



수삼의 저장온도가 유통 중 품질에 미치는 영향

이지현*† · 최지원* · 홍윤표* · 김금숙**

*농촌진흥청 국립원예특작과학원 저장유통연구팀, **농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

Effects of Storage Temperature on Quality of Fresh Ginseng during Distribution

Ji Hyun Lee*†, Ji Weon Chio*, Yoon Pyo Hong* and Geum Soog Kim**

*Postharvest Research Team, NIHHS, RDA, Wanju 55365, Korea.

**Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumsung 27709, Korea.

ABSTRACT

Background : This study was conducted to determine out the effect of storage temperature on the quality of fresh ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) during distribution.

Methods and Results : Fresh ginseng was washed, packed in 30 μm low density polyethylene (LDPE) film, then stored at 0, -2 and -4°C. After 4 weeks of storage, ginseng was then stored at 5°C, as a simulation of the distribution process. Ginseng stored at -4°C showed higher respiration rate, ethylene production and electrolyte conductivity during the distribution phase than those stored at 0 and -2°C. Decay and browning rate rapidly increased following 3 weeks of distribution in samples stored -4°C. However ginseng stored -2°C, which is below freezing point, for 4 weeks did not show the physiological change or quality deterioration. Ginsenoside contents decreased during storage for all plant, but did not differ significantly between storage temperatures.

Conclusions : Storage at temperatures below -2°C can negatively affect respiratory characteristics and electrolyte leakage and increase quality deterioration and decay rates during distribution.

Key Words : *Panax ginseng* C. A. Meyer, Fresh Ginseng, Quality, Respiration, Storage Temperature

서 언

수삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 70%이상의 수분을 함유하고 있는 살아있는 유기체로서 저장이나 유통과정 중에 부패되거나 손상이 일어나기 쉽기 때문에 (Kim *et al.*, 2002) 수확 직후 대부분 홍삼이나 백삼과 같은 가공된 형태로 유통되어왔다. 그러나 최근 소비자의 건강에 대한 관심이 높아지면서 인삼에 대한 인식이 높아져 인삼 가공품 뿐만 아니라 수삼의 수요가 꾸준히 증가하고 있으며 수삼형태의 수출요구도 높은 상황이지만 현재의 수삼 수확후 품질관리 기술은 유통 중 수삼의 신선도를 유지하기 어려운 실정이다.

현재 수삼의 처리과정은 대부분 수확 후 현장에서 크기별로 선별한 후 폴리에틸렌 필름에 70 kg 내외로 담아 골판지 상자

에 넣어 결박하여 저온저장고로 입고된다. 이와 같은 방법은 포장단위가 커서 수삼 취급 시 조직의 손상이 많고, 포장 내부의 균일한 온도조절이 어렵게 된다. 현장에서는 포장 내부까지 저온을 유지하여 수확 시 오염된 미생물에 의한 변질을 억제하고자 저장온도를 -2에서 -4°C로 유지하는 경우가 많다 (Kim *et al.*, 2007). 그러나 이와 같은 저장온도는 저장이 끝난 직후 유통 중 수삼의 품질에 영향을 미칠 수 있는 중요한 요인이 될 수 있으나 이에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

수삼의 수확후 품질변화와 관련한 선행연구로 세척 및 필름 포장 방법에 따른 부패율과 외관품질변화에 대한 연구가 있었고 (Kim *et al.*, 2002, 2007), 저장기간 중 전분, 유리당 등의 내부품질 변화를 분석 보고한 바 있다 (Yun and Lee, 1999; Sohn *et al.*, 2001). 저장온도와 관련한 연구는 Kim

†Corresponding author: (Phone) +82-63-238-6531 (E-mail) leejh80@korea.kr

Received 2015 September 23 / 1st Revised 2015 October 7 / 2nd Revised 2015 October 20 / 3rd Revised 2015 November 2 / Accepted 2015 November 2

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

등 (2011a, b)이 온도 0, -1.5, -3°C에서 16주간 저장하며 다양한 품질요인들의 변화를 검토하여 적정 저장온도를 설정한 바 있다. 그러나 각각의 저장온도에서 저장이 끝난 후 유통이 이루어질 때 품질변화에 대한 연구는 아직 발표된 것이 없다. 현재의 저장방식에서 수삼을 빙결점 온도보다 낮추어 저장하는 것은 미생물 제어에 도움이 될 수 있으나 이것이 유통 중에도 유효한 영향을 미칠지에 대해서는 검토해보아야 한다. 따라서 본 연구에서는 일반적으로 권고되는 저장온도 0°C, 수삼의 빙결점 온도에 가까운 -2°C 그리고 그보다 낮은 -4°C에서 4주간 저장한 수삼을 5°C에서 모의유통을 진행하며 품질변화를 분석하여 저장온도가 유통 중 수삼의 생리적 특성과 품질에 미치는 영향을 확인하였다.

재료 및 방법

1. 시료 및 처리

시험재료는 충북 증평군에서 재배된 4년근 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)을 10월 말에 수확하여 외관상태가 양호하고 모양이 균일하며 개체당 무게가 약 45 ± 5 g 정도인 수삼을 선별하여 사용하였다. 선별된 수삼은 실험실에서 부드러운 솔로 세척하고 깨끗한 물로 2차에 걸쳐 행군 다음 외부의 흐르는 물기를 티슈로 닦고 약 30분간 외기에서 건조하였다. 외관 상태가 우수한 것을 선별하여 30 μ m 두께 low density polyethylene (LDPE) 소재의 필름에 3개씩 담아 밀봉하여 포장하였다. 포장된 수삼은 각각의 저장온도 0, -2, -4°C에서 4주간 저장한 뒤 모두 꺼내어 온도를 5°C로 설정한 저장고에 넣고 5주 동안 모의유통을 하며 품질을 분석하였다. 품질평가를 위한 시료는 각 처리별로 5봉투씩 무작위로 꺼내어 사용하였다.

2. 호흡량 및 에틸렌 발생량 분석

수삼의 저장온도가 호흡과 에틸렌 발생에 미치는 영향을 분석하기 위해 각각의 온도에서 4주간 저장된 수삼을 5°C로 옮겨 모의유통을 시작하였을 때부터 약 5주간 측정하였다. 부피 1 l의 밀폐용기에 수삼 2개씩 넣고 1시간 보관 후 용기내부에 축적된 가스를 1 ml 주사기로 채취하여 gas chromatography (450-GC, Varian, Harbor City, CA, USA)에 주입하여 CO₂와 C₂H₄를 분석하였다. CO₂ 분석의 detector는 thermal conductivity detector (TCD), column은 active carbon (60/80 mesh)으로 충전된 packed column을 사용하였으며, 분석조건은 injector 110°C, oven 70°C, detector 온도 150°C로 설정하였다. C₂H₄ 분석은 CO₂ 분석과정과 동일하며, detector는 flame ionization detector (FID), detector 온도는 200°C로 설정하여 분석하였다. 필름내부 가스조성 측정은 필름 포장 내부의 O₂ 및 CO₂ 농도는 O₂/CO₂ analyzer (CheckMate, PBI Dansensor, Ringsted, Denmark)를 이용하여 측정하였다.

3. 전해질 용출도 분석

수삼의 동체부위를 1 cm 두께로 횡단면으로 자르고 다시 지름 5 mm Cork borer를 이용하여 일정한 크기로 잘라 5조각을 취하고 비커에 담아 증류수 30 ml을 가하였다. 이를 30분간 교반한 후 conductivity (Orion Star A211, Thermo Scientific Orion, Waltham, MA, USA)를 이용하여 전기전도도를 측정하였다.

4. 수삼 품질분석

중량 감소율은 수삼시료 입고 시 중량에 대해 일정기간 경과 후 감소하는 중량을 백분율 (%)로 나타내었다. 수삼의 부패율은 부패개체 발생률 (%)과 부패진행정도 (%)로 구분하여 나타내었으며 부패개체 발생률은 처리구의 총 수삼 개수에 대해 부패공평이가 발생한 개체의 수를 백분율로 표시하고 부패진행정도는 수삼의 전체 면적에 대해 부패공평이가 진행된 면적을 백분율로 환산하였다. 수삼의 갈변율은 뇌두와 세근부위로 구분하여 분석하였으며 갈변개체 발생률과 갈변정도를 구분하여 부패율 측정과 같은 방식으로 분석을 진행하였다.

5. 관능평가

수삼의 관능적 품질평가는 인삼의 품질변화에 이해도가 높은 연구원 9명이 참가하여 뇌두, 동체, 세근의 상품성, 인삼고유의 향, 쓴맛, 단맛에 대해 평가하였다. 점수는 각 요인에 대한 신선도 및 강도에 따라 5단계의 점수로 부여하여 나타내었다. 뇌두, 동체, 세근의 상품성 점수기준은 1점 = 신선도가 매우 떨어져 구매의사가 전혀 없는 수준, 3점 = 신선도가 약간 떨어졌으나 구매할 의사가 있는 수준, 5점 = 수확한 날의 품질과 같이 매우 신선하여 구매지수가 높은 수준으로 구분하였다. 인삼고유의 향, 쓴맛, 단맛에 대한 점수기준은 1점 = 거의 없음, 2점 = 향이나 맛이 조금 느껴짐, 3점 = 향이나 맛이 적당함, 4점 = 향이나 맛이 강하게 느껴짐, 5점 = 매우 강함으로 구분하였다.

6. Ginsenoside 함량 분석

수삼시료는 ginsenoside 분석을 위해 동결건조기에서 120시간 건조 후 분쇄하여 사용하였다. Ginsenoside 추출 및 전처리 는 Kim 등 (2008)의 방법을 참고하여 실시하였다. 분말시료 2 g에 50% MeOH로 초음파 추출하고 이 시료액 1 ml을 취하여 Sep-Pak Plus C18 cartridge (Waters, Milford, MA, USA)를 이용 SPE (solid phase extraction) 전처리한 뒤 시료액을 준비하였다. 준비된 시료액은 HPLC system (Agilent 1100 series, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)을 이용하여 ginsenoside 함량을 측정하였다. 분석 컬럼은 YMC-Pack ODS AM (250 × 4.6 mm, 5 μ m, YMC Inc. Allentown, PA, USA), 이동상조건은 acetonitrile (A), water

(B)를 혼합하여 기율기 용리로 용출하였다. 용출 조건은 27% A 용매로 10분간 용출하고, 35분간 27% A → 42% A 용매로 기율기 용출, 2분간 42% A → 95% A 용매로 기율기 용출 후 15분 동안 95% A 용매로 용출하였다. 이동상의 유속과 컬럼의 온도는 각각 0.8 ml/min, 43°C로 하였고, UV 검출기 파장은 203 nm로 하여 분석하였다. Ginsenoside standard는 Chromadex사 (Irvine, CA, USA)의 ginsenoside Rb₁, Rb₂, Rc, Rd, Re, Rf, Rg₁, Rg₂ 등을 구입하여 사용하였다.

7. 통계처리

호흡량과 에틸렌발생량 및 ginsenoside 함량은 처리당 3반복, 필름내부 가스농도, 중량감소율, 부패율, 갈변율은 5반복으로 분석하여 평균값과 표준오차 (standard error)로 나타내었고, 실험결과와 통계처리는 R프로그램 (version 3.1.0, www.r-project.org)을 사용하여 분산분석 (ANOVA)을 하였다. 처리간 유의차 검증은 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 5% 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 수삼의 호흡생리 변화

각각의 온도 0, -2, -4°C에서 4주간 저장된 수삼이 5°C에서 유통하는 동안 호흡량의 변화는 Fig. 1과 같다. 저장 직후 5°C에 꺼낸 수삼의 호흡량은 9.5 - 11.5 ml/kg·h로 저장온도별로 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 유통 1주가 경과하였을 때 0°C와 -2°C 저장삼은 호흡량이 약 16 ml/kg·h인데 반해 -4°C 저장삼은 24.2 ml/kg·h로 약 1.5배 높은 경향을 나타내었다. 유통 후기에 -4°C 저장삼은 높은 호흡량이 유지되었으며

0°C와 -2°C 저장삼은 서서히 증가하는 경향이었으나 두 처리간의 차이는 발견되지 않았다. 수삼의 호흡량과 관련한 실험에서 Kim 등 (2005a)은 온도별로 호흡량을 측정하였는데 5°C의 경우 약 10 ml/kg·h로 보고하여 본 실험보다 다소 낮은 경향을 나타내었다. 이는 본 실험의 경우 시료를 세척하였기 때문으로 생각되며, 예비실험에서 세척과 비세척의 호흡량을 비교한 바, 세척 수삼의 호흡량이 높은 것을 확인하였다 (data not shown).

수삼의 저장온도가 유통 중 에틸렌 발생량의 변화에 미치는 영향은 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 수삼은 수확 후 에틸렌발생량이 0.2 ppm/kg·h 이하로 극미량이 검출되지만 -4°C 저장삼의 경우 유통 1주 경과 후 0.33 ppm/kg·h로 0.2 ppm/kg·h 이하인 0°C와 -2°C 저장삼에 비해 높은 경향이었고, 유통 후기에 처리간 차이가 감소하였다.

수삼 유통 중 포장필름 내부의 가스농도 변화는 Fig. 3과 같다. 필름내부의 O₂ 농도는 0°C 저장삼의 경우 유통 중 약 12 - 13%를 유지하는 경향이었으나 -4°C 저장삼은 점점 감소하여 7.3%의 낮은 농도를 나타내었다. 필름내부의 CO₂ 농도는 이와 반대로 -4°C 저장삼이 가장 높은 농도를 유지하였고 0°C 저장삼이 1.8 - 1.9%로 처리구 중 가장 낮은 농도를 유지하였다. -2°C 저장삼의 경우 중간의 농도를 유지하다가 유통 후기에 0°C 저장삼과 유사한 농도를 나타내었다. 같은 유통온도에서 필름 내부 O₂ 농도가 낮고 CO₂ 농도가 높게 유지되었다는 것은 -4°C 저장삼의 호흡량이 0°C와 -2°C 저장삼에 비해 높아 상대적으로 산소의 소비와 이산화탄소의 배출이 높았기 때문인 것으로 추측할 수 있으며, 실제 호흡량의 측정에서도 -4°C 저장삼의 유통 중 호흡량이 다른 저장삼에 비해 높아 이를 다시 한번 확인하였다. 결론적으로 -4°C에 저장하였

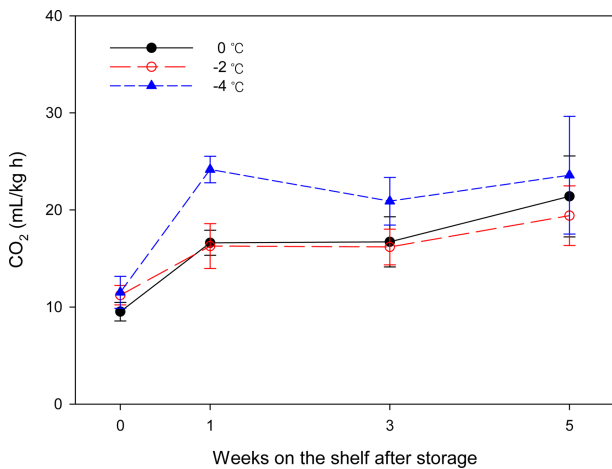


Fig. 1. Changes in respiration rate of fresh ginseng on the shelf at 5°C after 4 weeks of storage at different temperature. Values are means ± standard error (n = 3).

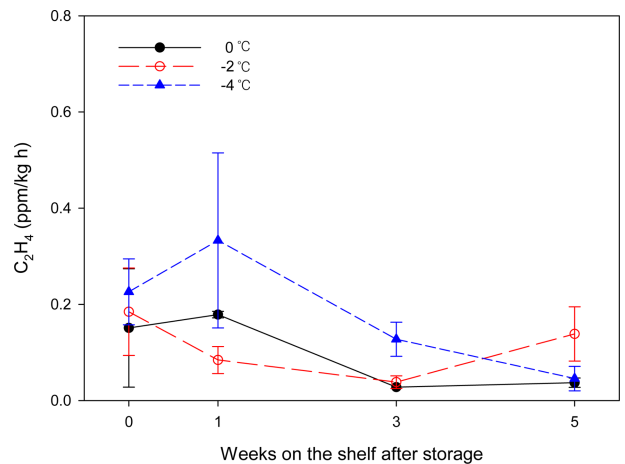


Fig. 2. Changes in ethylene production of fresh ginseng on the shelf at 5°C after 4 weeks of storage at different temperature. Values are means ± standard error (n = 3).

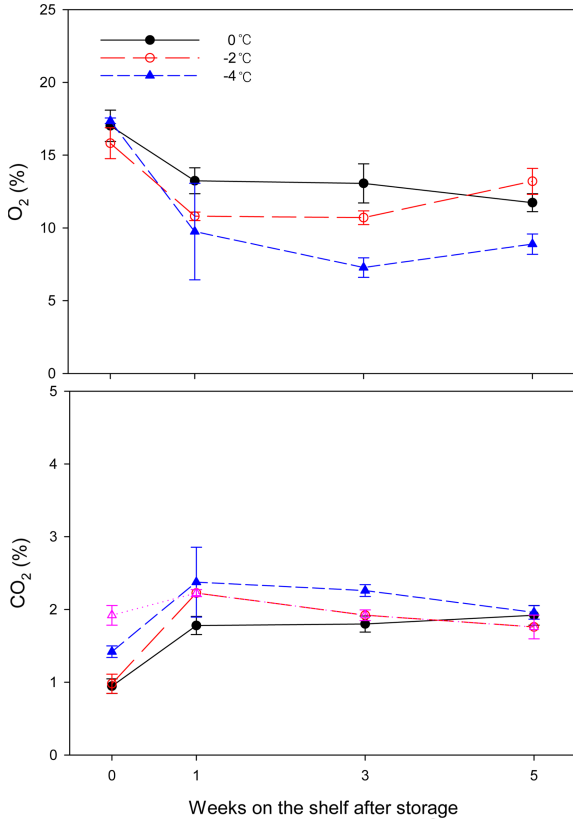


Fig. 3. Changes in O₂ and CO₂ concentration in package of fresh ginseng on the shelf at 5°C after 4 weeks of storage at different temperature. Values are means ± standard error (n = 5).

던 수삼은 유통 중 호흡과 같은 대사작용이 0°C와 -2°C 저장삼에 비해 높아져 유통 중 수삼의 품질에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

농산물이 저장 및 유통 중 호흡과 에틸렌이 증가하는 이유는 여러 가지가 있으며 호흡급등형 작물인 경우 성숙단계로 넘어가는 생리적 변화에 의한 것이거나 부패균 오염 혹은 온도 및 공기조성 등의 갑작스런 환경변화에 대한 스트레스에 의해 호흡과 에틸렌이 증가한다고 하였다 (Lee *et al.*, 2013). 또한 Kimmerer와 Kozlowski (1982)는 다양한 스트레스로 인해 이산화탄소 발생량이 증가한다고 보고하였다. 본 실험에서 -4°C 저장삼의 호흡량과 에틸렌이 유의하게 높았던 것은 환경 스트레스에 대한 반응으로 보여지며 0°C와 -2°C에서 4주간 저장하였던 수삼은 유통 중 스트레스 성 반응이 -4°C 저장삼에 비하여 적은 것으로 판단된다.

2. 전해질 용출도의 변화

전해질 용출도는 주로 저온장해의 정도를 파악하기 위해 측정되어 왔는데 (Kang *et al.*, 2002) 그 수치는 조직의 손상 정도를 나타내어 조직의 안정성과 더 나아가 미생물에 대한 안

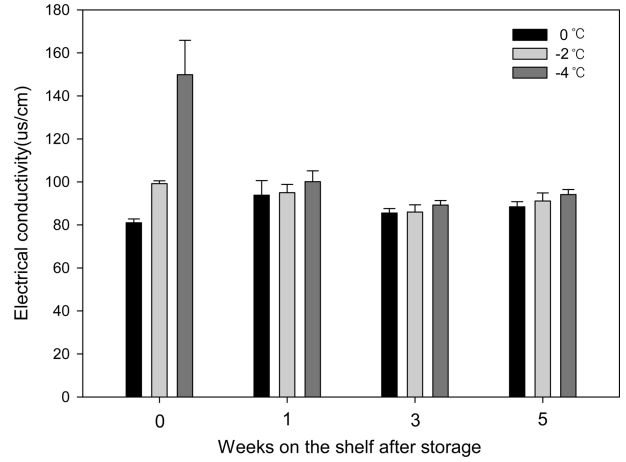


Fig. 4. Changes in electrical conductivity of fresh ginseng on the shelf at 5°C after 4 weeks of storage at different temperature. Values are means ± standard error (n = 5).

정성을 추측할 수 있는 근거가 될 수 있다. 각각의 저장온도에서 4주간 저장 후 전해질 용출도를 분석하였을 때 (Fig. 4), 0, -2, -4°C 저장삼은 각각 81.0, 99.2, 149.8 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 저장온도가 낮을수록 급격히 높은 수치를 나타내었다. 저장기간이 끝난 후 5°C에서 1주간 유통하였을 때는 0, -2, -4°C 저장삼이 각각 93.8, 95.0, 100.1 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 0°C 저장삼은 전해질 용출도가 조금 높아진 반면, -2, -4°C 저장삼의 전해질 용출도는 감소하였고 전체적으로는 역시 저장온도가 낮을수록 전해질 용출도가 높은 경향이었다. 5°C 유통이 3, 5주간 경과하였을 때는 전해질 용출도가 유통 1주보다 전반적으로 낮아졌고, 온도별 전해질 용출도는 유통 1주 때와 마찬가지로 저장온도가 낮을수록 높은 경향이었으나, 통계 처리하였을 때 유의적인 차이는 보이지 않았다.

온도 -2와 -4°C 저장삼의 저장 직후 전해질 용출도가 급격하게 증가하였다가 5°C 유통 1주 후 0°C 저장삼과 유사한 수치를 나타내었는데, 이는 분석 당시 저장된 수삼을 상온 실험실로 옮겨와 3시간 이내에 분석을 수행하였던바 짧은 시간 내에 큰 온도변화에서 조직손상이 더욱 빠르게 진행되었기 때문으로 해석된다. Lindberg (1976)는 식물세포가 동해로 손상되었지만 아직 살아있는 경우 상온으로 즉시 이동 시 죽을 수 있으며, 0-5°C에서 회복될 수 있다고 보고하였는데, 본 실험에서도 5°C 1주 경과 후 -2°C 이하의 저장삼이 0°C 저장삼의 전해질 용출도와 유사하여 서서히 회복이 된 것으로 판단된다. 또한 Palta 등 (1977)의 실험에서 식물세포의 동해 후 세포의 물리화학적 특성은 해동 1-2주가 경과한 뒤 나타난다고 하였는데, 본 실험에서 1-2주가 경과한 뒤에 온도별로 전해질 용출도에 유의한 차이가 없는 것으로 보아 회복이 많이 진행된 것으로 판단할 수 있다. 동해의 피해가 노출된 온도와 기간에 의해 복합적인 영향을 받는다고 보고되어 있어 (Lim *et al.*,

수삼의 저장온도가 유통 중 품질에 미치는 영향

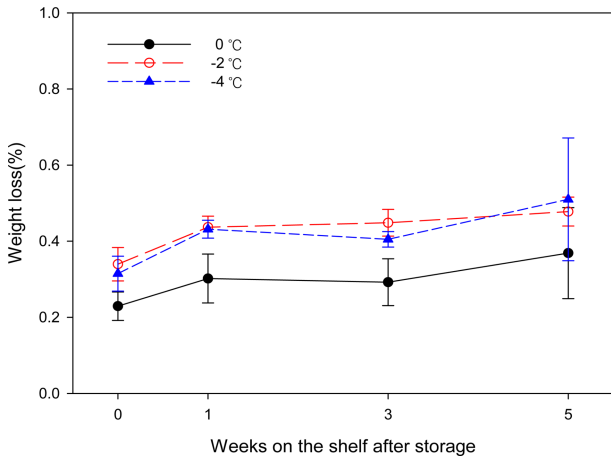


Fig. 5. Changes in weight loss of fresh ginseng on the shelf at 5°C after 4 weeks of storage at different temperature. Values are means \pm standard error (n = 5).

2005), 동해에 대한 회복의 가능성과 정도도 동결온도와 저장 기간에 따라 다를 것으로 생각된다.

3. 수삼의 품질 변화

저장직후 수삼의 중량 감소율은 0°C 저장삼이 0.23%로 가장 낮았고 -2°C와 -4°C 저장삼은 각각 0.34, 0.32%로 0°C 저장삼에 비해 높은 경향이었다 (Fig. 5). 유통 중 중량 감소율은 미미하게 증가하였으며 저장직후의 차이가 그대로 유지

되는 경향이었다. 저장 중에 발생한 중량 감소율의 차이는 영하의 저장온도에서 호흡에 의해 발생한 수분이 포장지 내부에서 결빙됨에 따라 포장 내부의 상대습도가 낮아져 이로 인해 수삼으로부터의 수분이동이 더 컸기 때문으로 판단되며 (Kim et al., 2011a), 유통온도로 모두 옮겨졌을 때는 저장온도 간의 중량감소 속도 차이는 없는 것으로 판단된다.

수삼 유통 중 품질저하의 한 요인으로 갈변증상이 발생하였으며 이를 수치화한 것은 Table 1에 나타내었다. 갈변증상은 -2°C이하의 저장삼에서만 발견되었고 발생한 부위에서 조직의 수침현상도 함께 나타나 동해피해인 것으로 판단된다. 작물의 동결점은 당함량 등 내부성분 함량에 따라 다르고 (Park and Hong, 2009), 조직의 차이가 있어 수삼의 부위에 따라 다르다고 (Kim et al., 2006) 하였는데, 수삼에서는 뇌두와 세근부위에서 동결점 도달에 따른 동해피해 증상이 먼저 나타나는 것으로 관찰되었다. -4°C 저장삼의 경우 유통 1주부터 갈변증상이 뇌두와 세근에서 나타나기 시작하였고 유통기간이 경과될수록 갈변개체 발생률이 높아지고 갈변진행정도가 심해지는 경향을 보였다. 반면 -2°C 저장삼은 뇌두부위에서 일부 발견되기도 하였으나 갈변정도가 약하였고 세근부위에서는 전혀 나타나지 않았다.

수삼 유통 중 부패율의 변화는 Table 2에서 보는 바와 같다. 수삼의 부패는 주로 뇌두부분에서 곰팡이 균사가 자라나며 시작되었다. 곰팡이 균사가 나타나기 시작한 부패개체 발생률은 유통 1주까지 거의 나타나지 않았으나 유통 3주가 되었을 때

Table 1. Changes in browning of fresh ginseng on the shelf at 5°C after 4 weeks of storage at different temperature.

Region of ginseng	Storage temp. (°C)	Browning rate (%)			Severity of browning (%)		
		Weeks on the shelf after storage			Weeks on the shelf after storage		
		1	3	5	1	3	5
Rhizome	0	0.0a	0.0b	0.0b	0.0a	0.0b	0.0b*
	-2	0.0a	20.0ab	0.0b	0.0a	3.0ab	0.0b
	-4	13.3a	40.0a	46.7a	2.0a	6.0a	10.0a
Fine root	0	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b
	-2	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b
	-4	26.7a	40.0a	73.3a	4.0a	11.0a	12.0a

*Values within a column followed by the same letters are not significantly different at the 0.05 level as determined by DMRT.

Table 2. Changes in decay of fresh ginseng on the shelf at 5°C after 4 weeks of storage at different temperature.

Storage temp. (°C)	Decay rate (%)			Severity of decay (%)		
	Weeks on the shelf after storage			Weeks on the shelf after storage		
	1	3	5	1	3	5
0	6.7a	6.7b	0.0b	1.0a	3.0b	0.0b*
-2	0.0a	0.0b	6.7b	0.0a	0.0b	1.0b
-4	0.0a	73.3a	80.0a	0.0a	11.0a	19.0a

*Values within a column followed by the same letters are not significantly different at the 0.05 level as determined by DMRT.

Table 3. Sensory evaluation of fresh ginseng on the shelf at 5°C after 4 weeks of storage at different temperature.

Weeks on the shelf	Storage temp. (°C)	Marketability index ¹⁾			Ginseng odor ²⁾	Bitter taste ²⁾	Sweet taste ²⁾
		Rizome	Main root	Fine root			
3	0	3.7a	4.1a	4.3a	3.3a	2.4a	3.2a*
	-2	3.4a	4.0a	4.1a	3.0a	2.3a	2.7a
	-4	3.7a	4.1a	3.4b	3.3a	2.7a	2.7a
5	0	4.1a	3.9a	4.1a	3.6a	3.8a	3.1a
	-2	3.7a	4.0a	3.8ab	2.7a	2.7a	3.1a
	-4	3.4a	3.7a	3.2b	2.7a	2.9a	2.1b

¹⁾Marketability index; 1-very poor and not salable, 3-fair and still salable, 5-excellent.

²⁾Ginseng odor, Bitter taste, Sweet taste; 1-none, 2-slight, 3-moderate, 4-strong, 5-very strong.

*Values within a column followed by the same letters are not significantly different at the 0.05 level as determined by DMRT.

Table 4. Changes in ginsenoside contents of fresh ginseng on the shelf at 5°C after 4 weeks of storage at different temperature.

Ginsenoside (mg/g)	On harvest day	Weeks on the shelf after storage					
		3			5		
		Storage temp. (°C)					
		0	-2	-4	0	-2	-4
Rg ₁	2.65a	2.55a	2.32a	2.38a	2.49a	2.37a	2.66a*
Re	2.10a	1.35ab	1.15b	1.11b	0.91b	1.20b	0.63b
Rf	0.74a	0.52a	0.51a	0.52a	0.56a	0.61a	0.67a
Rb ₁	0.70a	0.47ab	0.33b	0.43ab	0.42ab	0.51ab	0.58ab
Rg ₂	0.03b	0.02b	0.08a	0.05ab	0.03b	0.03b	0.04ab
Rc	0.91a	0.65bc	0.58c	0.69bc	0.57c	0.63bc	0.77ab
Rb ₂	0.41a	0.34a	0.26a	0.27a	0.28a	0.29a	0.39a
Rb ₃	0.14a	0.14a	0.15a	0.14a	0.13a	0.13a	0.16a
Rd	0.09a	0.09a	0.07a	0.07a	0.08a	0.07a	0.09a
Total	7.78a	6.13ab	5.44b	5.67b	5.69b	5.84b	5.51b

*Values within a column followed by the same letters are not significantly different at the 0.05 level as determined by DMRT.

-4°C 저장삼에서 급격히 증가하였다. 이에 반해 0°C와 -2°C 저장삼은 유통 5주까지도 크게 발견되지 않았다. 부패의 진행 정도를 면적으로 환산한 경우 -4°C 저장삼의 경우 유통 3주에 약 11% 정도 진행되었고, 유통 5주에 19% 진행되었다. 0°C와 -2°C 저장삼의 경우 부패발생 개체도 거의 없었으며 부패가 발생된 경우에도 부패 면적이 3% 이하로 매우 낮은 부패 양상을 나타내었다. 이와 같은 결과는 보통 조직의 전해질 용출도에서 추측할 수 있다. Mckersie와 Leshem (1994)은 세포 및 조직이 저온 장해를 받게 되면 세포막 유동상의 변화가 생겨 인지질 구조막 상이 변하여 팽압이 감소하고 더 심해지면 세포질로부터 물질의 유출이 증가하게 된다고 하였으며, Wardowski 등 (1973)은 전해질 용출이 많은 경우 유출된 세포질 유동액을 배지로 삼아 곰팡이가 많이 증식된다고 보고하였다. 본 실험에서는 -4°C 저장삼의 경우 5°C에서 1주 이상 유통하였을 때 회복이 많이 진행되었으나 그럼에도 불구하고 유통 후기에 부패양상이 두드러지게 나타났다. 이는 실험분석

에서 부패는 주로 뇌두에서 많이 진행되었는데 전해질 용출도를 분석할 때는 수삼의 동체 부위를 이용하였으므로 부패 부위와 전해질 용출도의 분석 부위가 달랐기 때문인 것으로 추측된다. 조직의 동해는 내부성분 함량과 부위에 따라 차이가 있다는 것을 감안할 때 (Park and Hong, 2009; Kim *et al.*, 2006), 특히 이와 같은 작은 온도차이의 실험에서 손상 정도를 예측하는 전해질 용출도 분석을 할 때는 여러 부위를 나누어 실시하는 것이 합당할 것으로 판단된다.

본 실험에서는 전해질 용출도를 분석하였을 때 -4°C 저장삼이 유통 중 해동되며 조직 손상이 회복되었다고 판단되지만, 부패율을 분석하였을 때 그 회복이 완전하였다고 볼 수 없고, 미미하게 남아있던 손상은 유통후기에 부패로 나타났다고 생각된다.

수삼의 외형적인 상태를 보고 품질을 판단하는 관능평가 결과는 Table 3과 같다. 유통 3주차 상품성은 뇌두와 동체부위에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았고 세근부위에서는 -4°C

저장삼이 유의하게 낮은 점수를 나타내었다. 이는 세근의 갈변개체 발생률과 갈변진행정도가 유통 3주차부터 확연히 증가되어 관능품질에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 유통 5주차에는 전반적으로 -4°C 저장삼의 상품성이 낮은 경향이었으나 세근부위에서만 유의적인 차이를 나타내었다. 그러나 상품성과 관련한 관능평가 점수는 모두 3점 이상으로 판매가 가능한 수준이었다. 인삼고유의 향과 쓴맛도 저장온도별로 유의적인 차이를 나타내지 않았고 단맛은 유통 5주차에 -4°C 저장삼이 유의하게 낮은 경향을 나타내었다.

수삼의 유통 중 진세노사이드 함량 변화를 분석한 결과 (Table 4), 수확직후 총 진세노사이드 함량은 7.78 mg/g 이었고, 각각의 온도에서 4주간 저장한 뒤 5°C 에서 5주간 유통하였을 때 $5.51 - 5.84\text{ mg/g}$ 으로 감소하였다. 저장온도별로는 총 진세노사이드 함량에 유의적인 차이가 발견되지 않았다. 진세노사이드 종류 중에서는 저장 중 Re , Rb_1 및 Rc 가 감소하였고, 저장온도가 낮을수록 Rg_2 함량이 높은 경향을 나타내었다. 수삼의 저장 중 진세노사이드 함량 변화와 관련한 연구에서는 저장 중 초기치와 거의 유사하거나 (Kim *et al.*, 2011b, 2005b) 감소한다고 보고되어 (Oh *et al.*, 1981) 실험마다 차이가 있었다. Oh 등 (1981)은 저장 시 사포닌함량이 저장기간이 경과함에 따라 감소한다고 하여 본 실험과 유사하였지만 ginsenoside Rf , Rd , Rc 와 Rb_2 는 저장 1달째에 증가한다고 보고하여 진세노사이드 종류별로는 다른 경향을 보였다.

지금까지의 결론을 종합하여 보면, 수삼의 빙결점 온도인 -1.8°C 보다 낮은 온도의 저장은 유통 중 온도 스트레스성의 반응으로 호흡량과 에틸렌이 증가하였고, 전해질용출도가 증가하여 조직의 손상이 예측되었으며 그 결과로 유통 중 곰팡이부패와 동해에 의한 갈변증상이 나타나 품질이 저하되었다. 다만 4주간의 저장에서는 -2°C 저장삼의 경우 5°C 유통 중 스트레스성 반응이 발견되지 않아 회복되었을 것으로 예상된다. Kim 등 (2011a)의 실험에서 0 , -1.5 , -3°C 에서 저장한 수삼의 전해질 용출도를 분석한 결과 저장온도가 낮을수록 전기전도도가 높은 경향이었으나 저장 6주까지는 저장온도별로 큰 차이를 보이지 않고 저장 8주부터 급격히 증가하였다고 보고한 바 본 실험에서도 저장 8, 12주 후의 저장삼을 유통했다면 스트레스성 반응이나 품질변화가 좀 더 확연히 드러났을 것으로 판단된다.

결론적으로 현장에서 저장 중의 부패율을 낮추기 위해 저장 온도를 -2°C 이하로 내리는 것은 저장이 끝난 후 실제 유통을 할 때 품질저하와 부패율 증가에 영향을 미치는 가장 큰 요인이 되므로 저장온도에 좀 더 신중해야 할 것이며, 빙결점 이하의 저장에서 각 온도별 회복 가능한 저장기간에 대해 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01019801)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Kang HM, Park KW and Saltveit ME.** (2002). Elevated growing temperatures during the day improve the postharvest chilling tolerance of greenhouse-grown cucumber(*Cucumis sativus*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 24:49-57.
- Kim EJ, Seo JY, Hong SI and Kim DM.** (2005a). Effects of picking season, size and storage conditions on respiratory characteristics of Korean fresh ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer). *Korean Journal of Food Preservation*. 12:529-533.
- Kim CS, Jung IC, Kim SB and Yang DC.** (2005b). Physicochemical properties of red ginseng on storage condition of the fresh ginseng. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 13:52-56.
- Kim EJ, Kim GH and Kim DM.** (2007). Effect of surface washing treatment on quality of fresh ginseng during storage. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 39:380-385.
- Kim GS, Hyun DY, Kim YO, Lee SW, Kim YC, Lee SE, Son YD, Lee MJ, Park CB, Park HK, Cha SW and Song KS.** (2008). Extraction and preprocessing methods for ginsenosides analysis of *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 16:446-454.
- Kim HH, Hwang YS, Seoung BJ, Kim SI, Cho JW and Kim CS.** (2006). Distribution characteristics and status of fresh ginseng in Keumsan area. *Chungnam National University Journal of Agricultural Science*. 33:129-140.
- Kim HS, Kim GH and Kim DM.** (2011a). Effect of low storage temperature on quality of fresh ginseng. *Korean Journal of Food Preservation*. 18:459-466.
- Kim HS, Hong SI, Jeong MC, Kim GH and Kim DM.** (2011b). Effects of low storing temperature on respiration rate and internal quality of fresh ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer). *Korean Journal of Food Preservation*. 18:467-474.
- Kim JH, Koo NS, Kim EH and Sohn HJ.** (2002). Changes in sensory characteristics and chemical constituents of raw ginseng roots individually packaged in a soft film during storage. *Journal of Ginseng Research*. 26:145-150.
- Kimmerer TW and Kozlowski TT.** (1982). Ethylene, ethane, acetaldehyde and ethanol production by plants under stress. *Plant Physiology*. 69:840-847.
- Lee EJ, Choi SY, Cho MA, Hong YP, Choi JW and Chung DS.** (2013). Quality maintenance and suppression of chilling injury of 'Akihime' plum fruits stored under controlled atmosphere. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*. 31:732-739.
- Lim BS, Chung DS, Yun HK, Hwang YS and Chun JP.** (2005). Symptoms of freezing injury and mechanical injury-induced fruit rot in 'Niiitaka' pear fruit(*Pyrus pyrifolia* Nakai) during low temperature storage. *Korean Journal of Horticultural*

- Science and Technology. 23:282-286.
- Lindberg S.** (1976). Kinetic studies of($\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+}$) ATPase in sugar beet roots. II. Activation by Na^+ and K^+ . *Physiologia Plantarum*. 36:139-144.
- Mckersie BD and Leshem YY.** (1994). Stress and stress coping in cultivated plants. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands. p.81-83.
- Oh HI, Nog HW, Do JH, Kim SD and Hong SK.** (1981). Physicochemical and microbiological changes during storage of fresh ginseng. *Korean Journal of Ginseng Science*. 5:99-107.
- Palta JP, Levitt J and Stadelmann EJ.** (1977). Freezing injury in onion bulb cells. II. Post-thawing injury or recovery. *Plant Physiology*. 60:398-401.
- Park YM and Hong YP.** (2009). Methodological approach to evaluate freezing points of peach and apple fruits through exotherm study. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*. 27:601-606.
- Sohn HJ, Kim EH, Nho KB, Jung KS and Kim JH.** (2001). Influence of physical property of soft film and packaging method on the storage stability of individually packaged fresh ginseng. *Journal of Ginseng Research*. 25:45-52.
- Wardowski WF, Grierson W and Edwards GJ.** (1973). Chilling injury of stored limes and grapefruit as affected by differentially permeable packaging films. *HortScience*. 8:173-175.
- Yun SD and Lee SK.** (1999). MA storage of Korean fresh ginseng. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 40:689-692.