

차압예냉 처리가 '후지' 사과의 품질 변화에 미치는 영향

박형우[†] · 김상희 · 차환수 · 김윤희 · 최지영
한국식품연구원

Effect of Quality Change of 'Fuji' Apple by Pressure Cooling

Hyung-Woo Park, Sang-Hee Kim, Hwan-Soo Cha, Yoon-Ho Kim
and Jee-Young Choi

Korea Food Research Institute, SungNam 463-420, Korea

Abstract

The research was conducted to measure the effect of pressure cooling of 'Fuji' apple during of 24 weeks. Weight loss in pressure cooling was lower than control at 24th week, and firmness in pressure cooling was higher than control. Titratable acidity in control and pressure cooling was 0.0823%, 0.1103% in 24 weeks, respectively. Soluble solid contents (SSC) in pressure cooling were higher than control. Decayed rate in control and pressure cooling was 46.4%, 34.5% in 24 weeks, respectively. Total ascorbic acid contents were decreased in control and pressure cooling during 24 weeks. Therefore, it could be suggested that pressure cooling is more effective than control in storage of 'Fuji' apple.

Key words : storage, apple, pressure cooling

서 론

사과는 국내에서 가장 많이 생산되는 과일 중의 하나로 2002년 국내에서 생산된 과일류 2,500천 톤 중 433천 톤으로 전체 생산량의 17.3%를 차지한다(1). 그 중 '후지' 사과는 전체 사과의 약 70% 이상을 차지하며 주종을 이루고 있다(2). '후지' 사과는 10월 상순에서 11월 초에 수확되며 전체 생산량의 약 70% 정도가 경북에서 생산되고 있다(3). 국내 사과는 생산량의 85-90% 정도가 생과로 소비되고 있어 신선도 유지가 매우 중요하다(4). 그러나 우리나라는 수확 후 관련기술 낙후 등의 이유로 사과 유통 중 부패율이 17%를 상회하고 있다. 또한 저장 중에 생리대사, 증산작용 등으로 발생하는 사과의 중량 감소는 19% 정도에 이르러, 저장과 유통 중에 경제적으로 막대한 손실을 초래하고 있는 실정이다(5).

사과와 같은 신선 청과물은 경도 및 산 함량에 의해 신선도가 결정 된다. 수확 후에 이루어지는 호흡, 증산, 에틸렌

생성과 같은 생명활동은 온도에 가장 큰 영향을 받으며, 결국 품질을 저하시킨다(6,7). 따라서 수확 후 가능한 한 빨리 품온을 낮추어 호흡 작용을 비롯한 생리작용을 저하시킬 필요가 있는데 이러한 작용을 예냉(precooling)이라고 한다(8).

신선 청과물의 예냉처리는 저장, 포장 전에 전처리로서 신선도의 유지를 위해 반드시 필요 한 것으로 보이며, '후지'사과의 신선도를 유지시켜 저장과 유통 중의 품질 저하를 낮출 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 예냉처리가 저장 중 '후지' 사과의 품질 변화에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

재 료

본 실험의 공시재료는 거창사과원예협동조합에서 중량이 250-300 g의 '후지' 사과를 구입하여, 수확 직후 차압예냉 처리구와 무처리 대조구를 각각 500 상자(50 ea/box)로

[†]Corresponding author. E-mail : hwpark@kfri.re.kr,
Phone : 82-31-780-9148, Fax : 82-31-780-9144

나누어 비교·분석하였다. 차압예냉 처리구는 중앙 흡입식 차압예냉 (forced-air cooling) 방법으로 사과 내부에 센서를 꽂아 온도가 저온저장고의 온도(4°C)로 떨어질 때까지 하였으며, 처리 후 곧바로 4°C의 저온저장고로 옮겨 6개월 동안 저장하면서 4주 간격으로 품질의 변화를 알아보았다.

중 량

중량 변화율은 포장 후 초기 값에 대한 중량에서 측정 시 중량을 뺀 중량에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

경 도

과육의 경도는 시료를 중심에서 약 1cm 정도 위치를 종단면으로 절단한 후 Rheometer(CR-200D, Sun Scientific Co., Japan)를 사용하여 과피의 중심부에서 깊이 2 mm 정도로 편편하게 깎아내고 과핵 쪽으로 probe를 50 mm/min 속도로 10 mm 삽입할 때 나타나는 조직의 저항치를 kgf로 나타내었다.

적정 산도 및 pH

적정 산도의 측정은 과육 50 g을 Mixer(Osterizer, Philips, U.S.A)로 마쇄, 여과한 후 20 g을 취해 여기에 증류수 30 g을 첨가한 후 stirrer로 교반하면서 pH meter(Metler 340, U.S.A)를 이용하여 pH를 측정하였고, 산도는 0.1 N NaOH로 pH 8.1까지 적정하여 소비된 양을 malic acid로 환산하여 나타내었다.

가용성 고형물 측정

과육 100 g을 마쇄하여 착즙한 후 과즙을 굴절 당도계 (Atago Co., Ltd. Japan)를 사용하여 측정하여 °Brix로 나타내었다.

부패율

사과 10상자, 약 500개중 썩은 것의 비율을 백분율로 나타내었다.

비타민 C 함량

비타민 C 함량은 2,4-DNP (2,4-dinitrophenylhydrazine) 비색법에 준하여 측정하였다. 일정량의 시료를 동량의 5% metaphosphoric acid 용액과 혼합하여 여과한 후 비타민 C 측정과 blank를 위한 시험관에 여과액을 2 mL씩 취한 후 비타민 C 측정 시험관에만 indophenol 용액을 첨가하였다. 그리고 두 개의 시험관에 HPO₃-thiourea 용액을 2 mL씩 가한 후 DNP 용액을 첨가하고 oxazone을 형성, 용해시킨 후 spectrophotometer(V-530, Jasco, Japan)를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

결과 및 고찰

중량 변화율

사과는 무기물 함량이 높은 알칼리성 식품으로 85~90%는 수분으로, 펙틴과 섬유질이 1%를 차지하며 그 외에는 회분과 단백질로 구성되어 있다(9). 수확 후 저장·유통 중 사과의 표피로부터 주위의 상대 습도가 낮을 경우 수분을 빼앗기게 되며, 이 현상이 지속적으로 이루어지면 결국 중량의 감소를 초래하고 조직감이 저하 된다. 사과의 저장 기간 동안 예냉 처리가 중량 변화에 미치는 영향을 살펴본 결과는 Fig. 1에 나타내었다.

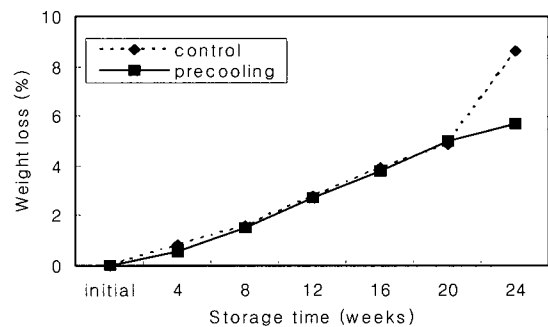


Fig. 1. Change in the weight loss of 'Fuji' apple during storage.

저장기에 따라 두 구 모두에서 중량이 감소하였으며, 저장 초기에는 중량의 차이가 별로 없었으나 저장 마지막인 24주에는 현격한 차이를 나타내었다. 예냉처리가 중량의 감소에 큰 영향을 미치는 것으로 사료되지는 않으나, 저장기간이 길어짐으로 인해 대조구의 부패율이 크게 증가하기 시작할 때부터는 예냉의 효과가 있는 것으로 보여진다.

Choi 등(10)은 미나리를 이용하여 예냉의 효과를 살펴본 연구에서 예냉처리구의 미나리는 저장시 감소가 거의 일어나지 않았으나, 무처리구는 저장기간이 길어질수록 감소율이 현저하였다고 보고하였다. Cho 등(11)도 오이의 선도 유지를 위해 차압예냉을 시킬 경우, 수분 감소율을 낮춰 중량감소를 낮춘다고 보고 하는 등, 선행 연구들에서도 본 연구의 결과와 일치하여 차압예냉 처리가 저장기간이 경과할수록 중량감소를 낮추는 것으로 보인다.

경 도

사과 과육의 경도는 중량감소와 함께 품질을 평가하는 중요 기준이 된다. 경도의 저하는 polygalacturonase, β -galactosidase, pectinesterase 및 cellulase 등의 효소에 의해 펙틴 물질의 가용화와 세포벽 성분들의 변화가 촉진되어 발생하게 된다(12,13). 예냉처리구의 사과 경도와 무처리구의 경도 조사 결과는 Fig. 2에 제시하였다.

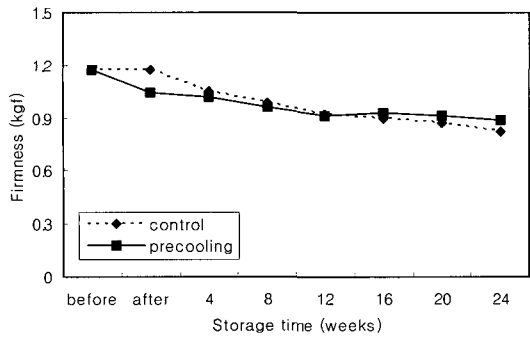


Fig. 2. Change in the firmness of 'Fuji' apple during storage.

저장기간이 길어짐에 따라 모두 경도가 감소하는 경향을 보였다. 예냉처리구는 예냉처리 후가 처리 전보다 약간 낮아지는 경향을 보였으나 저장기간이 연장 될수록 무처리구보다 높게 유지 되고 있음을 알 수 있었다. 최종 24주가 되었을 때에는 무처리구보다 더 단단한 상태로 나타났다.

Chung 등(14)이 '캠벨얼리' 포도에서 예냉처리의 효과를 살펴본 연구에서도 대조구에 비해 예냉처리구가 높은 경도를 유지하고 있다고 보고하였고, 미니 토마토에서도 예냉처리가 경도의 변화를 늦춘다고 보고하였다(15). Cho 등(16)이 예냉처리한 딸기를 연구한 결과에서 예냉처리구가 무처리구보다 더 높은 경도를 유지한다고 보고하였고, Kim 등(17)도 수확 후 쓰가루 사과를 예냉처리하여 경도를 살펴본 연구에서 예냉처리가 경도의 변화를 늦추었다고 보고하는 등, 본 연구의 결과와 일치하여 예냉처리가 사과 과육의 경도 변화를 늦추어줌을 알 수 있었다.

적정 산도 및 pH

저장기간에 따른 산도의 변화는 Fig. 3에 나타내었다. 산도는 두 구 간 모두에서 저장기간의 경과에 따라 낮아졌다. 예냉처리구는 무처리구와 비교하여 4주차부터 높은 경향을 보였고, 최종 24주에서는 실험 초기 산도와 비교하여 무처리구가 0.0823%의 산도를 유지한 반면 예냉처리구는 0.1103%로 나타나 높은 산도를 유지하는 것으로 나타났다.

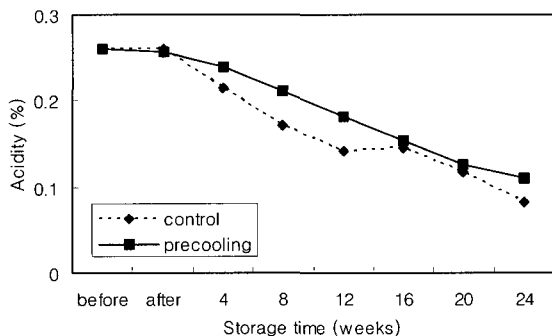


Fig. 3. Change in the titratable acidity of 'Fuji' apple during storage.

Hulme 등(18)은 사과의 산도는 malic acid의 양으로 결정되어지는데, 저장 기간이 길어짐에 따라 사과 내부의 대사 과정이 진행 되면서 당과 함께 malic acid가 대사산물로 이용되어 산도의 수치가 낮아진다고 보고하였다. 본 연구의 결과에서도 이와 같은 현상에 의해 저장기간이 길어짐에 따라 사과의 산도가 점점 낮아지는 것으로 보이며, 예냉처리는 사과의 대사과정을 더 늦추어 무처리구에 비해 초기의 산도가 높게 유지되고 있는 것으로 사료된다.

가용성 고형물 측정

예냉처리가 저장기간 동안 당도에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 4에 제시하였다. 시간 경과에 따라 모두 감소하는 경향을 보였으며 특히 대조구의 감소가 두드러졌다. 초기 당도는 두 시험구 간의 차이가 없었으나, 저장기간이 길어짐에 따라 예냉처리구가 대조구에 비하여 초기 당도를 유지하고 있었고 대체로 변화가 적은 편이었다.

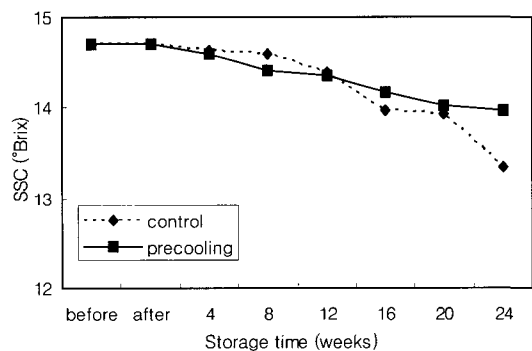


Fig. 4. Change in the soluble solid content of 'Fuji' apple during storage.

'캠벨얼리' 포도를 이용하여 예냉의 효과를 살펴본 연구에서, 예냉처리는 당도의 변화를 주지 않아 초기의 당도를 유지할 수 있었다고 보고하여 본 연구와 일치함을 보였다(14). '쓰가루' 사과의 당도변화에 예냉처리가 미치는 영향을 조사한 연구에서, 예냉처리한 사과가 무처리구에 비하여 유리당 함량의 변화를 늦추었다고 보고하였다(17). 이로 보아, 예냉처리는 당도의 변화를 줄여, 신선한 사과의 상태를 유지할 수 있게 하는 것으로 보여진다.

Forney와 Austin(19)은 당 함량이 높을수록 저장기간이 길어진다고 보고하였다. 이는 당 성분이 숙성기간이나 저장 기간동안 가수분해 되어 호흡기질로 사용될 수 있기 때문으로 알려져 있다(20). 따라서 본 연구 결과에서 당도의 변화가 적게 나타난 것은 저장 기간의 연장을 가져 올 수 있을 것으로 사료되며, 식미에도 영향을 주어 예냉처리가 사과의 품질 개선에 매우 중요한 영향을 미치는 것으로 여겨진다.

부패율

예냉처리가 사과 부패율에 미치는 영향은 Fig. 5에 나타내었다. 사과의 부패는 식품으로서의 가치를 상실한 것으로 저장과 유통 중에 매우 중요한 부분을 차지한다. 연구 결과 24주에 무처리구의 부패율은 절반 가까운 46.4%를 보인 반면, 예냉처리구는 34.5%로 나타났다. 이는 사과의 예냉처리가 저장 초기에 사과의 품온을 낮추어 상대적으로 증산작용과 호흡작용이 억제되어 초기 상태를 유지할 수 있었던 것으로 사료된다.

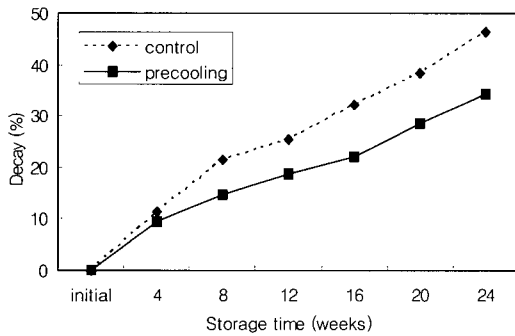


Fig. 5. Change in the overall appearance of 'Fuji' apple during storage.

비타민 C 함량

예냉처리가 사과의 저장 중 비타민 C 함량에 미치는 영향은 Fig. 6에 제시하였다. 비타민 C는 두 시험구구간의 차이가 뚜렷이 나타나지 않았다. 전처리 초기의 함량이 9.52 mg%로 두 구간의 차이 없이 시작되어 최종 24주엔 대조구가 3.67 mg%인 반면, 예냉처리구에서는 4.21 mg%로 나타나 예냉처리구의 감소율이 낮았다.

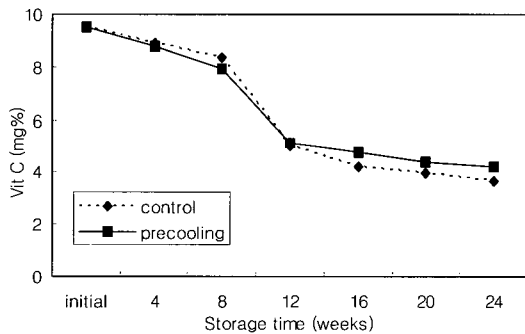


Fig. 6. Change in the Vitamin C of 'Fuji' apple during storage.

Choi 등(10)은 미나리를 이용하여 예냉처리가 비타민 C 함량에 미치는 영향을 조사한 결과에서, 저장기간이 길어질수록 비타민 C의 함량 감소율이 예냉처리구에서 무처리구에 비해 더 낮은 것으로 보고하였다. 비타민 C의 감소는

조직의 파괴와 함께 수반되는 각종 oxidase의 활성에 의한 연부현상 등이 일어나는 것을 그 원인으로 추정하였고, Robinson 등(21)의 연구에서도 과일 저장 시 과일 조직의 붕괴에 따라 엽록소 파괴 등의 이유로 엽록소 내에 존재하는 비타민 C가 파괴된다고 보고하였다. 본 연구에서 예냉처리구는 비타민 C 함량 변화에 큰 효과가 없는 것으로 나타났으나, 예냉처리가 조직 붕괴 등의 여러 생리대사를 억제하는 역할을 할 수 있을 것으로 판단되므로 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

요 약

사과 저장시 전처리로서의 차압예냉이 품질 변화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 중량, 경도, 산도, 당도, 부패율과 비타민 C의 함량을 무처리구와 비교 분석하였다.

중량은 저장기간에 따라 모두 감소하였으며 두 시험구간의 차이는 크게 나타나지 않았으나 최종 24주에 무처리구가 낮게 나타났다. 경도는 전처리 직후 예냉군이 1.04 kgf, 대조군이 1.17 kgf였으나, 최종 24주 예냉구가 0.89 kgf, 대조구 0.82 kgf보다 더 단단하게 나타났다. 산도는 예냉처리구가 대조구에 비해 산도가 높아 변화가 적었으며, 당도 역시 대조구에 비해 예냉처리구가 당도를 유지하는 것으로 나타났다. 부패율은 24주에 대조구에서 46.4%의 부패율을 보인 반면, 예냉처리구는 34.5%로 상대적으로 낮은 부패율을 보였다. 비타민 C는 전처리 초기의 함량이 9.52였으며, 24주엔 대조구가 3.67 mg%, 예냉처리구에서는 4.21 mg%로 나타나 예냉처리구의 감소율이 낮았다. 연구 결과 사과의 차압예냉처리는 대조구와 비교하여 산도, 당도, 경도를 유지하고 있었으며, 부패율을 낮추었으나 비타민 C 함량 변화에는 효과가 없는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. www. naqs.go.kr/농림부, 통계연보 (2005)
2. 농수산물유통공사 (1996) 농림수산물무역편람, '96, p. 83-86
3. 농촌진흥청, 농업지대별 작목배치도, 수입개방대책 2 (1989)
4. Lee, J. B. and Choi, J. U. (1997) Effect of CA storage conditions on the internal breakdown of fuji apple fruits under CA storage. Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products., 4, 227-235
5. 농협중앙회 조사부 (1981) 농산물 유통정책의 현황과 과제
6. Hardenburd, R.E., Watada, A.E. and Wang, C.Y. (1986)

- The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. USDA Agricultural Handbook, 66, 29-32
7. Smock, R.M. and Blanpied, G.D. (1963) Some effects of temperature and rate of oxygen reduction on the quality of controlled atmosphere stored 'McIntosh' apples. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 83, 135-138
 8. 김병삼, 남궁배, 김의웅 (1994) 농산물의 전처리 시스템 개발. 한국식품개발연구원 연차보고서
 9. 사과재배 (1992) 농촌진흥청, p.177
 10. Choi, D.J., Kim, C.B., Lee, S.H., Yoon, J.T., Choi, B.S. and Kim H.K. (2000) Effects of precooling and packaging film materials on quality of water dropwort (*Oenanthe stolonifera* DC.) at low temperature storage. J. Kor. Soc. Hort. Sci., 41(4): 379-382
 11. 조현준, 전익조, 최선태, 정대성 (2002) 차압예냉 처리한 은침백다다기 오이의 선도유지효과, 한국농산물저장유통학회 춘계총회 및 제 20차 학술발표회, p.104
 12. Wu, Q., Szakacs-Dobozi, M., Hemmat, M. and Hrazdina, G. (1993) Endopolygalacturonases in apple (*Malus domestica*) and its expression during fruit ripening. Plant Physiol., 102, 219-225
 13. Yoshioka, J., Aoba, K. and Kashimura, Y. (1992) Molecular weight and degree of methoxylation in cell wall polyuronide during softening in pear and apple fruit. J. Am. Soc. Hort. Sci., 117, 600-606
 14. Chung D.S., Choi S.T. Lee M.Y. (2003) 포도 '캠벨얼리'의 예냉 및 저온 유통 기술 연구 한국식품저장유통학회 춘계총회 및 제 22차 학술발표회 p.132
 15. 정대성, 최선태, 이미영 (2002) 미니토마토 예냉 및 저온 유통 기술 개발 연구, 한국식품저장유통학회 창립 10주년 국제학술심포지움, p.183
 16. 조숙현, 윤혜숙, 이상대, 손길만, 노치웅, 강동주, (2002) 수확 후 예냉처리한 "레드펠" 딸기의 저장 중 품질 변화, 한국농산물저장유통학회 춘계총회 및 제 20차 학술발표회 p.104
 17. Kim, B.S., Hyun, N.U. and Nahmgoong, B. (1999) Effect of pressure cooling for quality of 'Tugaru' apple during storage at different temperatures, Korean. J. Postharvest Sci. Technol. 6(4): 371-375
 18. Hulme A.C. (1970) The biochemistry of fruits and their products, Academic press, London, p.70-90
 19. Forney, C.F. and Auting R.K. (1988) Time of day at harvest influences carbohydrate concentration in crisphead lettuce and its sensitivity to high CO₂ levels after harvest. J. Am. Soc. Hort. Sci. 113, 581-583
 20. Ackeman, J., Ficher M. and Amado, R. (1992) Changes in sugars, amino acids during ripening and storage of apples. J. Agric. Food Chem., 40, 1131-1132
 21. Robinson, J.E., Browne, K.M., and Burton, W.G. (1975) Storage characteristics of some vegetables and soft fruits. Ann. Appl. Biol. 81, 399-408

(접수 2005년 11월 4일, 채택 2006년 5월 26일)