

일산화질소(NO) 전처리가 MA포장 복숭아의 저장성에 미치는 영향

정현식 · 김종국¹ · 강우원¹ · 윤광섭² · 이주백³ · 최중욱*

경북대학교 식품공학과 및 식품생물산업연구소, ¹상주대학교 식품영양학과
²대구가톨릭대학교 식품공학과, ³대구보건대학 보건식품계열

Effect of Nitric Oxide Pretreatment on Quality of MA Packaged Peaches

Hun-Sik Chung, Jong-Kuk Kim¹, Woo-Won Kang¹,
Kwang-Sup Youn², Joo-Baek Lee³ and Jong-Uck Choi*

Department of Food Science & Technology, and
Food & Bio-industry Research Institute, Kyungpook National University
¹Department of Food and Nutrition, Sangju National University
²Department of Food Science & Technology, Catholic University of Daegu
³Department of Health Food, Daegu Health College

Effect of nitric oxide (NO) treatment on physiology and quality characteristics of peaches (*Prunus persica* L. Batsch) was determined. Peaches were treated for 4 hr with NO (0, 10, 100 ppm) gas under oxygen-free atmosphere at 10°C, packaged with 0.05-mm LDPE film, and stored at 10°C for 15 days. Treatment with 100 ppm NO reduced the ethylene production and the loss of flesh firmness in peaches, but did not affect soluble solids, titratable acidity, and surface color. Oxygen-free atmosphere induced the reduction of respiration rate and ethylene production. Modified atmosphere packaging retarded the loss of flesh firmness and surface greenness, but decreased soluble solids and titratable acidity regardless of NO treatment.

Key words: nitric oxide, ethylene, firmness, peaches, storage

서 론

일산화질소(nitric oxide, NO)는 free radical gas로서 독성물질로만 취급되어 왔으나 근래에 들어 다양한 생물학적 활성에 대한 관심이 고조되고 있다. 동물체에서 NO는 L-arginine을 전구체로 하여 nitric oxide synthase(EC 1.14.13.39)의 작용으로 생합성되며⁽¹⁾, 신경 전달, 혈관 확장, 항암 및 항미생물 작용에 관여하는 물질로 밝혀져 의료용으로 이용되는 경우도 있다⁽²⁾. 한편, 식물체에서는 NO의 생합성 경로가 동물보다 더욱 복잡한 것으로 알려져 있으며⁽³⁾, 성장과 성숙^(4,5) 그리고 병원체 침입에 대한 방어반응^(6,7)을 농도 의존적으로 조절하는 기능 등이 점차 보고되고 있어 에틸렌과 같이 가스상 식물 호르몬으로 보는 견해도 있다⁽⁸⁾. 이처럼 식물체에

서 다양한 NO의 기능이 밝혀지고 있지만, 이의 작용기작 및 이용을 위한 연구 특히, 외부에서 NO의 첨가가 과실의 저장 생리 및 품질에 미치는 영향에 관한 연구는 아직 미미한 실정이다^(9,10).

복숭아 과실은 수확 후 조직의 연화와 부패현상이 쉽게 발생되어 유통기간이 비교적 짧은 문제점을 가지고 있어, 이를 연장시키기 위하여 저장 중 주기적인 열처리^(11,12), controlled atmosphere(CA) 및 hypobaric 저장⁽¹³⁾, modified atmosphere (MA) 포장⁽¹⁴⁻¹⁶⁾ 등과 같은 각종 방법들의 효과에 대한 연구들이 수행되었다. 이러한 연구결과들을 종합해 보면, 복숭아는 일반적인 과실과는 달리 제어된 저장환경 하에서 체내 대사활성이 제어됨에 따른 일부 품질특성들의 손실은 억제되거나 식미를 결정하는데 기여하는 화학성분들의 감소나 조직감의 저하 등과 같은 특이한 품질열화 현상을 보이는 경우가 있어 실제 상업적 적용에 제약이 따르고 있다. 따라서 복숭아의 저장성 향상을 목적으로 앞서 언급한 NO처리의 효과를 검토해 볼 필요성이 있는 것으로 판단된다.

본 연구에서는 현재 청과물의 저장에 널리 사용되고 있는 MA포장기술을 적용한 황도 복숭아의 저장 및 유통 기간 연장을 위한 NO처리의 활용 가능성을 확인하기 위하여, NO

*Corresponding author : Jong-Uck Choi, Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-dong, Buk-gu, Daegu 702-701, Korea
Tel: 82-53-950-5776
Fax: 82-53-950-6772
E-mail: juchoi@knu.ac.kr

전처리가 저장 중 복숭아의 생리적 및 품질 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

실험용 복숭아(*Prunus persica* L. Batsch)는 2001년 8월 3일 오전에 경북 청도군 소재 과수원에서 황도 품종을 수확하여 즉시 저장고로 옮겨 0°C에서 24시간 보관한 후 외관이 건전하고 중간크기의 과실만 선별하여 사용하였다.

일산화질소 처리

일산화질소 처리는 복숭아 과실을 20 L 유리용기에 넣고 가스 출입용 밸브와 septum이 부착된 뚜껑을 닫고 처리 중 NO가 산화되는 것을 지연시키기 위해 N₂ 가스로 용기내부를 완전히 치환시킨 후 가스 출입용 밸브를 밀폐시켰다. 그런 다음 유리용기 하부에 설치된 fan을 회전시키면서 NO 가스를 유리체 주사기로 septum을 통하여 용기내부의 농도가 0, 10 및 100 ppm이 되게 각각 주입시키고 10°C에서 4시간 동안 방치하였다. 한편, N₂ 치환처리의 효과를 보기 위하여 무처리 실험도 병행하였다.

포장 및 저장 조건

MA포장은 NO처리 또는 무처리된 복숭아를 0.05 mm 두께의 LDPE 필름봉지(24×17 cm)에 2개씩 넣고 열 접착 밀봉하였다. MA포장만의 영향을 보기 위하여 무처리 과실의 무포장 실험도 함께 실시하였다. MA포장 또는 무포장된 복숭아의 저장은 10°C에서 15일간 실시하였으며, 포장내부의 산소와 이산화탄소 농도는 전처리 조건에 따른 뚜렷한 차이가 없이 저장 2일 후부터 말기까지 1~2% 및 14~15% 수준으로 각각 유지되었다.

이산화탄소 및 에틸렌 방출량 측정

일산화질소 처리가 복숭아의 호흡과 에틸렌 생합성에 미치는 영향을 보기 위하여, 과실을 상기와 같이 처리한 후 포장하지 않고 10°C에서 보관하면서 정치법으로 이산화탄소와 에틸렌의 방출량을 각각 측정하였다. 즉, 과실 일정량을 1.4 L 유리용기에 넣고 뚜껑을 닫은 다음 1시간 동안 방치시키고 head space 기체 1 mL를 가스 기밀성 주사기로 채취하여 GC(DS6200, Donam, Korea)로 이산화탄소와 에틸렌의 농도를 각각 분석하였다. 이때 분석조건으로 컬럼은 CTR1(Alltech, USA), 컬럼온도는 40°C, 이동상은 헬륨(60 mL/min)을 사용하였고, 검출기로 이산화탄소는 TCD, 에틸렌은 FID를 각각 사용하였다.

과육경도 측정

과육경도는 처리조건 당 10개의 과실을 취하여 적도부위의 껍질을 제거한 다음 Effegi penetrometer(FT327, Italy)에 직경 11 mm probe를 부착하여 수직방향으로 8 mm 깊이까지 압축할 때 필요한 힘을 kg으로 나타내었다.

가용성 고형물 함량 측정

가용성 고형물 함량은 과육경도를 측정한 시료를 박피, 제

심한 다음 착즙, 여과한 액을 취해 digital refractometer(PR-101, Atago, Japan)로 측정하였다.

적정산도 측정

적정산도는 가용성 고형물 측정용으로 조제한 시료액 10 mL 취해 증류수로 10배 희석한 다음 이 액 20 mL를 취해 0.1 N NaOH로 pH 8.1까지 적정하여 소비된 양을 malic acid로 환산하여 나타내었다.

표면색도 측정

표면색도는 처리조건 당 10개의 과실을 취하여 적색 발현이 전혀 없는 껍질부위를 백색판(L=97.79, a=-0.38, b=2.05)으로 보정된 chromameter(CR-200, Minolta, Japan)를 사용하여 L, a 및 b값을 측정하였다.

결과 및 고찰

일산화질소 처리가 생리적 특성에 미치는 영향

일산화질소 처리에 따른 저장 복숭아의 생리적 변화를 보기 위하여 호흡과 에틸렌 생합성의 활성을 나타내는 지표인 과실에서 외부로의 이산화탄소와 에틸렌 방출량을 각각 측정하였다. 먼저 이산화탄소 방출량은 N₂치환 후 NO처리한 모든 복숭아에서는 NO농도에 무관하게 처리 후 2~3일 사이에 감소되는 경향을 보였으나 무처리 과실에서는 반대로 증가되는 경향을 보였다(Fig. 1). 이로써 10°C 저장 복숭아의 호흡활성에 10~100 ppm NO처리는 영향을 미치지 않지만 NO처리 전 N₂치환으로 형성된 무산소 조건에 의해 호흡활성을 저하시키는 것으로 확인되었다. 이러한 저장 전 단기간 N₂치환처리에 의한 호흡활성 억제효과는 아보카도⁽¹⁷⁾의 경우와 유사하였으며, 과실 체내의 전반적인 대사활동의 억제에 기인된 품질특성들의 변화감소를 초래하는 것으로 평가된다.

에틸렌 방출량은 모든 처리조건에서 증가되는 경향을 보였으나 N₂치환 후 NO처리한 복숭아가 무처리 과실보다 증가가 억제되었으며, 이 중 100 ppm NO처리한 과실에서 보다 억제되었다(Fig. 1). 이러한 결과로 볼 때, 수확 후 복숭아의 에틸렌 생합성은 N₂치환으로 형성된 무산소 조건에서 단기간 방치에 의해 억제되지만 여기에 일정농도 범위의 NO가 존재시 생합성이 더욱 억제되는 것으로 판단된다. 따라서 NO가 과실조직 내 에틸렌 생합성을 저해하는 효과를 가지는 것으로 볼 수 있으며, 이를 더욱 증가시키기 위해서는 NO처리 농도와 시간 및 처리 후 저장온도와 같은 제반조건에 대한 세심한 연구가 필요할 것으로 여겨진다. 질소치환 처리에 의한 에틸렌 생합성 억제효과는 아보카도⁽¹⁷⁾와 사과⁽¹⁸⁾의 경우와 유사하였으며, 이는 산소 고갈에 따른 에틸렌 생합성의 마지막 단계를 조절하는 효소인 ACC(1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid) oxidase의 활성저하^(19,20)에 기인된 결과로 생각된다. 한편 NO에 의해 에틸렌의 생합성이 억제된 하나의 원인은 NO의 free radical이 생합성 관련 효소들⁽¹⁹⁾에 결합되어 활성을 저해^(8,21)하였기 때문인 것으로 추측된다.

일산화질소 처리가 품질특성에 미치는 영향

일산화질소 처리가 MA포장 복숭아의 품질특성에 미치는 영향을 보기 위하여, 과실을 수확한 후 밀폐용기에 넣고 내

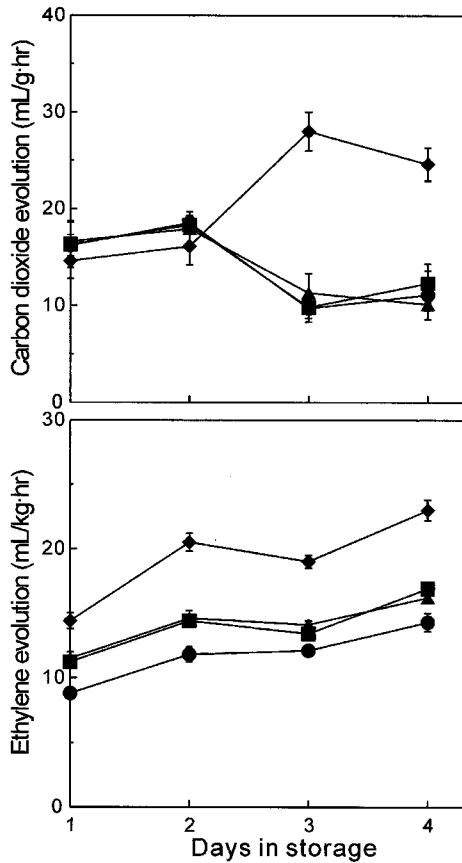


Fig. 1. Carbon dioxide and ethylene evolution of peaches kept at 10°C after NO treatment for 4 hours under the oxygen free atmosphere, or non-treatment. ▲ : 0 ppm NO, ■ : 10 ppm NO, ● : 100 ppm NO, ◆ : non-treated. Values represent the mean ± SD.

부 산소를 N₂로 치환시키고 NO처리를 한 다음 MA포장하여 10°C에서 저장하면서 과실의 과육경도, 가용성 고형물, 적정 산도 및 표면색도의 변화를 조사하였다.

과육경도의 변화를 보면 저장 15일 동안 모든 전처리 조건의 복숭아에서 감소되는 경향을 보였으나 그 중 100 ppm NO처리 후 MA포장한 과실에서 경도감소가 가장 억제되었으며, 10 ppm 이하 NO처리 및 무처리 후 MA포장 과실들간에는 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 무처리 후 무포장 과실보다는 경도의 감소가 억제되는 경향이였다(Fig. 2). 이러한 결과로 볼 때 100 ppm NO처리는 10°C 저장 MA포장 복숭아의 과육경도 유지에 상당한 효과가 있는 것으로 여겨지고, NO처리 전 행한 N₂치환처리는 경도변화에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 한편, MA포장에 의한 복숭아의 경도감소 억제 효과는 기존 보고들⁽¹⁴⁻¹⁶⁾의 결과와 일치하였다. 일반적으로 복숭아의 연화는 세포벽분해효소의 작용으로 펙틴질이 저분자화되기 때문이며⁽²²⁾, 이때 에틸렌이 효소들의 활성을 유도하는 것으로 알려져 있다⁽²³⁾. 이점을 고려해 보면 NO처리에 의한 연화억제는 농도 의존적으로 NO가 직접적으로 관련효소와의 결합을 통하여 불활성화^(8,21) 시켰거나 효소활성을 유도하는 에틸렌의 작용을 저해⁽¹⁰⁾한 것이 원인으로 생각된다. 게다가 널리 알려진 MA포장으로 형성된

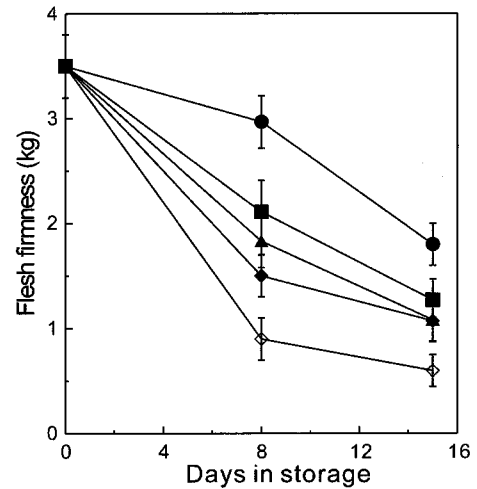


Fig. 2. Flesh firmness of peaches stored at 10°C. Peaches were treated for 4 hours with NO gas under the oxygen free atmosphere at 10°C, or non-treated, and then packaged with 0.05 mm LDPE film before storage.

▲ : 0 ppm NO + MAP, ■ : 10 ppm NO + MAP, ● : 100 ppm NO + MAP, ◆ : non-treated + MAP, ◇ : non-treated & -packaged. Values represent the mean ± SD.

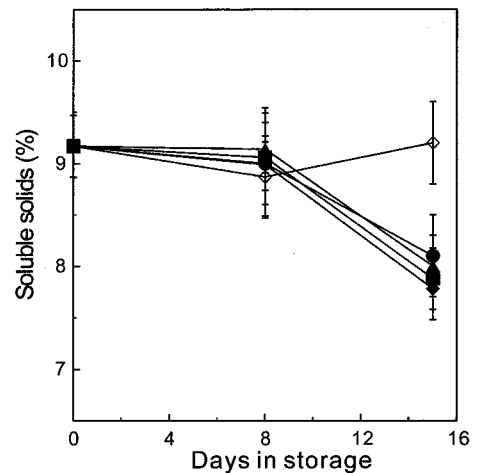


Fig. 3. Soluble solids of peaches stored at 10°C. Peaches were treated for 4 hours with NO gas under the oxygen free atmosphere at 10°C, or non-treated, and then packaged with 0.05 mm LDPE film before storage.

▲ : 0 ppm NO + MAP, ■ : 10 ppm NO + MAP, ● : 100 ppm NO + MAP, ◆ : non-treated + MAP, ◇ : non-treated & -packaged. Values represent the mean ± SD.

환경의 저농도 산소와 고농도 이산화탄소에 의한 에틸렌 작용의 저해효과도 가미된 것으로 여겨진다. 따라서 NO처리와 MA포장의 병용은 복숭아의 조직연화억제를 통한 과육경도의 유지효과를 가지는 것으로 인정되고 나아가 최적의 내·외적인 처리조건 및 저장조건을 구명하여 적용한다면 이들의 효과가 더욱 향상될 것으로 생각된다.

가용성 고형물 함량의 변화는 모든 전처리 조건의 복숭아에서 저장 8일경까지는 수확 직후와 거의 동일한 수준으로 유지되었으나 15일 후에는 NO처리 농도와 시행 유무에 따른 큰 차이가 없이 모든 MA포장한 과실에서는 저장 초기에

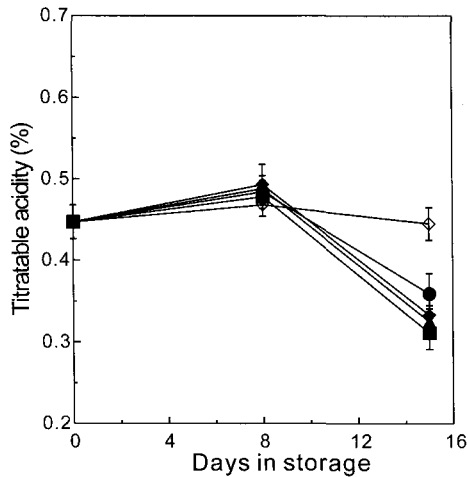


Fig. 4. Titratable acidity of peaches stored at 10°C. Peaches were treated for 4 hours with NO gas under the oxygen free atmosphere at 10°C, or non-treated, and then packaged with 0.05 mm LDPE film before storage.

▲ : 0 ppm NO + MAP, ■ : 10 ppm NO + MAP, ● : 100 ppm NO + MAP, ◆ : non-treated + MAP, ◇ : non-treated & -packaged. Values represent the mean ± SD.

비해 약 11%정도 감소된 반면 무처리 후 무포장 과실에서는 거의 변동을 보이지 않았다(Fig. 3). 이로써 MA포장 전 10°C에서 N₂치환 후 4시간 0~100 ppm NO처리는 복숭아의 가용성 고형물 변화에 뚜렷한 영향을 주지 않고 단지 MA포장만이 감소에 기인하는 것으로 판단된다. 일반적으로 복숭아 과실의 가용성 고형물은 65~80% 정도가 sucrose, fructose, glucose 및 sorbitol 등과 같은 당류로 구성되어⁽²⁴⁾ 있어 당도를 객관적으로 나타내는 지표로 사용된다. 이러한 복숭아의 가용성 고형물의 저장 중 변화경향에 대해 품종, 성숙도 및 저장방법 등의 여러 가지 요인들에 따라 증가⁽¹²⁾, 감소⁽¹⁴⁾ 혹은 변화되지 않는⁽¹⁶⁾다는 보고가 있으나 그 원인에 대해서는 아직 명확하게 밝혀지지 않고 있다.

적정산도의 변화 경향은 저장 8일경까지는 모든 처리조건의 복숭아에서 수확 직후에 비해 큰 변동을 보이지 않았으나 15일 후에는 MA포장하지 않은 과실을 제외한 모든 포장 과실에서는 NO처리 농도와 시행 유무에 따른 뚜렷한 차이가 없이 감소되었다(Fig. 4). 이를 볼 때 복숭아의 적정산도도 앞서 언급한 가용성 고형물의 경우와 유사하게 10°C에서 N₂치환 후 4시간 동안 0~100 ppm NO처리의 영향을 받지 않고, 단지 MA포장 필름이 두꺼울수록 산도의 감소가 심했다는 보고^(14,16)에서와 같이 본 실험에서 적용한 MA포장조건에 의해 결과로 생각된다. 한편 이러한 저장 후 복숭아의 적정산도와 가용성 고형물의 감소는 수확 후 성숙대사의 과도한 억제⁽¹¹⁾에 따른 비정상적인 대사의 작동과 연관성이 있는 것으로 보여지고, MA포장 조건에 대한 고려가 필요할 것으로 생각된다.

복숭아 표면의 색도를 나타내는 L, a 및 b값은 저장 15일 후 N₂치환 및 NO처리조건에 따른 차이를 나타나지 않았다(data 생략). 그러나 MA포장한 과실과 무포장 과실간에는 색도 변화의 차이를 보여 MA포장 과실에서는 수확 직후와 거의 같은 수준의 L, a 및 b값을 유지하였으나 포장하지 않은

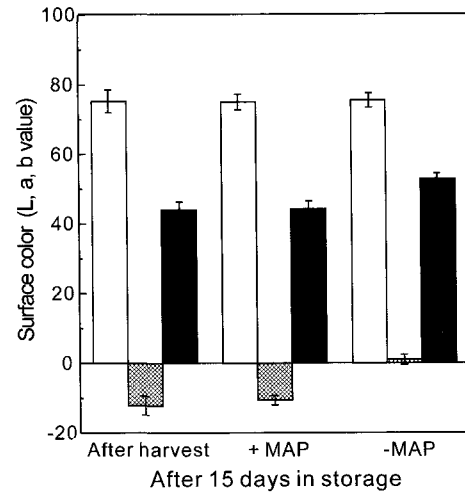


Fig. 5. Surface color of peaches stored at 10°C. Peaches were treated for 4 hours with NO gas under the oxygen free atmosphere at 10°C, or non-treated, and then packaged with 0.05 mm LDPE film or non-packaged before storage.

□ : L value, ▨ : a value, ■ : b value. Values represent the mean ± SD.

과실에서는 -a값이 큰 폭으로 증가되어 +a값이 되었고 b값도 20% 정도 증가되었다(Fig. 5). 이러한 결과로써 저장 전 10°C에서 N₂치환 및 4시간 0~100 ppm NO처리는 MA저장 복숭아의 표면색도 변화에 유의적인 영향을 미치지 않지만 MA포장은 색도변화의 억제효과를 가지는 것으로 판단된다. 과실의 표면색도 중 -a값의 증가와 b값의 증가는 녹색이 손실되고 황색 발현의 증가를 의미하는 것이며, 녹색손실의 원인은 에틸렌이 chlorophyllase, chlorophyll degrading peroxidase 및 chlorophyll oxidase 등과 같은 효소의 활성증가를 유도하여 chlorophyll이 분해되기 때문이며^(25,26), 이는 에틸렌의 작용을 저해할 수 있는 저농도 산소와 고농도 이산화탄소를 형성하는 CA저장⁽²⁷⁾ 및 MA포장⁽¹⁶⁾에 의해 억제되는 것으로 알려져 있다. 그러나 앞서 언급한 과육경도의 경우와는 달리 NO가 표면색도에 대한 에틸렌의 작용에 영향을 미치지 않은 것으로 나타난 것은 NO에 대한 반응성의 차이나 MA포장의 효과에 가려진데 기인된 것으로 생각된다.

이상의 모든 결과를 종합해 보면, NO처리는 저장 중 황도 복숭아의 에틸렌 생성을 억제하는 효과를 가지는 것이 확인되었고, 또한 MA포장 복숭아의 과육경도 유지에도 효과가 있는 것으로 나타났다. 반면에 MA포장 복숭아의 가용성 고형물, 적정산도 및 표면색도 등에서는 NO처리의 효과가 나타나지 않았으나, 이는 실제로 이들의 변화에 NO의 무영향 또는 본 실험에서 적용한 NO처리 및 MA포장 조건과도 관련이 있는 것으로 보여진다. 한편 NO처리와는 무관하게 MA포장에 의해 저장 15일 후 가용성 고형물과 적정산도의 감소를 초래한 것은 전적으로 포장 및 저장 조건에 기인된 것이라 볼 수 있다. 따라서 복숭아에 대한 NO처리는 처리 후 가용성 고형물과 적정산도의 감소를 억제 할 수 있는 적절한 포장 또는 저장 조건이 적용된다면 충분히 저장기간 연장의 목적으로 사용 가능성이 있다고 판단된다. 그리고 이러한 NO처리의 효과를 보다 향상시키기 위해서는 과실의 재

배조건과 성숙도 및 NO처리 농도, 시간, 온도 등과 같은 처리방법에 대한 폭 넓은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

일산화질소(NO) 처리가 저장 중 황도 복숭아의 생리적 및 품질특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여, 과실을 수확하여 밀폐용기에 넣고 10°C에서 N₂치환 후 4시간 동안 NO(0, 10, 100 ppm) 처리한 다음 MA(0.05 mm LDPE) 포장하여 15 일간 저장실험을 실시하였다. NO 100 ppm 처리는 복숭아의 에틸렌 생성과 과육경도 손실을 억제시키는 효과가 확인되었으나 가용성 고형물, 적정산도 및 표면색도의 변화에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. NO처리와 병행한 N₂치환 처리는 과실의 호흡과 에틸렌 생성을 억제시키는데 기여하였으며, MA포장은 NO 전처리와 무관하게 과육경도와 표면색도의 손실을 억제하는 효과가 있었으나 가용성 고형물과 적정산도의 감소를 초래하였다.

문 헌

- Bredt, D.S. Cloned and expressed nitric oxide synthase structurally resembles cytochrome P-450 reductase. *Nature* 351: 714-719 (1991)
- Wink, D.A. and Mitchell, J.B. Chemical biology of nitric oxide: Insights into regulatory, cytotoxic, and cytoprotective mechanisms of nitric oxide. *Free Radical Biology and Medicine* 25: 434-456 (1998)
- Yamasaki, H., Sakihama, Y. and Takahashi, S. An alternative pathway for nitric oxide production in plants: New features of an old enzyme. *Trends Plant Sci.* 2: 128-129 (1999)
- Gouvea, C.M.C.P., Souza, J.F., Magalhaes, A.C.N. and Martins, I.S. NO-releasing substances that induce growth elongation in maize root segments. *Plant Growth Regul.* 21: 183-187 (1997)
- Leshem, Y.Y., Wills, R.B.H. and Ku, V.V.V. Evidence for the function of the free radical gas-nitric oxide(NO[•]) - as an endogenous maturation and senescence regulating factor in higher plants. *Plant Physiol. Biochem.* 36: 825-833 (1998)
- Delledonne, M., Xia, Y.J., Dixon, R.A. and Lamb, C. Nitric oxide functions as a signal in plant disease resistance. *Nature* 394: 585-588 (1998)
- Durner, J., Wendehenne, D. and Klessig, D.F. Defense gene induction in tobacco by nitric oxide, cyclic GMP, and cyclic ADP-ribose. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 95: 10328-10333 (1998)
- Beligni, M.V. and Lamattina, L. Nitric oxide: A non-traditional regulator of plant growth. *Trends Plant Sci.* 6: 508-509 (2001)
- Leshem, Y.Y. and Wills, R.B.H. Harnessing senescence delaying gases nitric oxide and nitrous oxide: A novel approach to post-harvest control of fresh horticultural produce. *Biol. Plant* 41: 1-10 (1998)
- Wills, R.B.H., Ku, V.V.V. and Leshem, Y.Y. Fumigation with nitric oxide to extend the postharvest life of strawberries. *Postharvest Biol. Technol.* 18: 75-79 (2000)
- Anderson, R.E. and Penney, R.W. Intermittent warming of peaches and nectarines stored in a controlled atmosphere or air. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 100: 151-153 (1975)
- Kim, S.B., Hong, S.H. and Lee, C.H. Effect of intermittent warming on peach fruit quality in cold storage. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 39: 40-45 (1998)
- Kajiura, I. CA storage and hypobaric storage of white peach Okubo. *Scientia Hort* 3: 179-187 (1975)
- Kim, S.K. and Ko, K.C. Fruit quality of peach as affected by polyethylene film bagging. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 17: 28-37 (1976)
- Deily, K. and Rizvi, S. Optimization of parameters for packaging of fresh peaches in polymertic films. *J. Food. Proc. Eng.* 5: 23-41 (1981)
- Park, J.D., Hong, S.I., Park, H.W. and Kim, D.M. Modified atmosphere packaging of peaches for distribution at ambient temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1227-1234 (1999)
- Pesis, E., Marinansky, R., Zauberman, G. and Fuchs, Y. Reduction of chilling injury symptoms of stored avocado fruit by pre-storage treatment with high nitrogen atmosphere. *Acta Hort.* 343: 251-255 (1993)
- Chung, H.S. and Choi, J.U. Production of ethylene and carbon dioxide in apples during CA storage. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 6: 153-160 (1999)
- Lieberman, M. Biosynthesis and action of ethylene. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 30: 533-536 (1979)
- Tonutti, P., Casson, P. and Ramina, A. Ethylene biosynthesis during peach fruit development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116: 274-279 (1991)
- Wojtaszek, P. Nitric oxide in plant: To NO or not to NO. *Phytochemistry* 54: 1-4 (2000)
- Kim, M.H., Shin, S.R., Son, M.A. and Kim, K.S. Changes in the cell wall components of peach during maturation and storage. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 21: 372-376 (1992)
- Wu, Q., Szakacs-Dobozi, M., Hemmat, M. and Hrazdina, G. Endopolygalacturonases in apple(*malus domestica*) and its expression during fruit ripening. *Plant Physiol.* 102: 219-225 (1993)
- Brady, C.J. Stone fruit, pp. 383-384. In: *Biochemistry of fruit ripening*, Tucker, G.A., Taylor, J.E. and Seymour, G.B.(eds.), Chapman & Hall, London, UK (1993)
- Barmore, C.R. Effect of ethylene on chlorophyllase activity and chlorophyll content in calamondin rind tissue. *Hort. Sci.* 10: 595-598 (1975)
- Yamauchi, N. Mechanism of chlorophyll degradation in harvested fruits and vegetables. *Food Preserv. Sci.* 25: 175-184 (1999)
- Yamauchi, N. and Watada, A.E. Pigment changes in parsley leaves during storage in controlled or ethylene containing atmosphere. *J. Food Sci.* 58: 616-619 (1993)

(2002년 2월 28일 접수; 2002년 12월 10일 채택)