

## 열수 및 유기산 처리가 ‘대보’ 박피밤의 저장 시 품질에 미치는 영향

오성일 · 김만조\*

국립산림과학원 특용자원연구과

### Effects of Mild Heat and Organic Acid Treatments on the Quality of ‘Daebo’ Peeled Chestnut during Storage

Sung-Il Oh and Mahn-Jo Kim\*

Division of Special-purpose Trees, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-847, Korea

**요약:** ‘대보’ 박피밤의 갈변 및 품질에 화학물질(ascorbic acid, citric acid, calcium chloride: 1% 용액)과 물리적(진공포장, 50°C 증류수) 처리가 미치는 영향을 조사하였다. 박피밤 색도의 L값은 모든 처리구에서 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타낸 반면,  $\Delta E$ 값은 점차 증가하는 경향을 보였다. 일반포장 처리구가 급격히 색 변화가 일어나는데 비해 화학 및 물리적 처리구는 완만한 변화를 보였다. 특히 calcium chloride 처리구는 색 변화가 거의 일어나지 않았다. 관능적 품질평가 결과, 상품성은 일반포장 처리구가 10일간 유지되었던 반면 화학 및 물리적 처리구들은 35일간 상품성이 유지되었다. 따라서 ‘대보’ 박피밤의 화학 및 물리적 처리는 갈변을 억제시킴으로써 박피밤의 관능적 품질유지에 효과적이었고, 특히 1% calcium chloride 침지 후 진공포장하는 것이 박피밤의 품질유지와 갈변 억제에 가장 효과적인 것으로 판단되었다.

**Abstract:** The effects of dip treatments of chemicals (ascorbic acid, citric acid, calcium chloride: 1% solution) and physicals (vacuum packing, 50°C distilled water) on the browning and quality of ‘Daebo’ peeled chestnut were studied. During the storage, the surface color of the samples showed higher  $\Delta E$  values and lower L values than that of the initial sample. The color with the normal packing treatment hardly changed, unlike in the chemical and physical treatments. The calcium chloride treatment showed less color change than other treatments. The marketable quality was maintained for 10 days with the normal packing and for 35 days with the chemical and physical treatments. Thus, the chemical and physical treatments, especially with vacuum packing after 1% calcium chloride treatment, extended the shelf-life of the ‘Daebo’ peeled chestnut by inhibiting the browning.

**Key words:** *Castanea crenata*, quality, browning, storage, shelf-life

## 서 론

우리나라에서 밤은 예로부터 관혼상제에 빠져서는 안 되는 중요한 과실로 영양가가 풍부하여 식량대용 및 기호 식품으로 널리 이용되어 왔으며, 대표적인 산림단기소득 품목 중 하나로 알려져 있다. 밤나무는 참나무과(*Fagaceae*) 밤나무속(*Castanea*)의 낙엽활엽성 교목으로 원산지는 아시아, 유럽, 북아메리카 및 북아프리카 등 4개 대륙에 걸쳐 있으며, 북반구의 온대지역에 많이 분포하고 있다. 주요 재배 수종으로는 일본밤나무(*Castanea crenata* Sieb et Zucc), 중국밤나무(*C. mollissima* Blume), 유럽밤나무(*C.*

*sativa* Miller), 미국밤나무(*C. dentata* Borkhausen) 등이 재배 생산되고 있다(Kim et al., 2006).

최근 식품시장 개방의 가속화와 사회 여건의 변화, 식품의 다양화와 고급화 및 간편화 추세에 따라 안전하고 편리한 식품 공급체계 확립이 식품산업에서 주요 과제로 부각되고 있다(Hathaway, 1999). 이러한 이유로 근래에 농산물이 박피, 절단 및 세척되어 소비자가 편리하게 이용할 수 있는 신선편이(Fresh-cut) 제품의 수요가 크게 증가하고 있다(Kim et al., 2009). 그러나 신선편이 형태의 제품은 원형 산물에 비해 박피와 절단 등 가공공정을 거치므로 원형 상태에 비해 조직이 손상되어 호흡량, 에틸렌 생성량, 세포막 분해, 효소적 갈변 및 미생물 번식 등의 증가와 수분감소와 같은 품질저하 유발 현상들이 비교적 빠

\*Corresponding author  
E-mail: chestnut@forest.go.kr

르게 진행된다(Toivonen and Brummell, 2008; Watada et al., 1990).

국내 밤은 품질이 우수하나 유럽이나 중국밤에 비하여 외피가 두껍고 내피의 과육부착 정도가 심하여 소비 시 이용에 불편한 단점을 갖고 있다. 이러한 단점은 최근 각종 과일 및 채소류에 응용되고 있는 신선편이 제품의 응용을 통해 해결할 수 있게 되었는데(Oh and Kim, 2014), 밤과실을 박피하여 세척 후 진공포장하여 판매하는 것이 그 예이다. 밤의 박피 방법으로는 스팀, 칼날, 마찰, 화학 및 화염 박피 등 5가지 방법이 주로 사용되고 있다. 그중 칼날 박피 방식은 수율이 떨어지지만 쉽고 빠르게 밤의 내·외피를 박피할 수 있어 산업적으로 널리 이용되고 있다. 하지만 칼날 박피로 인한 밤과실 절단면의 효소적 갈변은 세포 속에 존재하던 페놀성 물질이 조직 파괴로 인해 산소와 접촉하게 되면서 polyphenoloxidase(PPO)의 작용을 받아 quinone으로 산화되고 다시 중합반응을 거듭하여 갈색물질이 생성되는 반응의 결과이며 신선편이 제품의 shelf-life를 결정하는 주된 요인으로 알려져 있다(Tomas-Barberan and Espin, 2001). 신선편이 제품에서 갈변억제 및 품질 유지 방법은 과일과 채소에서 많이 연구되어 왔으며, 갈변억제 방법으로는 화학물질처리(Cocci et al., 2006), 열처리(Park et al., 2013), 코팅처리(Perez-Gago et al., 2006), 포장(Lee et al., 2003) 등의 방법이 효과가 있는 것으로 보고된 바 있다. 하지만 박피밤의 갈변 및 품질 유지에 대한 연구는 단편적으로 진행되었을 뿐 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 박피밤의 갈변억제 방법 중 화학적 처리 방법인 ascorbic acid, citric acid, calcium chloride와 물리적 처리 방법인 열처리와 진공포장처리가 갈변 및 저장에 미치는 영향을 조사하여, 박피밤의 품질 유지 및 활용도를 증진시키고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료 및 처리

실험에 사용한 밤은 2013년 9월 국립산림과학원 밤나무시험림에서 수확한 '대보' 품종의 밤을 사용하였으며, 박피는 칼날방식 박피기를 사용하여 박피 후 실험에 사용하였다. 박피한 밤은 증류수에 세척, 50°C의 증류수에 60초, 1% ascorbic acid, 1% citric acid 그리고 1% calcium chloride용액에 3분 동안 침지시킨 후 흡수지로 밤 표면의 물기를 제거하였다. 물기가 제거된 박피밤은 무작위로 10개씩 75 µm 두께의 PE+Nylon재질의 7-layer 필름(8 inch, ROLPAK Co., Korea)에 넣고 진공포장 후 4°C로 설정된 Multi-room incubator(SH-77BL, Human Co., Korea)에 저장하였다. 무처리구는 증류수에 세척한 박피밤을 7-layer

필름에 넣고 밀봉하였다. 박피밤 10개를 1반복으로 하여 3반복씩 5일 간격으로 35일 동안 과실의 품질변화를 관찰하였다.

### 2. 과실 품질 및 특성조사

박피밤의 중량감소율은 초기중량과 저장 35일 후 측정된 시료의 중량 차이를 초기중량에 대한 백분율(%)로 나타내었으며, 수분함량은 수분측정기(MOC-120H, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 105°C에서 가열건조 질량측정 방식으로 분석하였다.

박피밤의 색도는 표준백판(L=97.40, a=-0.49, b=1.96)으로 보정된 Chromameter(CR-400, Minolta Co., Japan)를 사용하여 측정하였으며, 과실의 바깥쪽 면의 주두와 좌면 사이를 20반복으로 Hunter L, a 그리고 b값을 측정하였다. 각 처리구간 색도의 차이는 초기 값에 대한 색차(color difference, ΔE)를 이용하여 분석하였으며 계산식은 다음과 같다.

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

박피밤의 경도는 물성측정기(CR-3000EX-S, Sun Scientific Co., Japan)를 이용하여 측정하였고, 당도는 과육의 중앙부를 채취하여 즙을 낸 후 당도계(RA-510, Kyoto Electronics MFG Co., Japan)를 이용하여 측정하였으며, 조사는 20반복으로 저장기간 동안 관찰하였다.

저장기간 동안 박피밤의 부패율은 저장시료를 육안으로 관찰하여 부패된 과실의 개수를 전체 개수에 대한 백분율(%)로 표시하였다.

관능적 품질평가는 5명의 훈련된 평가원에 의해 시료의 식미, 식감, 이취를 평가하였다. 박피 밤의 식미, 식감 그리고 이취는 5일 간격으로 개봉 즉시 20반복으로 측정하였으며, Meilgaard et al.(1991)의 방법을 응용하여(5=매우 좋음; 4=좋음; 3=보통; 2=안 좋음; 1=매우 안 좋음) 5점 척도법으로 평가하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 박피밤의 표면색도 변화

화학 및 물리적 처리에 의한 박피밤의 색도 변화를 조사하였다(Figure 1). L값은 모든 처리구에서 감소하는 경향을 보였으며, 저장 시작일로부터 저장 35일 후 변동된 L값을 측정된 결과, 세척 후 일반포장(A) 처리구에서 4.2, 세척 후 진공포장(B) 처리구에서 3.5, 열수(C) 처리구에서 3.0, ascorbic acid(D) 처리구에서 2.0, citric acid(E) 처리구에서 2.2 그리고 calcium chloride(F) 처리구에서 0.7로 calcium chloride 처리구가 명도의 변화폭이 가장 적었고 일반포장 처리구가 가장 크게 나타났다. a값은 일반포장

처리구에서 저장 초기부터 급격히 증가하여 저장 35일 후 저장 초기보다 1.9만큼 증가하였다. 다른 처리구들은 일반포장 처리구보다 변화폭이 적었으며, 처리구간 유의성이 인정되지 않았지만 물리적 처리보다 화학적 처리에서 변화폭이 적은 경향을 보였다. b값은 모든 처리구에서 저장기간이 경과할수록 증가하는 경향을 보였다. 모든 처리구들의  $\Delta E$ 값은 상승하는 경향을 보였는데 일반포장 처리구의 저장 초기  $\Delta E$ 값은 24.6이었으며 저장 10일까지 급격히 증가하여 저장 35일 후에는 28.5로 모든 처리구중 그 값이 가장 높았다. 다른 처리구들은 일반포장 처리구보다 변화폭이 적었으며, 그중 calcium chloride 처리구가  $\Delta E$ 값의 가장 소폭으로 변화하였다. 신선편이 식품에서 변색은 매우 중요한 품질변화 요인 중 하나로 알려져 있으며, 박피밤의 경우 저장 및 유통 중에 갈변이 쉽게 발생하여 상품성이 낮아지는 문제점이 있다(Oh and Kim, 2014). 갈변의 원인으로는 과육의 조직 손상으로 인한 polyphenol oxidase(PPO)의 유출 및 활성증가로 polyphenol의 산화에 의해 발생한다(Martinez and Whitaker, 1995). 따라서 본 연구의 결과에서는 밤의 박피 과정에서 과육의 조직이 손상되어 갈변이 발생하였지만, 갈변 유기물질의 산화를 유기하는 산소를 진공포장으로 차단했을 뿐만 아니라 열처리 및 화학적 처리로 PPO활성이 불활성화되거나 환원되

어 갈변이 억제되었다고 판단된다. 또한, 박피밤의 갈변억제에 calcium chloride처리가 가장 효과적인 것으로 나타났다. 신선절단 멜론의 경우에 calcium chloride처리가 저장 중 과육의 경도유지에 효과적이며(Luna-Guzman et al., 1999), 이는 calcium이 펙틴질과 결합하여 세포벽 구조를 강화시키기 때문인 것으로 알려져 있다(Poovaiah, 1986). 이러한 점과 신선절단 감자와 사과와 갈변속도가 조직유지의 기본인 세포막의 안정도와 밀접한 관계가 있다는 점을 고려해 볼 때(Cantos et al., 2002; Chung and Lee, 1996), 박피밤의 갈변이 억제된 것은 calcium에 의한 조직 강화 효과도 일부 기여한 것으로 판단된다.

## 2. 박피밤의 품질 변화

화학 및 물리적 처리에 의한 박피밤의 중량과 수분감소율을 조사한 결과는 Figure 2와 같다. 중량감소율은 일반포장 처리구가 14.2%로 가장 높게 나타났으며, 다른 처리구들은 0.6~1.0% 수준으로 중량감소율을 보였다. 수분감소율도 중량감소율과 유사한 경향을 보였는데, 일반포장 처리구가 12.8%로 수분감소가 가장 많았으며 화학 및 물리적 처리구들은 1.4~3.1%의 수분감소율을 나타냈다. 이는 일반포장 처리구와 달리 다른 처리구들은 진공포장을 하였기 때문에 수분 손실억제 및 고수분 유지로 인한 박

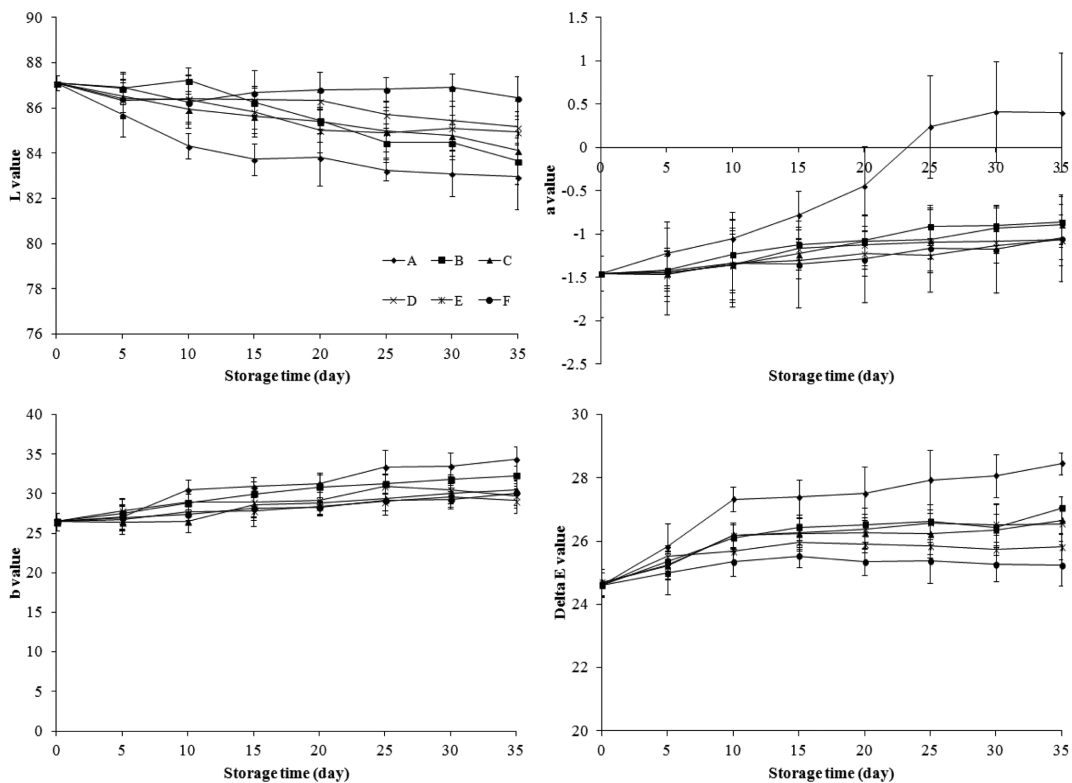


Figure 1. Changes in color of 'Daebo' peeled chestnut by chemical and physical treatments. A, distilled water+packing; B, distilled water+vacuum packing; C, distilled water at 50°C+vacuum packing; D, 1% ascorbic acid+vacuum packing; E, 1% citric acid+vacuum packing; F, 1% calcium chloride+vacuum packing. Means±SD(n=20) with different letters above a bar are significantly different at  $p < 0.05$ .

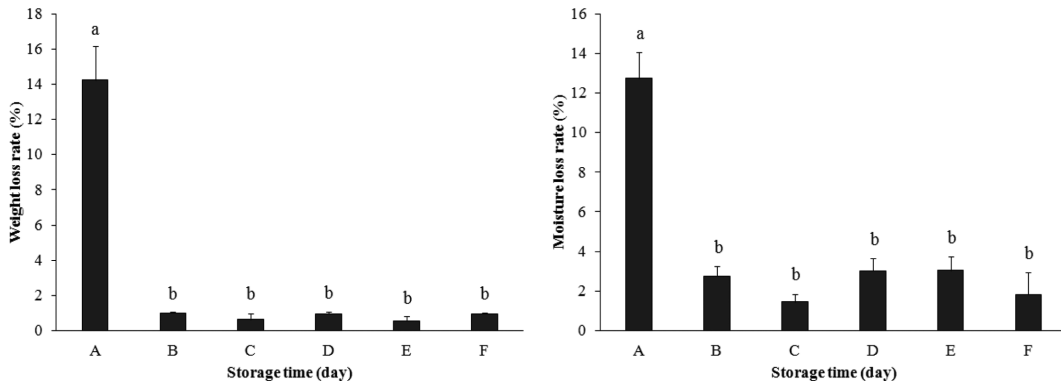


Figure 2. Weight and moisture loss rate after 35 days storage of ‘Daebo’ peeled chestnut by chemical and physical treatments. A, distilled water+packing; B, distilled water+vacuum packing; C, distilled water at 50°C+vacuum packing; D, 1% ascorbic acid+vacuum packing; E, 1% citric acid+vacuum packing; F, 1% calcium chloride+vacuum packing. Means±SD (n=3) with different letters above a bar are significantly different at p<0.05.

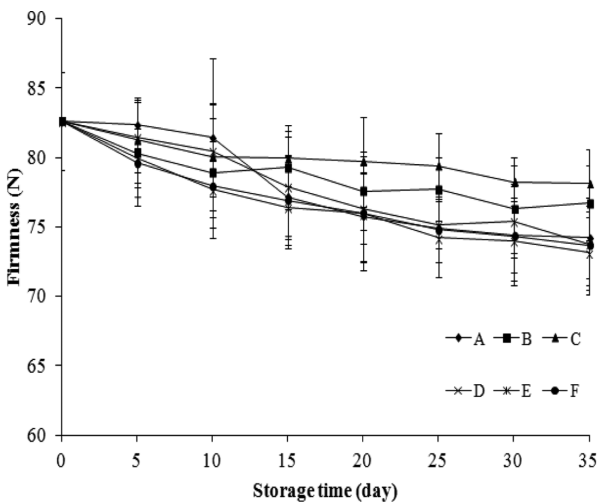


Figure 3. Changes in firmness of ‘Daebo’ peeled chestnut by chemical and physical treatments. A, distilled water+packing; B, distilled water+vacuum packing; C, distilled water at 50°C+vacuum packing; D, 1% ascorbic acid+vacuum packing; E, 1% citric acid+vacuum packing; F, 1% calcium chloride+vacuum packing. Means±SD(n=20) with different letters above a bar are significantly different at p<0.05.

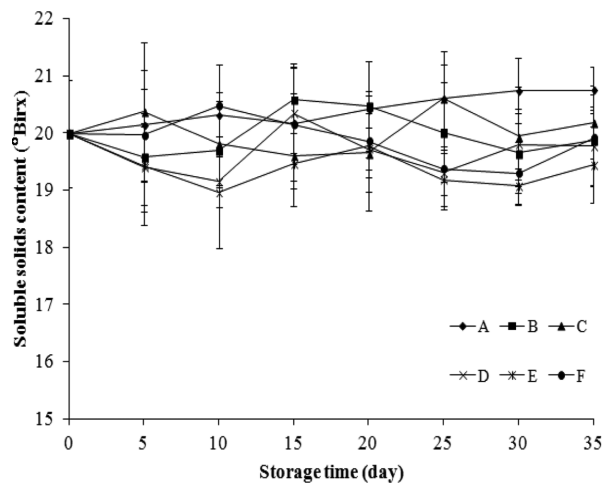


Figure 4. Changes in soluble solids content of ‘Daebo’ peeled chestnut by chemical and physical treatments. A, distilled water+packing; B, distilled water+vacuum packing; C, distilled water at 50°C+vacuum packing; D, 1% ascorbic acid+vacuum packing; E, 1% citric acid+vacuum packing; F, 1% calcium chloride+vacuum packing. Means±SD(n=20) with different letters above a bar are significantly different at p<0.05.

피밤의 중량감소를 효과적으로 방지하였으며(Chang et al., 2012), 진공포장으로 인한 포장 내부의 산소차단이 호흡 속도를 감소시켜 중량감소가 적었다고 생각된다.

화학 및 물리적 처리에 의한 박피밤의 경도 변화를 조사한 결과(Figure 3), 모든 처리구에서 저장기간이 경과함에 따라 감소하였으며, 처리구간 유의성은 나타나지 않았다. 다만 일반포장 처리구에서 저장 10일 후 경도가 급격히 감소하였고 다른 처리구들은 완만히 감소하는 경향을 보였다. 일반적으로 과실은 저장기간 동안 polygalacturonase (PG)와 같은 세포벽분해효소에 의해 과육의 경도가 감소한다(Tavarini et al., 2009). 본 실험에서는 일반포장구가 다른 처리구들(진공포장)보다 호흡속도가 증가하여 세포벽 분해효소의 활성을 촉진시켰기 때문에 경도가 급격히

감소하였다고 판단된다. 화학 및 물리적 처리에 의한 박피밤의 당도 변화는 Figure 4와 같다. 당도의 변화는 모든 처리구에서 유의성이 나타나지 않았으며, 저장기간 동안 19.0~20.8 °Brix 수준으로 나타났다. Hwang(2011)의 연구에서는 당함량이 저장 초기에는 호흡에 의해 감소하다가 그 이후 전분 분해에 의한 당의 생산량이 증가한다고 하여 본 실험과 일치하지 않았다. 본 실험에서 사용한 밤은 수확 후 5개월 동안 저장한 밤을 박피하여 실험하였기 때문에 이미 밤과육 내부의 전분이 당으로 전환되어 실험 저장기간 동안 당함량의 변화가 크지 않았다고 생각된다.

화학 및 물리적 처리에 의한 박피밤의 관능적 품질은 식미와 식감 그리고 이취로 평가하였다(Figure 5). 박피밤의 식미와 식감 그리고 이취는 모든 처리구에서 저장기간이 경과할수록 감소하는 경향을 보였다. 식미의 경우 일반포

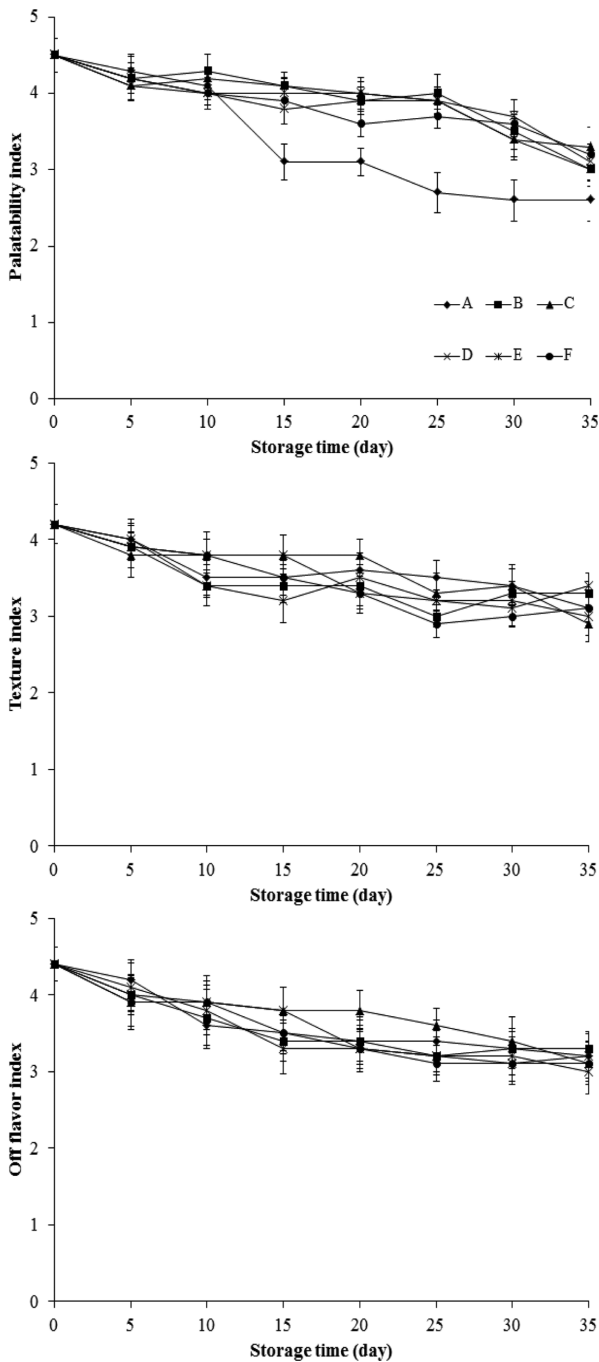


Figure 5. Changes in sensory of ‘Daebo’ peeled chestnut by chemical and physical treatments. A, distilled water+packing; B, distilled water+vacuum packing; C, distilled water at 50°C+vacuum packing; D, 1% ascorbic acid+vacuum packing; E, 1% citric acid+vacuum packing; F, 1% calcium chloride+vacuum packing. Means±SD(n=20) with different letters above a bar are significantly different at p<0.05.

장 처리구가 다른 처리구보다 저장 10일 후 급격하게 감소하였으며, 식감과 이취는 저장기간 동안 감소하였지만 처리구간 유의차가 인정되지 않았다. 이취 발생은 제품 포장 내부의 낮은 O<sub>2</sub> 및 높은 CO<sub>2</sub> 농도에 의한 혐기적 호흡 과정의 산물로 알려져 있다(Smyth et al., 1998). 본 연구

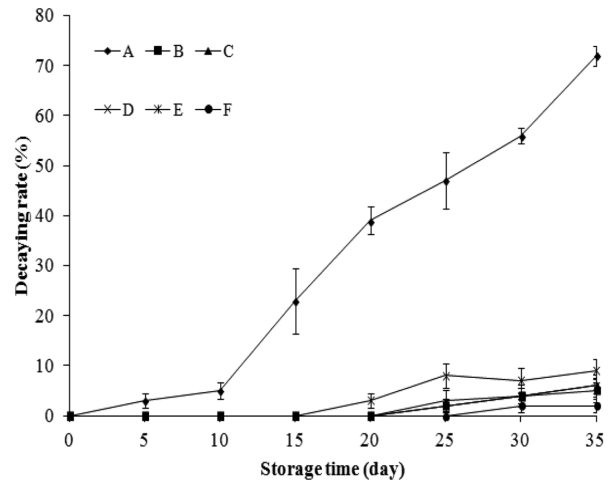


Figure 6. Changes in decaying rate of ‘Daebo’ peeled chestnut bychemical and physical treatments. A, distilled water+packing; B, distilled water+vacuum packing; C, distilled water at 50°C+vacuum packing; D, 1% ascorbic acid+vacuum packing; E, 1% citric acid+vacuum packing; F, 1% calcium chloride+vacuum packing. Means±SD(n=10) with different letters above a bar are significantly different at p<0.05.

에서도 밀봉 및 진공포장으로 인한 포장 내부의 낮은 O<sub>2</sub> 농도가 이취를 발생시켜 품질이 저하되었고 식미와 식감에 영향을 미쳤다고 판단된다. 박피밤의 부패율은 모든 처리구에서 저장기간 동안 증가하였다(Figure 6). 특히 일반포장 처리구는 저장초기부터 부패가 진행되어 저장 10일 후 급격하게 증가하였다. 박피밤의 저장 한계를 부패율 10%로 보았을 때 일반포장 처리구에서 10일 그리고 다른 처리구들은 35일정도 저장이 가능할 것으로 판단된다. 또한 화학 및 물리적 처리구에서 저장성이 증가한 이유는 진공포장에 의한 산소 및 미생물 번식 차단(Park et al., 2008)이 주된 이유라고 생각된다.

이상의 연구결과에서 저장기간 동안 화학 및 물리적 처리에 의한 ‘대보’ 박피밤의 품질 차이는 일반포장 처리구를 제외하고 다른 처리구간의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 박피밤의 색도변화는 일반포장 처리구가 갈변이 가장 많이 발생하였으며, 진공포장의 단일처리보다는 열수 및 화학적 처리 후 진공포장 한 처리구에서 색도변화가 적었다. 특히 calcium chloride처리구가 색도변화가 가장 적어 갈변억제에 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 박피밤의 포장 전 1% calcium chloride 침지 후 진공포장하는 것이 저장성 향상에 효과적이라고 판단된다. 그러나 소비자들의 화학적 식품첨가물에 대해 기피하는 경향으로 인하여 최근에는 천연 갈변억제제(한약재, 허브 등의 추출물)에 대한 연구가 진행되고 있다. 앞으로 박피밤에서도 천연 갈변억제제를 이용하여 품질 및 저장성을 향상시킬 수 있는 연구가 추후 필요할 것으로 여겨진다.

## References

- Cantos, E., Tudela, J.A., Gil, M.I., and Espin, J.C. 2002. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 3015-3023.
- Chang, M.S., Park, M.J., Kim, J.G., and Kim, G.H. 2012. Effects of various packaging materials on the quality of heat treated lotus roots during storage. *Korean Journal of Food Preservation* 19: 807-812.
- Chung, H.M. and Lee, G.C. 1996. Effects of dipping and pre-heating treatments on susceptibility to browning of potato slices during cold storage. *Korean Journal of Food and Cookery Science* 12: 535-540.
- Cocci, E., Rocculi, P., Romani, S., and Rosa, M.D. 2006. Changes in nutritional properties of minimally processed apples during storage. *Postharvest Biology and Technology* 39: 265-271.
- Hathaway, S. 1999. Management of food safety in international trade. *Food Control* 10: 247-254.
- Hwang, J.Y. 2011. Changes in quality characteristics of peeled chestnuts with storage temperature. *Korean Journal of Food and Nutrition* 24: 71-78.
- Kim, J.G., Choi, S.T., and Pae, D.H. 2009. Effect of heat treatment and dipping solution combination on the quality of peeled potato 'Jopung'. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 27: 256-262.
- Kim, M.J., Kim, S.C., and Lee, U. 2006. Chestnut cultivars in Korea. KOREA FOREST RESEARCH INSTITUTE. pp. 7-16.
- Lee, J.S., Park, Y.J., Hwang, T.Y., Kim, I.H., Kim, S.I., and Moon, K.D. 2003. Quality characteristics of minimally processed sweet-pumpkin during storage. *Korean Journal of Food Preservation* 10: 6-10.
- Luna-Guzman, I., Cantwell, M., and Barrett, D.M. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl<sub>2</sub> dips and heat treatment on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biology and Technology* 17: 201-213.
- Martinez, M.V. and Whitaker, J.R. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends in Food Science and Technology* 6: 195-200.
- Meilgaard, M., Civille, G.V., and Carr, B.T. 1991. Sensory evaluation techniques. 2nd ed. CRC press.
- Oh, S.I. and Kim, M.J. 2014. Changes in quality characteristics of peeled chestnut 'Tsukuba' according to storage temperature and peeling method. *Korean Journal of Plant Resources* 27: 72-79.
- Park, J.H., Hong, S.I., Jeong, M.C., and Kim, D.M. 2013. Effect of mild heat and organic acid treatments on the quality of fresh-cut lotus roots. *Korean Journal of Food Preservation* 20: 23-29.
- Park, K.J., Jeong, J.W., Lim, J.H., and Kim, B.K. 2008. Quality changes in peeled lotus roots immersed in electrolyzed water prior to Wrap- and vacuum-packaging. *Korean Journal of Food Preservation* 15: 622-629.
- Perez-Gago, M.B., Serra, M., and Del Rio, M.A. 2006. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings. *Postharvest Biology and Technology* 39: 84-92.
- Poovaiah, B.W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruit and vegetables. *Food Technology* 40: 86-89.
- Smyth, A.B., Song, J., and Cameron, A.C. 1998. Modified atmosphere packaged cut iceberg lettuce: Effect of temperature and O<sub>2</sub> partial pressure on respiration and quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 4556-4562.
- Tavarini, S., Degl'Innocenti, E., Remorini, D., Massai, R., and Guidi, L. 2009. Polygalacturonase and β-galactosidase activities in Hayward Kiwifruit as affected by light exposure, maturity stage and storage time. *Scientia Horticulturae* 120: 342-347.
- Tomas-Barberan, F.A. and Espin, J.C. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 853-876.
- Toivonen, P.M.A. and Brummell, D.A. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48: 1-14.
- Watada, A.E., Abe, K., and Yamauchi, N. 1990. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology* 44: 116-122.

---

(Received: August 6, 2014; Accepted: September 16, 2014)