Fuji apples packaged with different films during storage in the cold room (0-2°C and 90-95% RH)

Storage days	Sample								
	C640 ¹⁾	C190	C340	A640	A190	A340	O640	O190	O340
1	0.24 ²⁾	0.19	0.20	0.24	0.24	0.25	0.23	0.22	0.22
7	0.24	0.21	0.23	0.28	0.29	0.27	0.23	0.27	0.24
14	0.22	0.23	0.22	0.27	0.27	0.29	0.220.22	0.21	
21	0.21	0.21	0.21	0.25	0.27	0.27	0.22	0.20	0.21
28	0.21	0.22	0.23	0.25	0.29	0.27	0.21	0.20	0.20

¹⁾See foot note of Table 2

²⁾Acidity(% , as malic acid) = 0.0067 × ml of 0.1 N NaOH × F × 100/sample(g)

Table 5. Changes of soluble solids of fresh-cut packaged Fuji apples packaged with different films during storage in the cold room (0-2°C and 90-95% RH)

Storage days	Sample								
	C640 ¹⁾	C190	C340	A640	A190	A340	O640	O190	O340
1	13.4	12.5	13.0	13.3	13.0	13.3	13.2	13.2	13.1
7	13.6	13.7	14.2	13.7	14.0	13.6	14.4	14.7	14.4
14	13.4	14.0	14.0	14.3	14.0	13.7	15.0	14.7	14.5
21	13.6	14.0	14.4	13.4	13.6	14.4	14.8	14.0	14.2
28	13.7	13.7	13.9	13.4	14.0	14.0	14.9	13.8	14.4

¹⁾See foot note of Table 2.

산도가 높을수록 신선절단 사과의 품질이 긍정적인 것으로 나타났다⁽¹²⁾. 즉 ascorbic acid를 처리한 구에서 사과의 적정 산도가 가장 높게 나타났으며 저장전과 비교하여 오히려 증가했는데 산도의 유지가 최소가공 사과의 품질에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다. 일반적으로 과실의 저장 중 가용성 고형분 함량은 수확 후 후숙 중 전분 등 고분자 물질의 분해로 인하여 저장초기에 증가 후 감소한다고 알려져 있는데 본 실험에서도 저장초기에 모든 처리구에서 당 함량이 증가하고 4주부터는 일부 감소하는 것을 관찰 할 수 있었으나 구별간 유의적인 차이는 보이지 않았다. 한편 ascorbic acid 처리 후 P640필름에 포장 저장한 구의 가용성 고형분 함량은 저장 4주 후에도 거의 변화가 없었는데 이처럼 가용성 물질의 변화가 없었다는 것은 ascorbic acid 처리구가 저장초기의 품질을 최대도로 유지하고 있음을 의미한다.

요 약

최소가공처리를 행한 신선 사과의 저장수명을 연장시키기 위하여 사과 품종 중 Fuji사과를 이용하여 최소가공 처리를 행한 후 서로 다른 산소, 이산화탄소 및 수분 투과도를 가지는 필름으로 포장하여 저온저장 하였다. 저장중의 색도 변화, texture, pH, 산도, 가용성 고형분 함량 및 포장재 내부의 공기조성을 측정하였다. 신선절단 및 유기산 처리를 한 사과의 firmness는 저장기간 경과에 따라 증가하다가 저장 3주부터 감소하였다. 신선절단 사과의 품질에 가장 큰 영향을 미치는 과육의 갈변현상은 무처리구의 경우 저장 1주일 전 후로 일어났으며 1% oxalic acid를 처리한 사과의 경우 포장 필름의 종류에 상관없이 저장 초기에는 백색도가 증가하였으나 시간경과에 따라 과육의 연화 현상과 함께 갈변이 심화되었고 특히 L340필름으로 포장한 경우 L값의 변화가 가장 심하게 일어났다. 반면 사과를 1% ascorbic acid 용액에 침지한 후 P640필름에 포장하여 저장한 구는 색도, pH, 가용성 고형분, 적정산도에서 품질 변화가 가장 작게 나타났다.

문 헌

1. Agriculture Outlook 2000, Korea Rural Economic Institute,

- Korea (2000)
2. Thomas, O. Minimal processing preservation methods of the future, an overview. *Trends in Food Sci. & Tech.* 5: 341-344 (1994)
 3. Donard, V.S. Marketing lightly processed fruits and vegetables. *Hortsci.* 30(1): 15-17 (1995)
 4. Ahvenainen, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Sci. & Tech.* 7: 179-186 (1996)
 5. Kim, B.S. and Klieber, A. Quality maintenance of minimally processed Chinese cabbage with low temperature and citric acid dip. *J. Sci. Food Agric.* 75: 31-36 (1997)
 6. Adelmo, M., Gustavo, V., Ralph, P., Arthur, J. and Rhada, I. Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods. 4-hexylresorcinol as anti-browning agent. *J. Food Sci.* 58(4): 797-800 (1993)
 7. Sapers, G.M. and Miller, R.L. Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2-phosphates. *J. Food Sci.* 57(5): 1132-1135 (1992)
 8. Sapers, G.M., Garzarella, L. and Pilizota, V. Application of browning inhibitors to cut apple and potato by vacuum and pressure infiltration. *J. Food Sci.* 55(4): 1049-1053 (1990)
 9. Varda, K., Pinchas, L. and Varda, Z. Effect of kojic acid on the oxidation of *o*-dihydroxyphenols by mushroom tyrosinase. *J. Food Biochemistry*, 18: 253-271 (1995)
 10. Gina, L.Y. and Jeffry, J.W. Designing packages for fresh-cut produce. *Tappi J.* 79(6): 205-211 (1996)
 11. Alley, E.W., Nathanee, P.K. and Donna, A.M. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biology and Tech.* 9: 115-125 (1996)
 12. Patrick, V., Jerome, M. and Guy, A. The influence of raw material characteristics on the storage life of fresh-cut butterhead lettuce. *Postharvest Biology and Tech.* 9: 127-139 (1996)
 13. George, J.B., Harold, E.M., David, W.S. and Chien, Y.W. Extending storage life of fresh-cut apples using natural products and their derivatives. *J. Agricultural and Food chem.* 47(1): 1-6 (1999)
 14. Cindy, B.S., Kevin, B.H., Stanley, F.O., Arland, T.H. and Rebecca, M.H. Oxalic acid in commercial pectins inhibits browning of raw apple juice. *J. Agricultural and Food chem.* 43: 592-597 (1995)

(2001년 4월 17일 접수)