

## 초음파와 ascorbic acid의 병용처리가 신선절단 '홍옥' 사과 저장 중 품질에 미치는 영향

장지현 · 문광덕<sup>†</sup>  
경북대학교 식품공학과

### Effects of Combined Treatment with Ultrasound and Ascorbic Acid on the Storage Qualities of Fresh-cut 'Jonathan' Apples

Ji-Hyun Jang and Kwang-Deog Moon<sup>†</sup>

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

#### Abstract

The effects of ultrasound treatment, in combination with ascorbic acid, on the quality of fresh-cut 'Jonathan' apples was investigated. Prepared apple slices were ultrasonicated in distilled water (US) or in 1% (w/v) ascorbic acid solution (UA) and the other samples were just dipped in 1% (w/v) ascorbic acid solution (AA). All samples were stored at 10°C for 12 days. UA-treated samples showed high  $L^*$  and hue values and low  $a^*$ ,  $b^*$ , chroma, and  $\Delta E$  value. Both control and US-treated samples showed considerable browning. A significant inhibition of polyphenol oxidase activity was observed after UA treatment. The level of total phenolics in UA-treated samples was higher on the day of treatment compared with other samples. Total soluble solids, pH, titratable acidity, and gas concentrations were similar in all samples. This study demonstrated that the simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid was effective in preventing enzymatic browning of fresh-cut 'Jonathan' apples and maintaining total phenolics contents.

**Key words :** ultrasound, ascorbic acid, fresh-cut 'Jonathan' apple, polyphenol oxidase, storage quality

#### 서 론

최근 소비자의 소득수준이 향상되고 과채류를 섭취하는 것이 건강지향적인 삶에 긍정적인 식습관인 것으로 인식되면서 과채류의 소비가 크게 늘고 있으며(1), 변화된 현대인의 식생활 문화와 단체급식 및 외식산업의 발달로 신선편이 과채류에 대한 요구가 지속적으로 증가하고 있다(2). 신선편이 제품은 이용이 편리한 형태이면서도 영양성분의 소실이 없이 신선한 상태로 안전하게 유통되어야 하므로 이들 제품의 shelf-life를 연장하기 위한 가공기술의 개발에 관심이 집중되고 있다(3-5).

일반적으로 과채류의 갈변은 세포 조직이 파괴되었을 때 polyphenol oxidase (PPO, EC 1.10.3.1)와 같은 산화효소

와 기질이 혼합되면 즉시 일어나게 되므로 신선편이 과채류의 변색은 가공에 수반되는 여러 공정에 의해 필연적으로 발생하게 되는데, 갈변은 신선 과채류 제품의 품질을 열화시키는 주요인이며 소비자들의 선택에 큰 영향을 미치는 중요한 품질 지표로서 상품성의 판단 기준이 된다(6).

Ascorbic acid는 sulfite를 대체할 수 있는 대표적인 천연 항갈변제로 PPO에 의한 산화생성물인 *o*-quinone을 dihydroxy polyphenol로 환원시키는 역할을 하므로 사과(7,8), 배(9,10), 양상추(11) 등의 과채류의 가공에 있어 항갈변제로 널리 이용되고 있으나 ascorbic acid의 환원력이 소실되면 갈변이 급격하게 발생하게 된다(12,13). 최근 신선편이 제품의 가공에서 비열처리(non-thermal treatment) 기술이 주목받고 있는데(2), 특히 초음파 처리는 동공화에 의해 생성된 기포 파열 시 발생하는 진동 에너지를 이용하여 cell lysis를 일으켜 효소나 미생물을 불활성화 시키는데 고압이

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : kdmoon@knu.ac.kr,  
Phone : 82-53-950-5773, Fax : 82-53-950-6772

나 가열과 함께 병용할 경우에 효소 활성 억제에 더욱 효과적이나 단독 처리로는 효과가 불충분한 것으로 알려져 있다 (14,15).

사과의 신선편이 제품은 다른 과채류에 비해 최근 셀러 드 바, 학교 및 회사의 단체급식 등에서 수요가 점점 증가하고 있는 추세이다(16). 그러나 변색으로 인하여 유통 중 상품성의 소실이 문제시 되고 있으나 신선절단 사과의 갈변 억제를 위한 국내외의 많은 연구결과와는 달리 현실적으로 해결되지 못하고 있는 실정이다. 한편 국내에서 가장 많이 생산되고 있는 '후지' 품종의 경우 신선편이 제품과 관련된 연구가 다수 보고되어 있다(17,18). 그러나 '홍옥' 품종은 신맛과 단맛이 강한 특성을 가지면서 저장성이 양호하며 가공적성이 높은 품종으로 알려져 있음에도 불구하고(19) 이를 이용한 신선편이 가공에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다.

본 연구에서는 고품질의 신선편이 사과제품을 가공하기 위한 목적으로 신선절단 '홍옥' 사과에 초음파와 ascorbic acid를 단시간 병용 처리하고 효소적 갈변저해 효과 및 저장 중의 품질변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재 료

실험에 사용한 사과는 '홍옥'(Malus domestica Borkh. cv. Jonathan) 품종으로 2009년에 대구지역의 농가에서 생산된 사과를 구입하여 4℃의 냉장고에 저장한 후 구입 다음날 시료로 사용하였다.

### 신선편이 처리 및 포장 방법

균일한 형태의 사과를 선택하여 세척한 후 사과 슬라이서를 이용하여 8조각으로 절단한 사과절편은 초음파 발생기(40 kHz, Daihan Scientific Co., Ltd, Korea)를 이용하여 증류수에 침지하면서 1분간 초음파 처리(US) 하거나 1% (w/v) ascorbic acid용액에 침지하면서 1분간 초음파 처리(UA) 하였으며, 초음파 처리 없이 1% ascorbic acid (w/v) 용액에만 1분간 처리(AA) 하였다. 무처리구는 사과절편을 증류수에 행군 것으로 대조구로 이용하였다. 처리한 사과 절편은 종이타월로 살짝 눌러 겉면의 물기를 제거하고 0.04 mm 두께의 polypropylene bag (20×15 cm)에 넣어 열접합하였다. 포장이 끝난 시료는 10℃에서 저장하면서 12일 동안 4일 간격으로 품질 변화를 측정하였다.

### 색도 측정

저장 중의 색도는 colorimeter (CR-400, Minolta Co., Japan)를 이용하여 측정하였다. 즉, CIE L\* (lightness), a\* (green to red) 및 b\* (blue to yellow) 값을 측정한 후 아래

식을 이용하여 hue, chroma 및 색도 변화의 지표가 되는 ΔE를 계산하여 나타내었다.

$$\text{Hue} = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right)$$

$$\text{Chroma} = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

### Polyphenol oxidase 활성 측정

PPO 활성은 Arias 등(9)의 방법을 변용하여 측정하였다. 즉, 사과에 50 mM 인산완충용액(pH 6)을 가하여 마쇄한 후 원심분리(16,000 × g) 한 상등액을 조효소액으로 하였다. 0.3 mL의 조효소액에 100 mM의 catechol 용액을 가하고 전체 부피가 2 mL가 되도록 인산완충용액을 첨가하여 혼합한 즉시 spectrophotometer (Optizen 2120UV, Mecasys, Korea)를 이용하여 420nm에서 5분간 흡광도의 변화를 측정하였다. 효소활성은 1분당 흡광도가 0.001 변화는 것을 1 unit (U)으로 하였으며 specific activity (U/mg)로 표시하였다.

### 단백질 정량

추출한 조효소액의 단백질 함량은 QuantiPro™ BCA Assay Kit (Sigma - Aldrich Chemical Co. St. Louis, Mo., USA)를 이용하여 정량하였으며 bovine serum albumin을 standard로 사용하였다(20). 반응액은 37℃에서 2시간 방치 후 plate reader (Victor 3, Perkin Elmer, USA)를 이용하여 520nm에서 흡광도를 측정하였다.

### Catechol 처리

사과를 핵이 포함되도록 약 1.5 cm 두께로 수평 절단하여 준비한 후 갈변저해 처리를 하였다. 처리한 사과 절편의 반은 절단면에 50 mM catechol 용액 일정량을 가하여 고루 분포되도록 하였으며 나머지는 동량의 증류수를 가하여 대조구로 하였다(21). 기질용액을 처리한 사과 절편은 실험실 내부(24℃, 30-40% RH)에서 6시간 방치한 후 변화를 확인하였다.

### 총 페놀성 화합물 함량 분석

총 페놀성 화합물 함량은 Folin-Denis method(22)에 준하여 spectrophotometer를 이용하여 725nm에서 흡광도를 측정하여 나타내었으며 표준물질로는 chlorogenic acid 을 사용하였다.

### 총 가용성 고형분 함량, pH 및 적정산도

총 가용성 고형분 함량 및 pH는 시료와 증류수를 동일 비율로 혼합하여 1분간 마쇄하고 여과한 액을 각각 굴절당

도계(Atago Master-a, Japan)와 pH meter (Model Delta 320, Mettler-Toledo, Inc. China)를 이용하여 측정하였다. 적정산도는 각각의 시료를 증류수와 함께 균질화 한 후 100 mL로 정용하여 여과한 액 10 mL를 취하여 pH 8.3이 될 때까지 적정하여 소비된 0.1 N NaOH의 양을 malic acid로 환산하여 나타내었다.

#### 포장 내부의 가스 분석

포장 내부의 산소와 이산화탄소의 농도를 DualTrak oxygen/carbon dioxide analyzer (Model 902D, Quantek Instruments, Northboro, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

#### 통계처리

실험 결과는 색도의 경우 30 반복하였으며 그 외의 모든 실험 결과는 3 반복하여 측정된 값을 SAS program (version 9.1 for window)을 이용, Duncan's multiple range test를 실시하여 평균간의 유의성을 검증하였다( $p < 0.05$ ).

## 결과 및 고찰

#### 색도의 변화

저장 중의 색도 변화는 Table 1에 나타내었으며 처리구별로 주목할 만한 변화가 관찰되었다. 일반적으로 제품의 외관과 신선함은 소비자들의 제품 구입시 가장 기본적인 판단의 근거가 되므로 신선편이 과채류 제품의 색은 매우 중요하다 할 수 있다(2).  $L^*$ 값의 감소와  $a^*$ 값의 증가는 과채류의 절단면에서 갈변이 발생함을 의미하는데(23,24), 저장 후기로 갈수록 모든 처리구에서  $L^*$ 값이 감소되는 경향을 보였으며 특히 무처리구와 US 처리구의 경우 심한 수준의 갈변이 발생하여 상품성이 소실되었으나 UA 처리구에서는 유의적으로 높은 수준의  $L^*$ 값이 유지되었다.  $a^*$ 와  $b^*$ 값의 경우 처리 당일과 저장 4일째까지는 US 처리구와 AA 처리구가 유의적으로 동일한 수준을 보였으나 저장 후기로 갈수록 UA 처리구에서 유의적으로 낮은 값이 관찰되어 갈변이 저해되었음을 알 수 있었다. 한편 모든 처리구에서 hue 값은 감소하고 chroma 값은 증가하는 특징을 보였다. 무처리구와 US 처리구의 경우 낮은 hue 값과 높은 chroma 값을 보였고 저장 중 변화 경향이 유사하였으며 UA 처리구의 경우 AA 처리구와 변화 경향은 유사하였으나 유의적으로 높은 hue 값과 낮은 chroma 값을 보여 사과 고유의 색이 유지되었음을 알 수 있었다. 또한 UA 처리구에서는 유의적으로 낮은  $\Delta E$  값이 관찰되어 갈변 저해에 매우 효과적임을 알 수 있었으며 '후지' 사과에서도 동일한 효과가 확인된 바 있다(17).

**Table 1. Color changes of fresh-cut 'Jonathan' apples treated with ultrasound and ascorbic acid during storage at 10°C for 12 days**

	day at 10°C	Sample <sup>1)</sup>			
		Cont	US	AA	UA
$L^*$	0	80.15±0.68 <sup>b2)</sup>	80.26±0.66 <sup>b</sup>	80.35±0.46 <sup>b</sup>	81.31±0.38 <sup>a</sup>
	4	76.30±0.60 <sup>d</sup>	77.19±0.83 <sup>c</sup>	79.46±0.80 <sup>b</sup>	80.46±0.73 <sup>a</sup>
	8	75.92±0.76 <sup>c</sup>	75.93±0.58 <sup>c</sup>	78.71±0.93 <sup>b</sup>	79.83±0.68 <sup>a</sup>
	12	75.90±0.74 <sup>c</sup>	75.87±0.85 <sup>c</sup>	78.60±0.85 <sup>b</sup>	79.82±0.54 <sup>a</sup>
$a^*$	0	-4.78±0.19 <sup>b</sup>	-4.40±0.31 <sup>a</sup>	-4.79±0.25 <sup>b</sup>	-5.03±0.15 <sup>b</sup>
	4	-1.76±0.33 <sup>a</sup>	-2.50±0.36 <sup>b</sup>	-4.51±0.37 <sup>c</sup>	-4.46±0.24 <sup>c</sup>
	8	-1.79±0.32 <sup>a</sup>	-1.46±0.26 <sup>a</sup>	-3.40±0.46 <sup>b</sup>	-3.88±0.30 <sup>c</sup>
	12	-1.87±0.36 <sup>a</sup>	-1.67±0.34 <sup>a</sup>	-2.98±0.50 <sup>b</sup>	-3.52±0.27 <sup>c</sup>
$b^*$	0	22.84±1.01 <sup>a</sup>	22.12±1.19 <sup>a</sup>	21.98±1.33 <sup>a</sup>	22.06±0.70 <sup>a</sup>
	4	29.15±1.11 <sup>a</sup>	27.11±1.20 <sup>b</sup>	22.74±1.13 <sup>c</sup>	21.17±1.03 <sup>d</sup>
	8	29.53±0.78 <sup>a</sup>	29.70±0.70 <sup>a</sup>	24.38±1.61 <sup>b</sup>	22.51±0.91 <sup>c</sup>
	12	29.84±0.73 <sup>a</sup>	29.56±1.08 <sup>a</sup>	25.87±1.35 <sup>b</sup>	24.71±0.91 <sup>c</sup>
Chroma	0	23.34±1.01 <sup>a</sup>	22.56±1.16 <sup>a</sup>	22.49±1.34 <sup>a</sup>	22.63±0.71 <sup>a</sup>
	4	29.22±1.10 <sup>a</sup>	27.24±1.18 <sup>b</sup>	23.20±1.09 <sup>c</sup>	21.64±1.04 <sup>d</sup>
	8	29.59±0.77 <sup>a</sup>	29.74±0.69 <sup>a</sup>	24.64±1.55 <sup>b</sup>	22.85±0.89 <sup>c</sup>
	12	29.91±0.71 <sup>a</sup>	29.62±1.07 <sup>a</sup>	26.07±1.31 <sup>b</sup>	24.97±0.88 <sup>c</sup>
Hue	0	101.86±0.41 <sup>bc</sup>	101.39±1.00 <sup>c</sup>	102.33±0.39 <sup>b</sup>	102.86±0.20 <sup>a</sup>
	4	93.52±0.71 <sup>c</sup>	95.36±0.86 <sup>b</sup>	101.37±1.12 <sup>a</sup>	101.94±0.48 <sup>a</sup>
	8	93.52±0.68 <sup>c</sup>	92.85±0.55 <sup>c</sup>	98.27±1.49 <sup>b</sup>	99.85±0.85 <sup>a</sup>
	12	93.64±0.74 <sup>c</sup>	93.29±0.73 <sup>c</sup>	96.78±1.28 <sup>b</sup>	98.20±0.85 <sup>a</sup>
$\Delta E$	0	2.15±0.78 <sup>ab</sup>	2.39±0.79 <sup>a</sup>	2.48±0.72 <sup>b</sup>	1.48±0.40 <sup>b</sup>
	4	9.14±1.07 <sup>a</sup>	6.92±1.23 <sup>b</sup>	2.57±1.00 <sup>c</sup>	2.14±0.85 <sup>c</sup>
	8	9.58±0.94 <sup>a</sup>	9.81±0.75 <sup>a</sup>	4.27±1.47 <sup>b</sup>	2.48±0.62 <sup>c</sup>
	12	9.79±0.97 <sup>a</sup>	9.70±1.21 <sup>a</sup>	5.13±1.45 <sup>b</sup>	3.57±0.73 <sup>c</sup>

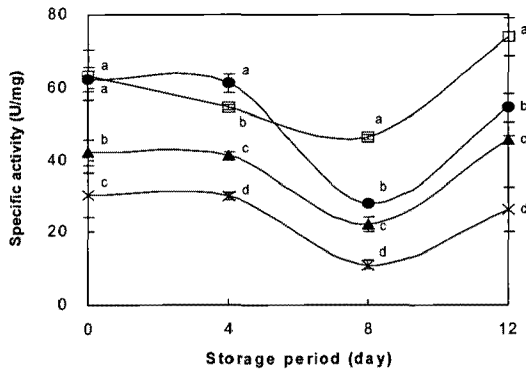
<sup>1)</sup>Cont, control; US, treated with ultrasound at 40 kHz in distilled water; AA, just dipped in 1% ascorbic acid; UA, treated with ultrasound in 1% ascorbic acid solution.

<sup>2)</sup>Each value is expressed as the mean ± standard deviation (n=30). Means followed by different letters within the row (a-d) are significantly different ( $p < 0.05$ ).

#### Polyphenol oxidase 활성의 변화

갈변저해 처리한 신선절단 'Jonathan' 사과의 저장 중 PPO 활성 변화를 조사하였다(Fig. 1). 모든 처리구에서 저장 8일째까지는 PPO 활성이 감소하는 경향을 보이다가 12일째에는 다시 증가하였으며 특히 US 처리구의 활성이 급격히 상승하였다. UA 처리구의 경우 저장기간 동안 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮은 활성이 유지되어 병용처리가 'Jonathan' 품종의 사과에도 효소적 갈변저해 효과가 있는 것으로 나타났다. Ascorbic acid의 효소활성 저해 여부에 대한 기존의 연구에는 다양한 의견들이 존재하는데 Arias 등(9)의 연구에서는 배 PPO 정제 효소와 ascorbic acid를 5분간 incubation한 결과 효소활성의 감소가 관찰되지 않았다고 하였으나 Golan-Goldhirsh와 Whitaker(25)의 연구에서는 시판되는 버섯 PPO 정제 효소를 5 mM ascorbic acid와 130 분간 incubation 시 활성이 50% 감소하였으며 ascorbic acid가 효소를 직접적으로 저해한다고 하였다. 본 연구에서는 AA 처리구에서 무처리구와 US 처리구에 비해 낮은 활성이 관찰되었으며 UA 처리구의 경우 저장기간 동안 AA 처리구에 비해 유의적으로 낮은 효소활성을 보였으므로 초음파와

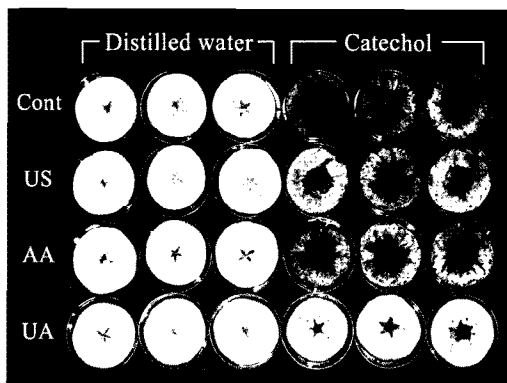
ascorbic acid의 병용처리가 PPO 활성 억제에 상승효과를 보였음이 확인되었다.



**Fig. 1. Polyphenol oxidase activity of fresh-cut 'Jonathan' apples.**  
 ●, control (Cont); □, ultrasound alone (US); ▲, ascorbic acid alone (AA); ×, ultrasound and ascorbic acid (UA) as treatments. Means (n=3) with different letters are significantly different at 5% level.

**Catechol 처리 효과**

PPO는 사과의 절단면에 균일하게 분포되어 있는 것이 아니라 핵 부위, 그 다음으로는 과피에 가까운 부분에 더 우세하게 존재하는 것으로 알려져 있으며(26), 갈변 저해 처리 후 사과 과육의 PPO 분포 및 잔존 활성을 확인하기 위하여 사과 절편에 catechol을 처리하였다(27). 그 결과 무처리구, US 처리구 및 AA 처리구에서는 과육부의 전반에서 심각한 수준의 변색이 발생하였으며 특히 핵 부위에는 매우 강한 변색이 관찰되었다(Fig. 2). 반면 UA 처리구에서는 핵 부위의 부분적인 변색을 제외하고는 거의 변색이 진행되지 않았다. Weller 등(21)은 catechol 처리시 조직이 변색이 되지 않는 원인이 그 부위의 효소 활성이 낮기 때문이라고 하였다. 따라서 UA 처리는 '홍옥' 사과의 과육부 뿐만 아니라 핵 부위의 PPO 활성을 저해하는 데에도 효과가 있음을 확인하였다.

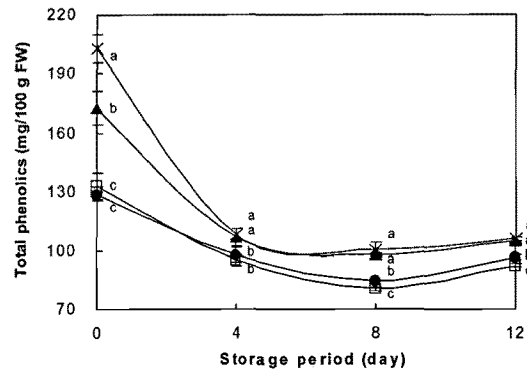


**Fig. 2. Catechol treatment of fresh-cut 'Jonathan' apples.**

**페놀성 화합물 함량의 변화**

저장 중 페놀성 화합물 함량을 측정한 결과를 Fig. 3에

나타내었으며 모든 처리구에서 저장 후기로 갈수록 그 함량이 감소하는 경향을 보였다. 무처리구와 US 처리구의 경우 유의적으로 낮은 수준을 보였으며 UA 처리구에서는 저장 중 페놀성 화합물 함량이 높은 수준으로 유지되었으나 처리 당일을 제외하고는 UA 처리구와 AA 처리구에서 유의적으로 동일한 수준을 보였다. 효소적 갈변에서 PPO의 기질로서 페놀성 화합물들이 소비되는 것으로 알려져 있는데(28), 본 연구에서 저장 중의 PPO 활성과 페놀성 화합물 함량의 변화 경향으로 미루어 볼 때 페놀성 화합물 함량이 감소된 원인은 처리 후의 잔존 PPO 활성과 관련이 있을 것으로 판단된다.



**Fig. 3. Total phenolics of fresh-cut 'Jonathan' apples.**  
 ●, control (Cont); □, ultrasound alone (US); ▲, ascorbic acid alone (AA); ×, ultrasound and ascorbic acid (UA) as treatments. Means (n=3) with different letters are significantly different at 5% level.

**저장 중 이화학적 품질 변화**

저장 중 가용성 고형분 함량, pH, 적정 산도 및 포장 내 가스 농도의 변화를 Table 2에 나타내었다. 가용성 고형분 함량의 경우 US 처리구와 UA 처리구가 미미하게 낮은 값을 보였으나 모든 처리구에서 큰 차이는 확인되지 않았다. pH의 경우 UA 처리구를 제외한 모든 처리구에서 저장 4일과 12일째에 증가하는 유사한 경향으로 유의적으로 동일한 수준을 보였고, UA 처리구의 경우에는 저장 4일, 8일째 증가하였다가 저장 후기에는 감소되는 특징을 보였으나 그 차이는 크지 않았다. 적정산도의 경우 모든 처리구에서 저장 중 감소되는 경향을 보였으며 이는 Saftner 등의 연구 결과(16)와도 동일하였다. Lee 등(29)은 사과의 산도는 사과의 맛을 결정하는 주요 인자로 수확 직후 적정 수준의 당산비는 신선한 맛을 부여하지만 저장 중에 비율이 감소하므로 맛이 저하된다고 하였는데, 본 실험에서는 처리 당일 ascorbic acid가 처리된 UA 처리구와 AA 처리구의 적정산도가 가장 높은 것으로 나타났으나 UA 처리구의 경우에는 저장 중 그 값이 감소되는 경향을 보였으며 AA 처리구에서는 저장 8일째를 제외하고는 다른 처리구에 비해 유의적으로 미미하게 높은 값이 유지되었다.

한편, 포장 내부의 가스 측정 결과, 저장 중의 산소 농도는

모든 처리구에서 저장 초기에 급격히 감소하고 이산화탄소 농도는 급격히 증가하였음을 알 수 있었으며 이러한 결과는 저장 초기의 호흡 증가에 의한 것이라 보고한 Hwang 등(30)의 연구결과와 유사한 경향을 보였다. 저장 4일째까지는 US 처리구의 산소 농도가 유의적으로 높은 수준으로 유지되었으며 이산화탄소 농도는 계속해서 낮은 수준을 보였다. 무처리구에서는 저장 기간 동안 유의적으로 높은 수준의 이산화탄소 농도가 관찰되었으며 UA 처리구의 경우 US 처리구와 유의적으로 동일한 수준의 산소 및 이산화탄소 함량을 보였다.

**Table 2. Physicochemical properties changes of fresh-cut 'Jonathan' apples treated with ultrasound and ascorbic acid during storage at 10°C for 12 days**

	day at 10°C	Sample <sup>1)</sup>			
		Cont	US	AA	UA
Total soluble solids (%Brix)	0	6.80±0.10 <sup>ab</sup>	6.67±0.06 <sup>a</sup>	6.70±0.17 <sup>a</sup>	6.63±0.06 <sup>a</sup>
	4	6.83±0.06 <sup>a</sup>	6.50±0.00 <sup>c</sup>	6.60±0.00 <sup>b</sup>	6.83±0.06 <sup>a</sup>
	8	6.57±0.06 <sup>a</sup>	6.57±0.15 <sup>a</sup>	6.73±0.06 <sup>a</sup>	6.57±0.15 <sup>a</sup>
	12	6.67±0.06 <sup>b</sup>	6.77±0.06 <sup>a</sup>	6.63±0.06 <sup>b</sup>	6.60±0.00 <sup>b</sup>
pH	0	3.38±0.03 <sup>a</sup>	3.41±0.01 <sup>a</sup>	3.41±0.02 <sup>a</sup>	3.40±0.01 <sup>a</sup>
	4	3.48±0.01 <sup>a</sup>	3.47±0.01 <sup>a</sup>	3.48±0.01 <sup>a</sup>	3.49±0.02 <sup>a</sup>
	8	3.44±0.06 <sup>a</sup>	3.44±0.03 <sup>a</sup>	3.42±0.02 <sup>a</sup>	3.48±0.04 <sup>a</sup>
	12	3.48±0.03 <sup>a</sup>	3.50±0.02 <sup>a</sup>	3.47±0.03 <sup>ab</sup>	3.43±0.01 <sup>b</sup>
Titratable acidity (%)	0	0.61±0.03 <sup>bc</sup>	0.58±0.06 <sup>c</sup>	0.66±0.01 <sup>ab</sup>	0.69±0.00 <sup>a</sup>
	4	0.57±0.00 <sup>c</sup>	0.56±0.01 <sup>c</sup>	0.65±0.00 <sup>a</sup>	0.59±0.01 <sup>b</sup>
	8	0.58±0.03 <sup>a</sup>	0.55±0.01 <sup>ab</sup>	0.56±0.02 <sup>ab</sup>	0.54±0.02 <sup>b</sup>
	12	0.58±0.01 <sup>ab</sup>	0.49±0.03 <sup>c</sup>	0.60±0.04 <sup>a</sup>	0.54±0.02 <sup>bc</sup>
Oxygen (%)	0	18.50±0.10 <sup>b</sup>	19.10±0.20 <sup>a</sup>	18.70±0.26 <sup>b</sup>	19.13±0.06 <sup>a</sup>
	4	1.57±0.15 <sup>b</sup>	4.80±0.26 <sup>a</sup>	1.53±0.12 <sup>b</sup>	1.73±0.32 <sup>b</sup>
	8	2.10±0.20 <sup>ab</sup>	1.73±0.15 <sup>b</sup>	2.23±0.15 <sup>a</sup>	1.83±0.25 <sup>b</sup>
	12	1.40±0.20 <sup>b</sup>	1.47±0.21 <sup>ab</sup>	1.77±0.06 <sup>a</sup>	1.43±0.21 <sup>ab</sup>
Carbon dioxide (%)	0	0.57±0.06 <sup>a</sup>	0.43±0.06 <sup>b</sup>	0.47±0.06 <sup>b</sup>	0.40±0.00 <sup>b</sup>
	4	3.17±0.15 <sup>a</sup>	2.67±0.15 <sup>b</sup>	3.23±0.06 <sup>a</sup>	3.27±0.15 <sup>a</sup>
	8	3.57±0.21 <sup>a</sup>	3.10±0.20 <sup>b</sup>	3.07±0.21 <sup>b</sup>	3.03±0.15 <sup>b</sup>
	12	3.30±0.10 <sup>a</sup>	2.90±0.10 <sup>b</sup>	3.20±0.10 <sup>a</sup>	2.93±0.15 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Cont, control; US, treated with ultrasound at 40 kHz in distilled water; AA, just dipped in 1% ascorbic acid; UA, treated with ultrasound in 1% ascorbic acid solution.

<sup>2)</sup>Each value is expressed as the mean ± standard deviation (n=3). Means followed by different letters within the row (a-c) are significantly different (p<0.05).

## 요 약

신선절단 '홍옥' 사과와의 저장 중 품질에 대한 초음파 및 ascorbic acid의 병용처리의 효과를 조사하였다. 준비한 사과 절편을 초음파 처리(US), ascorbic acid 용액 침지처리(AA), 초음파 및 ascorbic acid 병용 처리(UA) 하였으며 10°C에서 12일간 저장하였다. UA 처리구에서는 높은 L\* 및 hue 값과 낮은 a\*, b\*, chroma 및 ΔE값이 관찰되었으나 반면 무처리구와 US 처리구에서는 상당한 수준의 갈변이 관찰되었다. UA 처리에 의하여 유의적으로 높은 수준의

polyphenol oxidase 활성 억제가 확인되었으며 처리 당일 UA 처리구에서 다른 처리구에 비해 높은 수준의 총 페놀성 화합물 함량이 측정되었고 모든 처리구에서 총 가용성 고형분 함량, pH, 적정산도 및 포장 내 가스 농도는 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 초음파와 ascorbic acid의 병용처리가 신선절단 '홍옥' 사과와의 효소적 갈변억제와 총 페놀성 화합물 함량의 유지에 효과가 있음을 확인하였다.

## 참고문헌

- Pollack, S.L. (2001) Consumer demand for fruit and vegetables: The U.S. Example. In: Changing structure of global food consumption and trade. Regmi, A.(Editor), DIANE Publishing, Washington, DC, p.49-54
- Rico, D., Martín-Diana, A.B., Barat, J.M. and Barry-Ryan, C. (2007) Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. Trends Food Sci. Technol., 18, 373-386
- Son, S.M., Moon, K.D. and Lee, C.Y. (2001) Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. Food Chem., 73, 23-30
- Ohlsson, T. (1994) Minimal processing-preservation methods of the future: an overview. Trends Food Sci. Technol., 5, 341-344
- Soliva-Fortuny, R.C. and Martín-Belloso, O. (2003) New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. Trends Food Sci. Technol., 14, 341-353
- Sapers, G.M., Hicks, K.B. and Miller, R.L. (2002) Antibrowning agents. In: Food additives. Branen, A.L., Davidson, P.M., Salminen, S., Thorngate, J.H. III.(Editors), Marcel Dekker Inc., New York, p.543 - 561
- Gil, M.I., Gorny, J.R. and Kader, A.A. (1998) Responses of 'Fuji' apple slices to ascorbic acid treatments and low-oxygen atmospheres. Hortscience, 33, 305-209
- Luo, Y. and Barbosa-Cánovas, G.V. (1997) Enzymatic browning and its inhibition in new apple cultivars slices using 4-hexylresorcinol in combination with ascorbic acid. Food Sci. Technol. Int., 3, 195-201
- Arias, E., González, J., Oria, R. and Lopez-Buesa, P. (2007) Ascorbic acid and 4-hexylresorcinol effects on pear PPO and PPO catalyzed browning reaction. J. Food Sci., 72, 422-429
- Montgomery, M.W., and Petropakis, H.J. (1980) Inactivation of Bartlett pear polyphenol oxidase with heat in the presence of ascorbic acid. J. Food Sci., 45, 1090-1091

11. Altunkaya, A. and Gökmen, V. (2008) Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). *Food Chem.*, 107, 1173-1179
12. Rojas-Graü, M.A., Sobrino-López, A., Tapia, M.S. and Martín-Belloso, O. (2006) Browning inhibition in fresh-cut 'Fuji' apple slices by natural antibrowning agents. *J. Food Sci.*, 71, 59-65
13. Özoglu, H. and Bayindirli, A. (2002) Inhibition of enzymic browning in cloudy apple juice with selected antibrowning agents. *Food Control*, 13, 213-221
14. Mason, T.J. and Paniwnyk, L. (2003) Ultrasound as a preservation technology. In: *Food preservation techniques*. Zeuthen, P.; Bøgh-Sørensen, L.(Editors), CRC Press, New York, p.303-337
15. Morris, C., Brody, A.L. and Wicker, L. (2007) Non-thermal food processing/preservation technologies: a review with packaging implications. *Packag. Technol. Sci.*, 20, 275-286
16. Saftner, R.A., Abbott, J., Bhagwat, A.A. and Vinyard, B. (2005) Quality measurement of intact and fresh-cut slices of Fuji, Granny Smith, Pink Lady, and GoldRush apples. *J. Food Sci.*, 70, 317-324
17. Jang, J.-H., Kim, S.-T. and Moon, K.-D. (2009) Inhibitory effects of ultrasound in combination with ascorbic acid on browning and polyphenol oxidase activity of fresh-cut apples. *Food Sci. Biotechnol.*, 18, 1417-1422
18. Rojas-Graü, M.A., Soliva-Fortuny, R. and Martín-Belloso, O. (2008) Effect of natural antibrowning agents on color and related enzymes in fresh-cut Fuji apples as an alternative to the use of ascorbic acid. *J. Food Sci.*, 73, 267-272
19. Park, J.Y. (1988) Apple cultivation. In: *Standard agriculture manual*. Park, S.H.(Editor) Rural development administration, Suwon, p.33-36
20. Mdluli, K.M. (2005) Partial purification and characterisation of polyphenol oxidase and peroxidase from marula fruit (*Sclerocarya birrea* subsp. *Caffra*). *Food Chem.*, 92, 311-323
21. Weller, A., Sims, C.A., Matthews, R.F., Bates, R.P. and Brecht, J.K. (1997) Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola slices. *J. Food Sci.*, 62, 256-260
22. Folin, O. and Denis, W. (1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.*, 12, 239-243
23. Monsalve-González, A., Barbosa-Cánovas, 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
24. Sapers, G.M. and Douglas, F.W. (1987) Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in juice of raw apple and pear fruits. *J. Food Sci.*, 52, 1258-1285.
25. Golan-Goldhirsh, A. and Whitaker, J.R. (1984) Effect of ascorbic acid, sodium bisulfite, and thiol compounds on mushroom polyphenol oxidase. *J. Agric. Food Chem.*, 32, 1003-1009
26. Murata, M., Kurokami, C., Homma, S. and Matsushashi, C. (1993) Immunochemical and immunohistochemical study of apple chlorogenic acid oxidase. *J. Agric. Food Chem.*, 41, 1385-1390
27. de Almeida Teixeira, G.H., Durigan, J.F., Mattiuz, B.-H., Alves, R.E. and O'Hare, T.J. (2006) Cultivar affects browning susceptibility of freshly cut star fruit slices. *Scientia Agricola*, 63, 1-4
28. Walter, W.M. and Purcell, A.E. (1980) Effect of substrate levels and polyphenol oxidase activity on darkening in sweet potato cultivars. *J. Agric. Food Chem.*, 28, 941-944
29. Lee, S.A., Park, H.W., Kim, S.H., Park, J.D. and Kim, Y.H. (2007) Hot water treatment and modified atmosphere packaging affect the freshness extension of 'Fuji' apples. *Korean J. Food Preserv.*, 14, 42-26
30. Hwang, T.Y., Son, S.M., Lee, C.Y. and Moon, K.D. (2001) Quality changes of fresh-cut packaged Fuji apples during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 33, 469-473

---

(접수 2009년 12월 29일, 채택 2010년 4월 2일)