

고 이산화탄소 전처리가 '일천백봉' 복숭아의 품질 변화에 미치는 영향

최정희[†] · 임정호 · 정문철 · 김동만
한국식품연구원 유통연구단

Effect of High CO₂ Pre-treatment on Quality of 'Hikawa Hakuho' Peach Fruits

Jeong-Hee Choi[†], Jeong-Ho Lim, Moon-Cheol Jeong and Dong-man Kim
Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

Abstract

This study was conducted to evaluate the efficacy of high CO₂ pre-treatment (60, 100% for 3, 6, 12 hr) on quality of 'Hikawa Hakuho' peach fruits. High CO₂ treatment inhibited the respiration and ethylene production, especially with long term treatment for more than 6 hr. Discoloration of peel, softening and decay were reduced by high CO₂ treatment. CO₂ concentration of 60~100% did not affect soluble solids content and titratable acidity of fruits. CO₂ treated fruits, however, showed higher sweetness score compared with control. As the CO₂ concentration and treatment duration increased from 60 to 100% and from 3 to 12 hr, respectively, the efficacy on quality increased. Fruits treated with 100% CO₂ for 3 hr and 60% CO₂ for 12 hr, however, showed very low flavor score due to the residual CO₂ in flesh. High CO₂ injury was not noted at any CO₂ levels tested in this study. Above results suggest that 60% CO₂ treatment for 6 hr resulted in as good control of respiration, ethylene production, decay, discoloration and softening without off-order.

Key words : CO₂ pre-treatment, peach, respiration, ethylene production, quality

서 론

작물의 수확 후 생리 및 품질 변화를 최소화하기 위해서는 호흡 작용을 억제시키는 것이 매우 중요하다. 작물의 호흡 작용은 온도가 높을수록 빨라지므로, 대부분의 작물은 신선도 연장을 위해 수확 직후부터 저온 시스템을 적용시키고 있다. 그러나 복숭아는 온대성 작물이면서도 10℃ 이하의 저온에서는 woolliness 등의 저온장해가 발생되므로(1) 저온 시스템을 통한 관리가 어려우며, 실제로 비교적 온도 관리가 용이한 대형 마켓에서도 약 20~22℃의 온도에서 전시 판매 되고 있으므로 상온 유통 환경에서 신선도 유지를 증대시킬 수 있는 기술이 필요하다. 박 등(2)과 김 등(3)은 MA 필름 포장에 복숭아의 신선도 및 저장력에 미치는 영향을 보고한 바 있으며, 이 등(4)은 복숭아의 CA

저장시 이산화탄소 농도의 영향을 조사한 바 있다. 또한 Fernandez-Trujillo 등(5)은 MA 포장재 내부에 형성된 저산소 및 고 이산화탄소 조건으로 인해 복숭아 과실의 연화, 부패, 저온장해 등의 변화가 억제되었다고 보고하였다. 저장 중 고이산화탄소의 영향으로써 10 kPa 이상의 이산화탄소는 곰팡이 생장을 억제하는 효과가 있는 것으로 알려져 있는데(6), Retamales 등(7)은 고 이산화탄소가 포도의 *Botrytis cinerea* 생장 억제에 효과적임을 보고하였고, Crisosto 등(8)은 고 이산화탄소가 *Botrytis cinerea* 생장을 억제하나 장기처리시 과피 변색이 더 증가할 수 있음을 밝힌바 있다. 또한 *Botrytis cinerea* 뿐만 아니라 *Monilinia fructicola*에 의한 부패 또한 고 이산화탄소에 의해 경감된다고 보고되었다(9). 본 연구에서는 복숭아를 수확한 후 고 이산화탄소를 사용하여 전처리하여 유통시킬 경우 과실의 신선도 및 부패에 미치는 영향을 조사하였다.

[†]Corresponding author. E-mail : Choijh@kfri.re.kr,
Phone : 82-31-780-9156, Fax : 82-31-780-9144

재료 및 방법

재료

경기도 이천시 장호원을 과수원에서 재배된 ‘일천백봉’ 복숭아를 관행 숙기에 수확한 후 크기 및 과피색을 일정하게 선별하여 본 실험에 사용하였다.

이산화탄소 처리

박스 단위로 포장된 복숭아 과실을 밀폐 용기에 넣은 후 60%와 100% 이산화탄소 가스를 약 20분간 흘려보내어 용기 내부의 공기를 충분히 치환한 후 투입구 및 배출구를 막아 밀폐용기 내·외부의 공기 이동을 차단하였다. 20℃에서 3, 6, 그리고 12시간 동안 처리하면서 2시간 간격으로 용기 내부의 가스를 gas-tight syringe로 채취하여 GC (GC-14A, Shimadzu, Japan)를 이용하여 이산화탄소 농도를 확인하였다.

호흡률 및 에틸렌 발생량 분석

밀폐 용기에 과실을 넣고 20℃에 보관하면서 주기적으로 용기내 기체를 gas-tight syringe로 200 μL씩 채취하여 GC로 분석하여 이산화탄소 및 에틸렌 농도를 측정하여 호흡률 및 에틸렌 발생량을 각각 계산하였다. 이산화탄소 분석을 위한 GC(GC-14A, Shimadzu, Japan) 조건은 detector: TCD, column: Alltech CTR I, column temp.: 35℃, injector temp.: 60℃, detector temp.: 60℃, carrier gas: He 이었으며 에틸렌 분석을 위한 GC(5890, HP, U.S.A) 조건은 detector: FID, column: HP-PLOT 5, column temp.: 110℃, injector temp.: 100℃, detector temp.: 150℃, carrier gas: He 이었다.

색도 및 경도

시험구당 5개의 복숭아를 무작위로 선택하여 색도 및 경도 측정에 사용하였다. 복숭아의 표면색은 색차계 (CRT-200, Minolta, Japan)를 사용하여 측정하였으며, 측정된 시료의 Hunter L 및 a 값을 수확직후의 시료 표면색에 대한 백분율로 나타내었다. 과실의 경도는 휴대용 경도계 (FHM-1, Takemura, Japan)를 사용하여 측정하고자 하는 부위의 과피를 제거한 후 지름이 0.5 mm인 plunger를 장착하여 puncture test한 후 나타난 최고값으로 표현하였다.

당도 및 적정 산도

시험구당 5개의 복숭아를 무작위로 선택하여 당도 및 적정 산도를 측정하였다. 당도는 가용성 고형물 함량으로 나타내었는데, 시료로부터 과즙을 착즙한 후 당도계(N-1E, Atago, Japan)를 사용하여 측정하였고, 적정 산도는 착즙액 20 mL를 취하여 pH meter(720, Orion, USA)를 이용하여 과즙의 pH를 확인한 후, 0.1 N NaOH로 pH가 8.2까지 적정하여 소비된 NaOH 량을 malic acid %로 환산하여 표시하

였다.

부패율

시험구별로 임의 선정된 3개의 박스에 대해 부패율을 측정하였다. 부패율은 각 과실의 부패 정도를 육안으로 관찰하여 부패 증상이 나타난 과피 면적을 전체 면적에 대한 비율로 나타내었다.

관능검사

훈련된 관능검사 요원 10명을 대상으로 복숭아의 단맛, 조식감, 향, 전반적인 선호도 등의 항목에 대해 9점 척도의 차이식별 검사를 실시하였다.

결과 및 고찰

수확된 ‘일천백봉’ 복숭아를 60% 및 100%의 이산화탄소 조건에 3, 6 및 12시간 동안 처리한 후 일반 대기 상태에 옮겨 상온에서의 품질 변화를 조사하였다. 복숭아는 수확 후 과피의 색이 탁해지므로 육안으로 신선도를 구별하는 지수가 된다. 본 실험 결과 60% 이상의 이산화탄소를 3시간 이상 처리할 경우 과피 색의 변화를 효과적으로 둔화시킬 수 있었다(Fig. 1A). 무처리구의 경우 상온에서 3일 경과

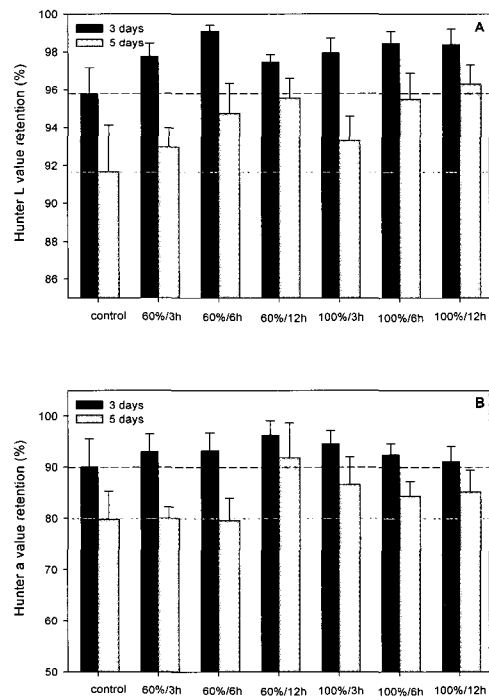


Fig. 1. Effect of CO₂ pre-treatment condition on peel color (Hunter L(A) and a(B) value) of ‘Hikawa Hakuho’ peach fruit during shelf-life.

후 과피의 Hunter L 값이 수확 직후 수치의 95.8%로 낮아진 데 비해 60%를 3, 6, 12시간 처리한 경우 각각 97.5, 99.0 및 97.3% 수준을 유지해 변화 정도가 미미한 것을 알 수 있었다. 상온에서 5일 경과된 후에는 무처리가 91.5%로 낮아졌고 이산화탄소 처리구의 경우 처리 기간이 길수록 높게 유지되어 60%를 12시간 처리할 경우 95.8% 수준을 유지하였다. 100% 농도를 처리한 경우에서도 동일한 효과가 나타나 복숭아의 외관을 우수하게 유지시키는 효과가 극명함을 알 수 있었다. '일천백봉' 품종의 경우 과피의 붉은 색이 저장 또는 유통 중에 탈색되는 경향을 나타내는데 상온에서 3일 및 5일 후 Hunter a 값이 초기치의 90% 및 80%로 낮아졌으며(Fig. 1B), 이산화탄소 처리시 무처리구에 비해 높은 Hunter a 값을 나타내었는데, 60%농도를 12시간 또는 100% 농도를 3시간 처리하는 것이 Hunter a 값 유지에 효과적이었다.

수확 직후 '일천백봉' 복숭아의 호흡률은 25 mL/kg/hr를 나타내었고 상온에서 3일 이후 55 mL/kg/hr까지 증가하다가 그 후 차츰 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 2).

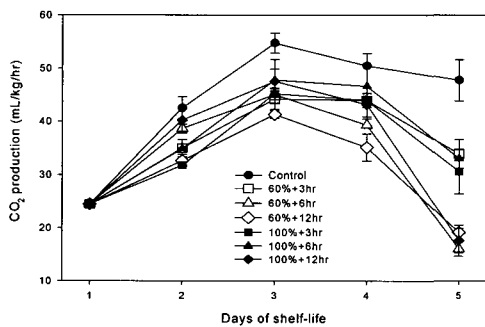


Fig. 2. Effect of CO₂ pre-treatment condition on the respiration of 'Hikawa Hakuho' peach fruit during shelf-life.

고 이산화탄소를 처리한 경우 무처리에 비해 호흡률이 낮아졌으며 처리 농도에 관계없이 처리 기간이 길수록 호흡률 감소가 커지는 경향을 보였다. 에틸렌 발생량도 수확 초기에는 매우 낮아 측정되지 않는 수준이었으나 상온 3일째 크게 증가하여 175 μ L/kg/hr까지 증가한 후 다시 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 3). 60% 및 100% 이산화탄소를 3시간 처리한 과실의 경우 상온 유통 3일째에 나타나는 에틸렌 급등을 억제하는 효과는 미미하나 그 이후 무처리에 비해 급격히 감소되는 경향을 보였으며, 6시간 이상 처리할 경우에는 60%와 100% 농도 모두 에틸렌 발생이 현격히 낮아져 상온 유통 3일 후에 50~87 μ L/kg/hr의 생성량을 보인 후 다시 감소하였다.

복숭아는 상온에서 급격한 연화 현상을 나타내는 과실이며 특히 '일천백봉'은 조생종 중 과육이 무르고 수확 후 연화가 빠른 편에 속한다. 본 실험에 사용된 '일천백봉'

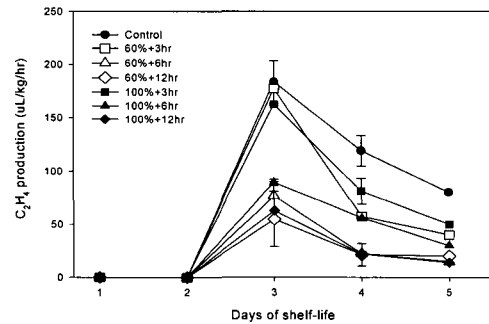


Fig. 3. Effect of CO₂ pre-treatment condition on C₂H₄ production of 'Hikawa Hakuho' peach fruit during shelf-life.

복숭아의 경도는 수확 초기에 0.36 kgf/cm² 이었으며 상온 유통 3일 후 0.05 kgf/cm²로 급격히 낮아졌다. 반면, 이산화탄소 처리구의 경우 상온 유통 3일 이후 처리 조건에 상관없이 0.16 kgf/cm² 이상의 경도를 유지하였으므로 고 이산화탄소 처리가 연화를 억제하는 효과가 있음을 알 수 있었다(Fig. 4).

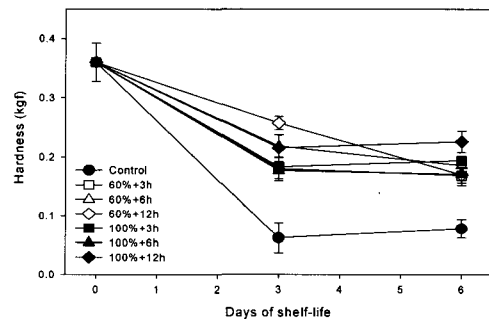


Fig. 4. Effect of CO₂ pre-treatment condition on hardness of 'Hikawa Hakuho' peach fruit during shelf-life.

복숭아의 유통 중 가장 큰 문제점으로 대두 되는 부패가 고농도 이산화탄소 처리에 의해 억제되는지를 살펴보기 위해 상온에서 5일 동안 보관한 후 부패 정도를 조사하였다(Fig. 5). 60% 및 100% 이산화탄소를 3시간 처리한 경우에는 상온 유통 중 부패 억제 효과가 없었으며, 6시간 이상 처리한 경우 부패가 효과적으로 억제되고 처리 기간이 길수록 효과가 컸다. De Vries-Paterson 등(10)은 체리 과실의 부패를 억제하기 위해서는 25~30%의 이산화탄소 농도가 필요하며, 일단 이러한 공기 조성이 제거된 이후에는 부패가 급격히 진행된다고 보고하고 있다. Wilson 등(11)은 고 이산화탄소 조건에서 과실이 아세트알데히드와 에틸 아세테이트를 생성하므로 곰팡이 균에 대한 저항성이 강화 되는 것으로 추정하였다. 최근 연구 결과에 의하면 수확후 부패를 일으키는 곰팡이 중 *Botrytis allii*(12,13), *Penicillium hirsutum*(14) 및 *Monilinia laxa*(15) 등의 균은 대부분의 작물

이 동해가 발생하는 -4°C 에서도 성장 가능하다고 한다. 따라서 온도를 낮추는 것만으로는 부패를 억제하는데 충분치 않으므로 고 이산화탄소 또는 저 산소 처리를 함께 병행함으로써 부패 억제 효과를 증대시켜야 할 것으로 생각된다. 최 등(16) 또한 복숭아의 *Botrytis cinerea*가 0°C 에서 성장 가능한 것을 확인하였으며 고 이산화탄소 처리를 통해 억제할 수 있음을 확인한 바 있다.

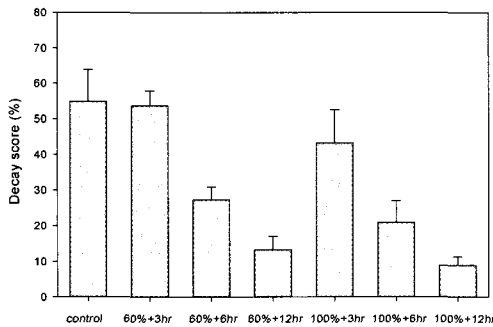


Fig. 5. Effect of CO₂ pre-treatment condition on decay severity at the 5 days of shelf-life of 'Hikawa Hakuho' peach fruit.

수확된 복숭아는 상온 유통 3일 이후 적정 산도가 급격히 감소하는데, 3일째 호흡 및 에틸렌 발생이 급등하는 것으로 미루어 보아 유기산이 호흡 기질로 소모되었기 때문으로 추측된다(Fig. 6). 호흡 및 에틸렌 발생이 3일째 급등되고 경도 및 적정 산도 또한 감소되는 것으로 미루어 보아 이 시점에서 상품의 가치는 크게 손실되었다고 판단할 수 있다. 따라서 고 이산화탄소 처리를 통해 상온 유통 중의 복숭아의 연화 및 변색을 효과적으로 방지하고 더불어 부패를 억제시키는 것이 신선도 유지를 위한 효과적인 방법이 될 수 있다고 판단된다.

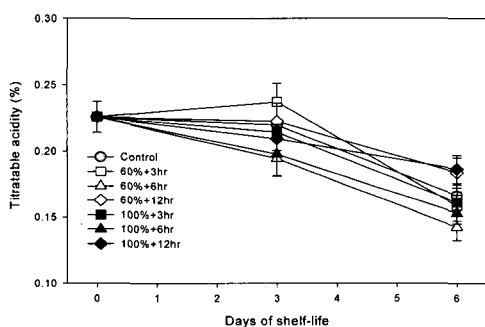


Fig. 6. Effect of CO₂ pre-treatment condition on titratable acidity of 'Hikawa Hakuho' peach fruit during shelf-life.

수확 후 복숭아 과실의 당도는 변화하지 않으며 이산화탄소 처리에 의한 유의적 영향 또한 없었다(Fig. 7). 소비자들이 느끼는 과실의 신선도 및 품질 지수를 확인하기 위해

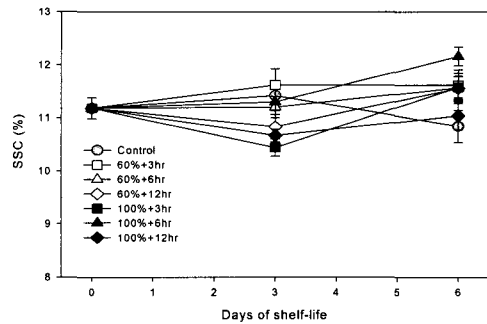


Fig. 7. Effect of CO₂ pre-treatment condition on soluble solids content of 'Hikawa Hakuho' peach fruit during shelf-life.

10명의 패널을 대상으로 관능검사를 실시한 결과, 수확 직후 9.0점을 보이던 단맛 지수가 상온 유통 3일 후 4.4로 급격히 하락하였으나, 60% 이산화탄소를 6시간 처리한 과실의 경우 상온 유통 3일 후의 단맛 지수가 6.3을 유지하여 단맛 정도가 우수하게 나타났다(Fig. 8A). 이상의 결과에서 보듯이 복숭아는 수확 후 상온 유통 중 단맛이 급격히 하락하는데 비해 SSC 측정치는 일정 수준을 유지하고, 고 이산화탄소 처리에 의해서도 SSC는 변화하지 않는 반면 관능검사 항목 중 단맛은 증가하는 것으로 보아, 복숭아의 경우 SSC 측정치가 맛의 변화 및 상품의 우수성 여부를 반영하지 못 할 것으로 판단되었다.

수확시 9.0이었던 조직감은 상온 유통 3일 이후 3.0으로 낮아지는데, 이산화탄소 처리구의 경우 처리 시간이 길수록 높은 지수를 보여 4.3~6.5를 유지하여, 이산화탄소 처리가 조직감 유지에 매우 효과적인 것으로 판단되었으며 이는 경도에 미치는 영향과 일치하는 것이다(Fig. 8B).

이산화탄소의 농도 및 처리 시간이 길어지면 과육에 이산화탄소가 잔류하여 이로 인한 이취가 발생하는데, 60%의 경우 12시간 처리시 잔류 이산화탄소에 의해 향 지수가 7.5로 낮아졌으며, 100%의 경우 3시간 이상 처리시 향 지수가 5.0~1.3까지 하락하였다(Fig. 8C).

본 실험에서와 같이 60%와 100% 이산화탄소를 12시간 이내로 처리한 경우 혐기 호흡에 따른 이취 발생은 나타나지 않았다. 조직감, 맛, 향 등의 항목을 전체적으로 고려한 선호도를 측정된 결과 60% 농도를 6시간 처리한 것이 가장 우수한 성적을 보였고 100% 농도를 사용할 경우에는 3시간 처리로는 효과가 나타나지 않았으며, 6시간 이상 처리한 경우에는 조직감을 향상시키는 효과는 있었으나 단맛이 감소하고 잔류 이산화탄소에 의한 이취로 인해 선호도가 매우 낮았다(Fig. 8D).

Ke 등(17)은 6품종의 복숭아를 대상으로 저 산소 및 고 이산화탄소 처리를 하면서 외관의 변화 및 이취 발생 유무를 기준으로 저장성을 조사하여 'Fairtime' 품종의 경우 99% 이산화탄소에 대해 20°C 에서 3.8일간, 0°C 에서 5일간

저항성을 갖는다고 보고한 바 있으나 본 연구에서는 외관뿐만 아니라 식미도를 고려하여 처리 농도 및 기간을 설정한 결과, 상온 유통될 '일천백봉' 복숭아의 경우, 60% 이산화탄소에서 6시간 동안 전처리하여 유통시키는 것이 신선도 연장을 위해 바람직한 것으로 판단되었다.

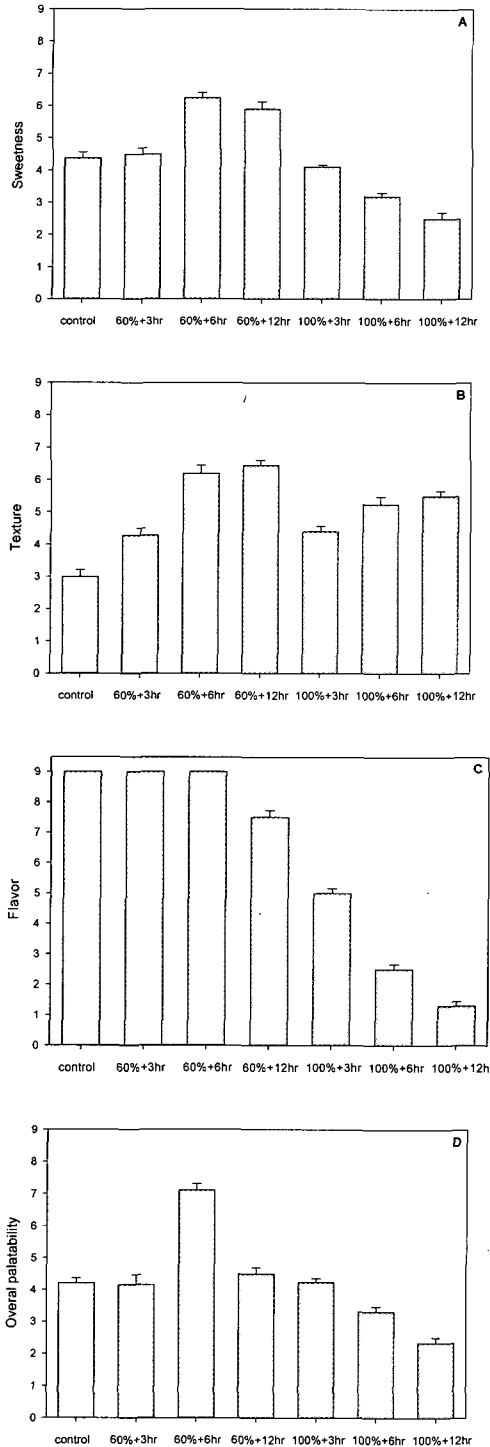


Fig. 8. Effect of CO₂ pre-treatment condition on sensory score at the 3 days of shelf-life of 'Hikawa Hakuho' peach fruit.

요 약

수확 후에 실시되는 고 이산화탄소(60 및 100%)의 전처리(3, 6, 12시간)가 '일천백봉' 복숭아의 상온 유통 중 신선도 및 부패에 미치는 영향을 조사하였다. 60% 이상의 이산화탄소를 6시간 이상 전처리할 경우 상온 유통 중 호흡, 에틸렌 발생,果皮 변색 및 연화 현상이 둔화되었으며 유통기한 중 조직감이 향상되었다. 상온에서의 부패 현상도 60% 및 100%를 6시간 이상 처리함으로써 크게 억제시킬 수 있었다. 복숭아 과실의 가용성 고형분 함량은 상온 유통 중 변화하지 않았으며 고 이산화탄소 처리에 의한 영향 또한 없으나, 관능 실험 결과 단맛 지수는 무처리에 비해 처리구가 높은 것으로 나타났다. 특히 60%를 6시간 처리한 과실이 조직감과 단맛 지수가 가장 높았고 전반적인 품질 지수도 가장 좋았다. 100% 농도의 경우果皮 변색, 호흡, 에틸렌 발생, 연화 및 부패 억제에는 효과적이거나 3시간 처리만으로도 과육에 이산화탄소가 잔류하여 이취를 발생시키므로 복숭아 과실에 부적합하였으며 60% 농도 또한 6시간을 초과하여 처리할 경우 이산화탄소가 잔류되어 전반적인 선호도가 낮았다. 따라서 '일천백봉' 복숭아의 경우, 60% 이산화탄소를 6시간 동안 전처리 함으로써 상온 유통되는 과실의 변색, 연화, 부패, 식미감 감소를 효과적으로 억제시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

감사의 글

이 논문은 농업기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Lill, R.E., O'Donoghue, E.M. and King, G.A. (1989) Postharvest physiology of peaches and nectarines. Hort. Rev., 11, 143-452
- Park, J.D., Hong, S.I., Park, H.W. and Kim, D.M. (1999) Modified atmosphere packaging of peaches (*Prunus persica* L. Batsch) for distribution at ambient temperature. Korean J. Food Sci. Technol. 31, 1227-1234
- 김입수, 변재균, 조재욱, 추연대, 기산영, 최부술 (1998) 저장온도와 PE 필름 밀봉에 따른 복숭아 품종별 저장력 평가. 농촌진흥청 원예작물연구논문집 (II), 40, 41-46
- 이숙희, 서영진, 박선도, 정은호 (1998) 복숭아 CA 저장중 CO₂ 농도의 영향. 농촌진흥청 원예작물연구논문집, 40, 134-139
- Fernandez-Trujillo, J.P., Martinez J.A. and Artes, F. (1999)

- Modified atmosphere packaging affects the incidence of cold storage disorders and keeps 'flat' peach quality. *Food Research International*, 31, 571-579
6. Kader, A.A. (1997) Biological bases of O₂ and CO₂ effects on postharvest life of horticultural perishables. *Proceedings of the Seventh International Controlled Atmosphere Research Conference*, 4, 160-163
 7. Retamales, J., Defilippi, B.G., Arias, M., Castillo, P. and Manriquez, D. (2003) High-CO₂ controlled atmospheres reduce decay incidence in Thompson Seedless and Red Globe table grapes. *Postharvest Biol. Technol.*, 29, 177-182
 8. Crisosto, C.H., Garner, D. and Crisosto, G. (2002) Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from *Botrytis* but accelerate rachis browning of 'Redglobe' table grapes. *Postharvest Biol. Technol.*, 26, 181-189
 9. Tian, S., Fan, Q., Xu, Y., Wang, Y. and Jian, A. (2001) Evaluation of the use of high CO₂ concentrations and cold storage to control *Monilinia fructicola* on sweet cherries. *Postharvest Biol. Technol.*, 33, 53-60
 10. De Vries-Paterson, R.M., Jones, A.L. and Cameron, A.C. (1991) Fungistatic effects of carbon dioxide in a packaging environment on the decay of Michigan sweet cherry by *Monilinia fructicola*. *Plant Dis.*, 75, 943-946
 11. Wilson, C.L., Franklin, J.D. and Otto, B.E. (1987) Fruit volatiles inhibitory to *Monilinia fructicola* and *Botrytis cinerea*. *Plant Dis.*, 71, 316-319
 12. Tian, S.P. and Bertolini, P. (1995) Effects of low temperature on mycelial growth and spore germination of *Botrytis allii* in culture and on its pathogenicity to store garlic bulbs. *Plant Pathol.*, 44, 1008-1015
 13. Bertolini, P. and Tian, S.P. (1997) Effect of temperature of production of *Botrytis allii* conidia on their pathogenicity to harvested white onion bulbs. *Plant Pathol.*, 46, 432-438
 14. Bertolini, P. and Tian, S.P. (1996) Low temperature biology and pathogenicity of *Penicillium hirsutum* on garlic in storage. *Postharvest Biol. Technol.*, 7, 83-89
 15. Tian, S.P. and Bertolini, P. (1999) Influence of conidia production temperature on morphology, germinability, and infectivity of *Monilinia laxa* in stored nectarine. *J. Phytopathol.*, 147, 635-641
 16. Choi, J.H., Joeng, M.C. and Lim, J.H. (2004) Effect of short-term high CO₂ on growth of *Botrytis cinerea*. *Korean J. Food Preserv.*, 11, 246-249
 17. Ke, D., El-Wazir, F., Cole, B., Mateos, M. and Kader, A.A. (1994) Tolerance of peach and nectarine fruits to insecticidal controlled atmosphere as influenced by cultivar, maturity, and size. *Postharvest Biol. Technol.*, 4, 135-146
-
- (접수 2005년 9월 6일, 채택 2005년 11월 29일)