

Effects of Processing Temperature and Browning Inhibitor on Quality Properties of Fresh-cut Burdock Roots

Hun-Sik Chung¹, Jong-Hwan Seong², Kwang-Deog Moon^{1,3*}

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

²Department of Food Science and Technology, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

³Division of Food Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

가공 온도 및 갈변 억제제가 신선절단 우영의 품질 특성에 미치는 영향

정헌식¹ · 성종환² · 문광덕^{1,3*}

¹경북대학교 식품생물산업연구소, ²부산대학교 식품공학과, ³경북대학교 식품공학부

Abstract

Fresh-cut burdock roots were processed at 4 and 25 °C, respectively. The fresh-cut burdock roots were treated with different browning inhibitors (3% citric acid, 3% sodium chloride, 0.3% cystein, and 3% sodium acetate solutions), and the changes in their quality and browning characteristics were investigated. The respiration rate and browning index of the cut roots prepared at 4 °C were lower than those of the cut roots prepared at 25 °C. The soluble solid content was higher in the cut roots prepared at 4 °C than in those prepared at 25 °C. The weight loss and flesh firmness were not affected by the processing temperatures. Among the browning inhibitors, 0.3% cystein showed the best browning-retarding effect. There was no difference in phenolic compound content between the browning-inhibitor-treated roots and the nontreated roots, but the PPO activity was higher in the latter than in the former. Therefore, the processing temperatures of fresh-cut burdock roots affected their quality and browning development, and the combination of a low processing temperature and the use of the proper browning inhibitor should be applied for the higher quality of the produce.

Key words : burdock, fresh-cut, browning, cystein, polyphenoloxidase

서 론

우영(*Arctium lappa*)은 국화과(*Asteraceae*)에 속하는 2년 생 초본으로 종자, 잎, 뿌리를 약용이나 식용으로 이용하는데, 근채류로 분류되는 뿌리는 식이섬유 함량이 풍부하고 특유한 조직감을 가져 조림, 찜, 샐러드, 무침, 튀김 등의 다양한 요리 재료로 사용된다(1). 근래에 들어 우영 뿌리의 유통 패턴은 소비자의 요구에 맞추어 신선절단 가공 제품이 차지하는 비율이 높아지고 있는 추세에 있으나 이의 품질관리 기술은 아직 미흡하여 고품질 유지를 위한 기술개발이 필요한 실정이다(2).

신선절단(fresh-cut) 가공이란 과일과 채소류의 신선미를

가능한 유지하면서 편의성을 부여할 수 있는 세척, 다듬기, 박피, 절단, 이화학적 처리 및 포장 등을 포함하는 일련의 조작이다(3). 이로 인해 원형에 비해 조직이 손상되어 수분 감소와 호흡량, 에틸렌 생성량, 세포막 분해, 효소적 갈변 및 미생물 번식 등의 증가와 같은 품질저하 유발 현상들이 비교적 빠르게 나타난다(4-6). 이러한 품질 저하 원인들을 제어하기 위한 화학적 방법으로는 chlorine, chlorine dioxide, organic acids, hydrogen peroxide, calcium salts, ozone, electrolysed water, natural preservatives 등의 처리법이 있고, 물리적 방법으로는 저온, modified atmosphere packaging (MAP), 코팅처리, 열처리, 감마선조사, 자외선조사, 고압처리 등이 있으며, 그리고 이상의 이화학적 방법을 적절히 병용하는 방법이 알려져 있다(7,8). 이러한 신선절단 과일과 채소류의 품질유지 방법의 효과는 품목, 품종 및 성숙도 등과 같은 여러 가지 요인들에 따라 각각 상이한 반응을

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

보이기 때문에 적용에 앞서 대상 품목에 대한 구체적인 검토가 선행되어야 한다(5,9). 또한 신선절단 가공시의 환경과 방법 등의 조건도 조직손상에 따른 품질저하 유발 현상들의 발현강도와 품질유지 방법의 효능이 상이하게 나타나므로 이에 대한 연구도 필수적이라 할 수 있다(10,11). 그러나 신선절단 우영에 대한 이화학적 품질유지 방법의 적용에 관한 연구는 물론이고, 우영 절단품의 품질에 상당한 영향을 미칠 것으로 보이는 절단조건의 영향에 대한 연구는 미미한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 고품질 신선절단 우영의 제조 및 유통시킬 수 있는 기술을 개발하기 위한 일환으로, 절단가공시의 온도와 갈변 억제제 처리에 따른 가공품의 저장 중 품질특성 변화를 비교 조사하였다.

재료 및 방법

재 료

실험용 우영 뿌리는 대구시 소재 농산물 시장에서 국내 산 상급품을 구입하여 4℃로 유지되는 저장고에서 보관하면서 사용하였다.

신선절단 우영의 제조

가공 온도가 신선절단 우영의 품질특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 다음과 같은 실험을 행하였다. 즉, 우영의 원형 뿌리를 4℃와 25℃로 각각 유지되는 가공실에서 평형 온도의 수도수로 세척한 후 송풍 건조시키고 sharp knife를 사용하여 박피, 0.5 cm 두께로 절단하고 증류수에 3분간 침지시킨 후 흡수지로 과잉의 표면 물기를 제거하였다. 그런 다음 각 절단온도별 시료 150 g을 플라스틱 용기에 담아 20 µm 두께의 low density polyethylene (LDPE) 필름 봉지에 넣어 열접착 밀봉 후 4℃에서 저장하면서 포장내 기체농도와 우영의 품질특성 분석용 시료로 사용하였다.

갈변 억제제 처리가 신선절단 우영의 갈변특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 다음과 같은 실험을 행하였다. 즉, 우영의 원형 뿌리를 실온에서 수도수로 세척한 후 송풍 건조시키고 sharp knife를 사용하여 박피, 0.5 cm 두께로 절단하고 3% citric acid, 3% sodium chloride, 0.3% cystein 또는 3% sodium acetate 용액에 3분간 침지시킨 후 흡수지로 과잉의 표면 물기를 제거하였다. 대조구는 증류수를 침지액으로 사용하였다. 그런 다음 각 처리 조건별 시료 150 g을 플라스틱 용기에 담아 20 µm 두께의 LDPE 필름 봉지에 넣어 열접착 밀봉 후 4℃에서 저장하면서 갈변특성 분석용 시료로 사용하였다.

포장 내 이산화탄소 농도 측정

포장 내부의 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℃, 운반기체는 헬륨(60 mL/min), 검출기는 TCD를 각각 사용하였다.

중량감소를 측정

신선절단 우영의 중량감소율은 처리 조건별로 시료를 취한 후 칭량하여 초기 중량에 대한 측정시의 감량률로 나타내었다.

갈변도 측정

신선절단 우영의 표면 갈변도는 표준 백색판(L=97.79, a=-0.38, b=2.05)으로 보정된 colorimeter (CR-200, Minolta Co, Osaka, Japan)를 사용하여 초기 값에 대한 ΔE 값을 측정하여 나타내었다.

과육경도 측정

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

총 페놀성 물질 함량 측정

총 페놀성 물질의 함량은 Folin-Ciocalteu법에 준하여 측정하였다(12). 즉, 동결건조 시료 2 g에 증류수 일정량을 가하고 추출, 여과한 다음 그 여과액 5 mL에 Folin-Ciocalteu reagent 5 mL를 가하고 3분간 정치한 다음 10% Na₂CO₃ 용액 5 mL를 가하였다. 이 혼합액을 1시간 동안 정치한 후 spectrophotometer(UV1601, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였고, chlorogenic acid 표준품으로 검량선을 작성하여 정량하였다.

Polyphenol oxidase 활성 측정

PPO 활성은 Coseteng과 Lee의 방법(13)에 준하여 측정하였다. 즉, 시료 10 g에 50 mM phosphate buffer (pH 7.0) 90 mL를 가하고 ice bath 상에서 마쇄, 원심분리(12,000 g, 10분)한 다음 그 상등액을 조효소액으로 하였다. 조효소액 1 mL에 100 mM phosphate buffer (pH 5.8) 1 mL와 1

% catechol solution 1 mL를 혼합하여 반응액을 만들고 spectrophotometer (Shimadzu)를 이용하여 420 nm에서 흡광도 증가를 측정하였다. 효소활성 1 unit는 1분당 0.001의 흡광도 증가로 하였다.

결과 및 고찰

가공 온도에 따른 품질 특성

원형 우엉 뿌리를 4°C와 25°C의 각 온도에서 신선절단 처리한 후 MAP 보관하면서 포장 내 이산화탄소 농도를 측정된 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 이산화탄소 농도는 저장 초반기에 증가한 후 일정하게 유지되는 경향을 보였으며, 그 농도는 25°C 절단구보다 4°C 절단구에서 낮음을 보였다. 일반적으로 신선절단 과일 및 채소류의 포장 내 이산화탄소 농도는 피포장물의 호흡에 의해 증가하며(14), 이는 포장 조건이 동일한 상태라면 피포장물의 호흡량 척도로 볼 수 있는데(7), 우엉의 경우에 낮은 온도에서 절단처리를 할수록 조직손상에 따른 제품의 호흡량 증가가 적게 나타나는 것으로 여겨진다. 따라서 신선절단 우엉 제조시 저온 작업이 호흡작용을 줄일 수 있어 품질유지에 유리할 것으로 생각된다.

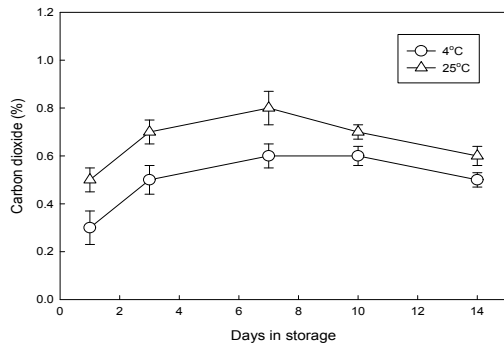


Fig. 1. Carbon dioxide concentration inside packages of fresh-cut burdock roots as affected by processing temperatures.

Values are mean±SD (n=3).

원형 우엉을 4°C와 25°C의 각 온도에서 신선절단 처리한 후 MAP 보관하면서 중량 감소율을 측정하였다(data 생략). 중량 감소율은 모든 처리구에서 경시적으로 증가하는 경향을 나타내었으나 절단온도에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았고 저장 3일 후 약 0.18%, 저장 7일 후 약 0.27%, 저장 10일 후 0.45% 및 저장 13일 후 0.63%를 각각 나타내었다. 이로써 절단 온도는 MAP 처리한 신선절단 우엉의 중량 감소에 영향을 거의 미치지 않는 것으로 확인되었다. 한편, 일반 과일과 채소류의 중량 감소는 수분의 증산이 주원인이며(15), 이는 절단 처리에 의해 더욱 촉진되지만 MAP에 의해 억제되는 것으로 알려져 있다(6,16). 신선절단 우엉의

중량 감소에 가공 온도의 영향을 보이지 않은 것은 MAP에 의한 고습도 유지 효과가 월등히 크기 때문인 것으로 생각된다.

신선절단 우엉을 4°C와 25°C에서 제조한 후 보관 중 갈변도(ΔE)를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 갈변도는 경시적으로 증가하는 경향을 보였으며, 그 증가정도는 가공 온도에 따른 유의적인 차이를 보였다. 즉, 갈변도는 저장 1일까지는 거의 차이를 보이지 않았으나 그 이후부터는 4°C 절단구가 25°C 절단구 보다 다소 느리게 증가함을 보였다. 이로써 저온에서 신선절단 우엉의 제조는 제품의 갈변을 지연시키는 것으로 확인되었다. 이러한 저온 절단구의 갈변도가 낮은 이유는 저온에서의 가공 중 효소적 갈변반응이 저해(17)되었기 때문인 것으로 생각된다.

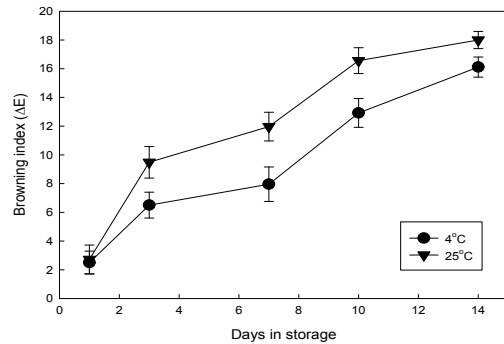


Fig. 2. Browning index (ΔE) of fresh-cut burdock roots as affected by processing temperatures.

Values are mean±SD (n=3).

신선절단 우엉을 4°C와 25°C에서 제조한 후 과육경도 변화를 측정하였다(data 생략). 저장 중 과육경도는 약간씩 증가하는 경향을 보였으나 절단 온도 간에 유의적인 차이는 보이지 않고 저장 1일 후 평균 25.73 kg/cm², 3일 후 30.00 kg/cm², 7일 후 34.77 kg/cm², 10일 후 36.38 kg/cm², 14일 후 36.44 kg/cm²를 각각 나타내었다. 따라서 신선절단 우엉 제조시 온도는 과육경도에 영향을 거의 미치지 않는 것으로 생각된다. 한편, 위와 같은 신선절단 우엉에서의 과육경도 변화 경향과는 달리 많은 신선절단 과일 및 채소류의 경도는 경시적으로 감소하는 것으로 알려져 있다(5).

신선절단 우엉을 4°C와 25°C에서 제조한 후 가용성 고형분 함량 변화를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 가용성 고형분 함량은 전반적으로 큰 변화를 보이지 않았으나 4°C 절단구가 25°C 절단구보다 높은 함량을 나타내었다. 이는 가용성 고형분이 호흡기질로 소비된다는 점을 볼 때 앞서 언급한 저온에 의한 호흡작용 억제와 관련이 있는 것으로 생각된다. 따라서 신선절단 우엉의 가용성 고형분 유지에 저온 절단이 효과적인 것으로 판단된다.

신선절단 우엉을 4°C와 25°C에서 제조한 후 온도에 따른 pH 변화를 측정하였다(data 생략). 전반적으로 pH는 경시적

으로 증가하는 경향을 보였으며, 절단온도에 따른 유의적인 차이를 보이지 않고 저장 1일 후 평균 6.00, 3일 후 6.07, 10일 후 6.12, 14일 후 6.17을 각각 나타내었다. 이로써 신선절단 우영의 pH에 절단온도는 영향을 미치지 않는 것으로 여겨진다. 한편, 저장 중 신선절단 우영의 pH가 증가한 것은 유기산의 소모와 관련이 있는 것으로 생각된다(18).

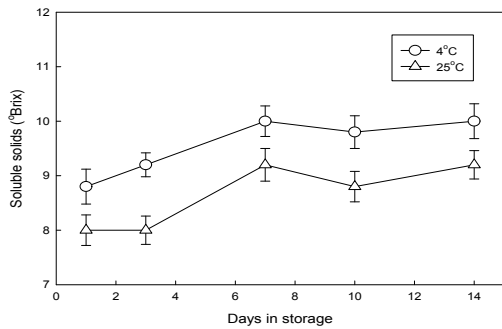


Fig. 3. Soluble solids of fresh-cut burdock roots as affected by processing temperatures.

Values are mean±SD (n=3).

갈변억제제에 따른 갈변 특성

각종 갈변억제제를 처리한 신선절단 우영의 갈변도(ΔE)를 측정된 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 갈변도는 전반적으로 증가하는 경향을 보였으나 그 증가정도는 처리조건에 따라 유의적인 차이를 보였다. 즉, 갈변억제제에 따른 갈변도의 증가속도는 0.3% cystein 처리구에서 가장 완만하였고 다음으로 3% sodium chloride 처리구, 3% citric acid 처리구, 3% sodium acetate 처리구, 대조구 순이었다. 저장 1일 후부터 처리구간에 갈변도 차이를 보이기 시작하였고 저장 5일 후부터 비교적 증가속도가 완만한 3% citric acid, 3% sodium chloride, 0.3% cystein의 세 처리구간에 차이를 보이기 시작하였다. 이로써 신선절단 우영의 경우 갈변억제제의 효과는 지효성이며, citric acid, sodium chloride, cystein이 갈변 억제효과를 가지며 이들 중 cystein이 가장 강한 억제효과를 가지는 것으로 확인되었다. 한편, cystein의 갈변

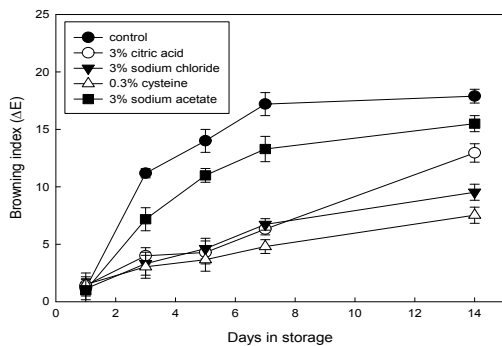


Fig. 4. Browning index (ΔE) of fresh-cut burdock roots as affected by browning inhibitors.

Values are mean±SD (n=3).

억제효과는 quinone의 환원, quinone과 반응하여 무색물질 생성, 효소작용 저해 등과 같은 작용에 기인된 것으로 알려져 있다(19).

신선절단 우영의 페놀성 물질 함량에 갈변 억제제 처리가 미치는 영향을 측정된 결과는 Table 1에 나타내었다. 저장 중 페놀성 물질 함량은 거의 변화지 않는 경향을 보였으며, 0.3% cystein 처리구가 다른 처리구보다 약간 높은 수준이었으나 그 외 처리구들 사이에는 큰 차이를 보이지 않았다. 이로써 신선절단 우영의 페놀성 물질 함량 변화에 갈변 억제제는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 페놀성 물질은 효소적 갈변의 기질이며(17), 사과와 같은 품종 의존적으로 페놀성 물질 함량이 갈변도와 연관성을 가지는 것으로 보고된 바 있다(13).

Table 1. Phenolic compounds of fresh-cut burdock roots as affected by browning inhibitor

Browning inhibitor	Phenolic compounds (mg/g DW)		
	Days in storage		
	0	7	14
Control	1.58±0.33 ¹⁾	1.89±0.34	2.04±0.32
3% Citric acid	1.94±0.34	1.58±0.40	1.57±0.26
3% Sodium chloride	1.83±0.38	1.53±0.47	1.93±0.59
0.3% Cystein	2.46±0.43	2.30±0.43	2.22±0.34
3% Sodium acetate	1.88±0.37	1.69±0.34	1.87±0.25

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

각종 갈변 억제제를 처리한 신선절단 우영의 PPO 활성을 측정된 결과는 Table 2와 같다. PPO 활성은 전반적으로 큰 변화를 보이지 않았으며, 갈변 억제제 처리구보다 대조구에서 비교적 높았고 갈변 억제제 처리구 간에는 앞서 언급한 갈변도 결과와는 달리 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 이로써 모든 갈변 억제제는 상호 강도 차이 없이 신선절단 우영의 PPO 활성을 저해하는 효과를 가지는 것으로 확인되었다. PPO는 페놀성 물질의 산화에 관여하는 효소이

Table 2. Polyphenol oxidase activity of fresh-cut burdock roots as affected by browning inhibitor

Browning inhibitor	Polyphenol oxidase activity (units)		
	Days in storage		
	0	7	14
Control	26.35±2.52 ¹⁾	25.36±2.09	27.93±2.78
3% Citric acid	18.67±1.29	22.69±1.14	21.94±2.03
3% Sodium chloride	21.98±2.95	21.40±2.56	22.84±2.80
0.3% Cystein	19.59±1.68	21.91±3.08	20.21±2.05
3% Sodium acetate	17.78±2.86	20.64±2.14	23.45±1.66

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

며(17), 사과와 경우에 PPO 활성은 갈변도와 정의 상관관계를 가지는 것으로 알려져 있다(20). 그러나 신선절단 우영의 갈변은 페놀성 물질 함량과 PPO 활성과는 연관성이 낮은 것으로 생각된다.

이상의 모든 결과를 종합해 보면, 신선절단 우영 제조시 저온(4°C) 가공은 상온(25°C) 가공 보다 제품의 호흡량과 갈변도를 적게 하고 가용성 고형분 함량은 높게 유지하는 효과를 가지는 것으로 확인되었다. 또한 신선절단 우영의 갈변 억제에 cystein이 가장 효과적이며 sodium chloride와 citric acid도 유효한 것으로 나타났다. 따라서 고품질 신선절단 우영의 제조와 유통을 위해서는 저온에서 적절한 갈변 억제제 처리를 포함한 가공 공정이 이루어 져야 할 것으로 생각된다.

요 약

신선절단 우영의 제조에 있어 가공 온도와 갈변 억제제의 영향을 구명하기 위하여, 4°C와 25°C에서 제조하거나, 각종 갈변 억제제(3% citric acid, 3% sodium chloride, 0.3% cystein, 3% sodium acetate 용액)에 침지 처리한 신선절단 제품의 품질 및 갈변 특성을 조사하였다. 가공온도 4°C 제품이 25°C 제품보다 호흡량과 갈변도는 낮았으며 가용성 고형분 함량은 높았다. 반면에 제품의 중량 감소율과 과육경도는 가공온도의 영향을 거의 보이지 않았다. 갈변 억제제의 종류에 따라 제품의 갈변도는 다르게 나타났으며 그 중 0.3% cystein 처리가 갈변을 가장 지연시키는 효과를 보였다. 제품의 페놀성 물질 함량은 갈변 억제제 처리 유무에 따른 큰 차이를 보이지 않았고, PPO 활성은 갈변 억제제 처리구보다 무처리구에서 비교적 높은 수준을 보였다. 이로써 가공 온도가 신선절단 우영 제품의 갈변을 포함한 품질 특성에 영향을 미치는 것이 확인되었고, 고품질 제품을 위해서는 저온 가공에 적절한 갈변 억제제 처리가 병행되어야 할 것으로 여겨진다.

참고문헌

- Han SJ, Koo SJ (1993) Study on the chemical composition in bamboo shoot, lotus root and burdock. Korean J Soc Food Sci, 9, 82-87
- Lim JH, Jeong MC, Moon KD (2006) Purification and characterization of polyphenol oxidase from burdock (*Arctium Lappa* L.). Korean J Food Preserv, 12, 489-495
- 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
- Watada AE, Abe K, Yamauchi N (1990) Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. Food Technol, 44, 116-122
- Toivonen PMA, Brummell DA (2008) Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. Postharv Biol Technol, 48, 1-14
- Brecht JK (1995) Physiology of lightly processed fruits and vegetables. Hortsci, 30, 18-22
- 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
- Oms-Oliu G, Rojas-Grau MA, Gonzalez LA, Varela P, Soliva-Fortuny R, Hernando MIHH, Munuera IP, Fiszman S, Martin-Belloso O (2010) Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: a review. Postharv Biol Technol, 57, 139-148
- Romig WR (1995) Selection of cultivars for lightly processed fruits and vegetables. Hortsci, 30, 38-40
- Aguila JS, Sasaki FF, Heiffig LS, Ortega EMM, Jacomino AP, Kluge RA (2006) Fresh-cut radish using different cut types and storage temperatures. Postharv Biol Technol, 40, 149-154
- Kenny O, O'Beime D (2010) Antioxidant phytochemicals in fresh-cut carrot disks as affected by peeling method. Postharv Biol Technol, 58, 247-253
- Singleton VL, Rossi JA (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American J Enol Viticult, 16, 144-158
- Coseteng MY, Lee CY (1987) Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. J Food Sci, 52, 985-989
- Exama A, Arul J, Lencki RW, Lee LZ, Toupin C (1993) Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. J Food Sci, 58, 1365 - 1370
- Sastry SK, Baird CD, Buffington DE (1978) Transpiration rates of certain fruits and vegetable. ASHRAE Transactions, 84, 237-255
- Sandhya (2010) Modified atmosphere packaging of fresh produce: current status and future needs. LWT-Food Sci Technol, 43, 381-392
- 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
- Kim DM, Smith NL, Lee CY (1993) Quality of minimally

- processed apple slices from selected cultivars. *J Food Sci*, 58, 1115-1117
19. Richard FC, 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. Rocha AMCN, Morais AMMB (2001) Polyphenoloxidase activity and total phenolic content as related to browning of minimally processed 'Jonagored' apple. *J Sci Food Agric*, 82, 120-126

(접수 2011년 9월 26일 수정 2011년 12월 26일 채택 2012년 1월 13일)