

가스흡착제 처리가 상온 유통 청매실의 품질 및 호흡특성에 미치는 영향

차환수 · 홍석인 · 정명수^{1,*}
한국식품개발연구원, ¹(주)오뚜기 중앙연구소

Effect of Gas Absorbents on Quality Attributes and Respiration Characteristics of Mature-Green Mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) Fruits during Storage at Ambient Temperature

Hwan-Soo Cha, Seok-In Hong and Myong-Soo Chung^{1,*}

Korea Food Research Institute
¹Research Center, Ottogi Corporation

During storage at 25°C, the effect of gas absorbents, such as carbon dioxide scavenger, ethylene absorber, and their combinations, on respiration characteristics and quality attributes of mature-green Mume fruits packaged in 30 µm low density polyethylene (LDPE) film was examined. Changes in quality attributes of the fruits were observed in terms of weight loss, titratable acidity, pH, flesh firmness, color, water-soluble solid, and chlorophyll contents. In the presence of ethylene absorber (KMnO₄), the physiological injury was remarkably suppressed, and there was no significant injury in Mume fruits at 25°C for 10 days. Yellowing and softening were also noticeably reduced by the combination of plastic film packaging and inclusion of ethylene absorber. The respiration rate was slower in fruits sealed with ethylene absorber than in those with absorbent-free packaging. Using ethylene absorber, levels of oxygen and carbon dioxide were maintained at 2-3 and 7-8%, respectively, during storage at 25°C for 10 days. The addition of carbon dioxide scavenger (Ca(OH)₂) negatively affected the quality attributes and respiration characteristics of the fruits. Overall results showed that ethylene removal by gas absorbent in the film packages significantly prolonged the shelf life of the fruits at ambient temperature.

Key words: mume fruit, gas absorbents, active food packaging, quality attributes, respiration characteristics

서 론

항균작용, 항알러지작용, 정혈작용 및 약알칼리성으로 체질을 개선하는 효과가 있는 것으로 알려진 청매실은 절임, 술, 청량음료 등의 원료로서 최근 국내에서 가장 각광받고 있는 과실 중의 하나이다. 청매실은 용도별로 가공적성을 고려하여 수확적기를 판단해야 하고 수확 후에도 저장조건에 따라서 성숙도 변화가 심한 과실이기 때문에 이러한 특성을 감안하여 원료 선정을 하는 것이 상업적으로 좋은 제품을 만들기 위한 중요한 요소이다. 특히 청매실은 전형적인 climacteric형 과실로 수확 후 상온에 두면 급속히 추숙되어 다량의 에틸렌을 생성하고 과육이 급속도로 연화되어 가공용 원료

로서의 가치가 떨어지므로 청매실의 품질저하를 방지하기 위한 저장성 증진 연구가 시급한 실정이다. 이에 국내에서 재배되는 청매실의 성숙도를 정확하게 측정하여 실제로 활용할 수 있는 방법과 최적 저장조건에 대한 자료를 제시하기 위해 광범위한 선행 연구를 통하여 수확 시기에 따른 정도, 무기성분 및 펙틴질의 변화⁽¹⁾, 유기산, 유리당 및 유리아미노산의 변화⁽²⁾, 호흡특성의 변화⁽³⁾ 등에 대한 연구 결과를 발표하였고 수확후 상온저장하면서 포장조건에 따른 호흡생리 및 선도유지 특성변화 등⁽⁴⁾을 관찰하여 발표한 바 있다.

청매실의 선도유지와 관련하여 Zhang 등^(5,6)은 청매실을 폴리에틸렌(PE 20 µm) 필름봉투에 에틸렌 및 탄산가스 흡착제를 넣고 상온에서 저장한 결과, 에틸렌 흡착제를 넣은 처리구는 품질저하가 현저히 억제된 반면 탄산가스 흡착제를 넣은 처리구는 포장 내에 과도한 저산소 조건이 형성되어 아세트알데히드와 에틸 알코올이 축적되었고 생리장해에 의한 내부 갈변이 발생되었다고 보고하였다. Osajima와 Wada⁽⁷⁾는 에틸렌 흡착제와 플라스틱필름 밀봉포장을 병용한 간이 controlled atmosphere(CA) 저장법으로 청매실을 20°C에 저장

*Corresponding author: Myong-Soo Chung, Research Center, Ottogi Corporation, 160 Pyeongchon-Dong, Dongan-Gu, Anyang, Kyonggi-Do 431-070, Korea
Tel: 82-31-421-2137
Fax: 82-31-421-2133
E-mail: mschung@ottogi.co.kr

한 결과 9일 이상 저장이 가능하였으며, 청매실의 생리장해는 이산화탄소농도가 약 20%의 환경 하에서 급증하고 25% 이상에서는 과실 전체에 장해가 발생하였으나 에틸렌 제거구에서는 이산화탄소 25% 농도에서도 장해발생이 0-4%로 낮아졌다고 하였다. 또한 Takatoshi 등⁽⁸⁾은 상온과 CA 저장 조건 하에서 청매실의 선도를 유지하기 위해서는 대량으로 발생하는 에틸렌의 제거와 저산소(2% 하한), 고이산화탄소(8%)의 가스조성이 필요하다고 하였다. Kaji 등⁽⁹⁾에 의하면 CA 저장 및 modified atmosphere(MA) 포장(30 μ m LDPE + 에틸렌 흡착제) 모두 청매실의 녹색유지 효과가 탁월하였고, 이산화탄소 농도가 높을수록 황화가 억제되었으며, 선도유지 기간은 에틸렌 흡착제를 넣은 필름포장에서 12일간, CA 저장의 경우 3%, 8% 이산화탄소 처리구에서 15일간, 13% 처리구에서는 19일간 신선도가 양호하였으나 18%의 고이산화탄소 농도에서는 12일간으로 오히려 낮은 저장성을 나타낸다고 하였다. 이와 같이 저장중 선도유지에 관한 외국 연구 사례가 일부 보고되어 있지만, 국내산 청매실의 호흡생리특성과 저장중 품질변화에 대한 체계적인 연구는 아직 미흡한 상황이다.

본 연구에서는 선행 연구 결과를 토대로 상온 저장중 가스흡착제의 투입이 청매실의 호흡특성과 품질변화에 어떻게 영향을 미치는지를 조사하여 보다 효과적인 상온 유통방법을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

전남 해남군 산이면에 위치한 보해 매원에서 개화 후 71일에 채취한 '납고' 품종의 녹색(mature-green) 상태의 청매실을 사용하였다. 청매실의 1개당 평균무게는 14.5 g이었고, 과실전체에 대해 찌가 차지하는 비율은 평균 17.8%였다. 수목에서 채취한 청매실은 보냉용기에 담아 이송하였으며 실험장소에 도착한 후 0°C의 저장실에서 하루동안 예냉시킨 다음 저장실험에 사용하였다.

포장 및 저장

가스흡착제 첨가에 따른 저장시험은 두께가 30 μ m인 저밀도 폴리에틸렌(LDPE, 한양화학) 필름봉투(20×30 cm)에 청매실 500 \pm 2 g 씩을 각각 넣고 여기에 CO₂ 흡착제로서 Ca(OH)₂ 10 g 팩, C₂H₄ 흡착제로서 KMnO₄ 30 g 팩, CO₂와 C₂H₄의 혼합 흡착제로서 Ca(OH)₂ 10 g + KMnO₄ 30 g 팩을 첨가한 3가지 포장구를 가열접착 밀봉하여 25°C에서 10일간 저장하면서 각각의 품질을 평가하였다. 본 실험에 사용된 LDPE 필름의 물리적 특성(실측 두께, 수분투과도, 기체투과율 등)은 선행 연구⁽⁴⁾에 보고된 바와 같다.

호흡특성

청매실의 호흡특성은 밀폐시스템 방법⁽¹⁰⁾에 따라 측정하였다. 즉, 뚜껑에 실리콘 격막이 장착된 유리용기(1.9 L)내에 전체 체적의 1/2정도 분량인 450 \pm 2 g의 청매실을 넣고 밀봉한 후 25°C에서 8시간 동안 보관하면서 경시적으로 용기

내의 기체조성을 GC(Shimadzu GC-14A, Japan)로 분석하여 청매실의 호흡량과 호흡률을 계산하였다. 이때 밀폐용기 내부의 산소와 이산화탄소 농도 측정을 위한 GC 분석조건은 detector: TCD, detector temp.: 60°C, column: Alltech CTR-I, column temp.: 35°C, injection temp.: 60°C, carrier gas: He(60 mL/min)로 하였다. Gas-tight syringe(Hamilton #1001, USA)를 이용하여 밀폐용기에서 채취한 기체를 200 μ L씩 GC injector에 주입한 다음 이로부터 얻은 크로마토그램으로 기체조성을 분석하였다. 이러한 청매실의 호흡량 결과를 바탕으로 각 측정 시간간격에 대한 기체농도 변화를 선형 회귀 분석하여 O₂ 소비와 CO₂ 생성에 대한 평균 호흡률을 계산하였다. 또한 호흡패턴을 알아보기 위해 측정된 O₂ 소비율에 대한 CO₂ 생성율의 비를 구하여 호흡계수(RQ)로 나타내었다.

품질특성

포장 내부의 산소와 이산화탄소 농도 측정을 위해 상기 호흡특성에서와 동일한 GC 시스템을 사용하였다. 또한 에틸렌 농도 측정을 위해서는 FID 검지기가 장착된 GC(Hewlett Packard, HP-5890, USA)를 사용하였으며, 이때 분석조건은 column: Sus-column(1/8 inch, 5 ft) packed with Carboseive G(60/80 mesh), detector temp.: 220°C, column temp.: 195°C, injection temp.: 220°C, carrier gas: He(50 mL/min)로 하였다. Gas-tight syringe(Hamilton #1001, USA)를 이용하여 각 포장시료에서 채취한 기체를 200 μ L 씩 GC injector에 주입한 다음 이로부터 얻은 크로마토그램으로 개별 기체농도를 분석하였다.

중량 감소율은 저장중 중량감소를 경시적으로 측정하여 초기값에 대한 차이를 백분율(%)로 나타내었다. 과실의 생리장해 발생상태를 나타내는 장해율은 육안으로 외관상태의 장해(변질), 과실내부 표면의 갈변 및 연화상태를 조사하여 전체 과실수에 대한 장해발생 과실수의 백분율(%)로 나타내었다⁽¹¹⁾. 화학적 품질지표로서 pH는 매실 과육을 세절한 후 마쇄, 여과하여 얻은 여과액을 pH meter(Orion 520A, Japan)로 측정하였고, 적정 산도는 pH 측정용 시료를 이용하여 여과액 10 mL의 pH 값이 8.2로 되는데 소요되는 0.1 N NaOH 용액의 소비량을 구한 후 citric acid로 환산하여 총산 함량(% w/v)으로 나타내었다. 가용성 고형분은 매실 과즙 여과액을 굴질 당도계(Atago pr-100, Japan)를 이용하여 측정하였다. 과육 경도는 universal A형의 과실 경도계(Cat. No. 9330, Model 5 kg, 日本 木屋製作所)로 직경 12 mm의 円錐形 針頭를 사용하였다⁽¹²⁾. 측정방법은 시료구별로 각각 50개체를 측정하여 평균값과 표준편차를 구하였다. 색도는 매실의 과피 표면을 색차계(Minolta CR-200, Japan)를 이용하여 측정하였으며, L(lightness), a(redness/greenness), b(yellowness/blueness) 값으로 나타내었다. 기기 보정에 사용한 표준 색판은 L: 92.68, a: -0.81, b: 0.86의 값을 가진 백색판을 사용하였다. 클로로필 함량은 매실 과육 10 g을 순수 에탄올 40 mL와 함께 homogenizer로 15,000 rpm에서 5분간 균질화시킨 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 얻은 상정액을 시료로 665 nm에서 흡광도를 측정하였다⁽¹³⁾.

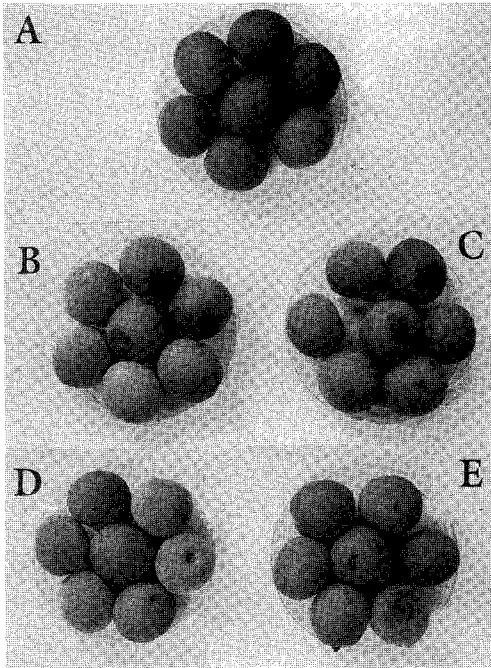


Fig. 1. The appearance of 'Nanko' Mume fruits packaged in LDPE film with gas absorbents after 10-days storage at 25°C.

- A: fresh fruit
- B: packaged in 30 μm LDPE
- C: packaged with CO₂ absorbent in 30 μm LDPE
- D: packaged with C₂H₄ absorbent in 30 μm LDPE
- E: packaged with C₂H₄ and CO₂ absorbents in 30 μm LDPE

결과 및 고찰

외형적 손상

선행 연구⁽⁴⁾에서 청매실의 선도유지를 위하여 포장재 두께 별로 실험한 결과, 가장 양호한 것으로 나타난 30 μm 두께의 LDPE 필름 포장재에 청매실과 함께 탄산가스 흡착제, 에틸렌 흡착제를 각각 또는 혼합 첨가하여 밀봉한 다음 25°C에서 10일간 저장한 후 확인한 매실의 외형적 성상은 Fig. 1과 같다. 그림에서 A는 수확 후 저장초기의 외형적 성상으로서 장해가 전혀 없는 상태임을 알 수 있고, 무첨가구 B, 탄산가스 흡착제 첨가구 C 및 혼합 첨가구 E는 약간씩 장해현상이 나타났으나 에틸렌 흡착제 첨가구 D는 저장 10일째에도 장해현상이 거의 나타나지 않았음을 알 수 있다.

호흡량 및 호흡패턴

LDPE 필름에 청매실과 함께 탄산가스 흡착제와 에틸렌 흡착제를 각각 또는 혼합 첨가하여 밀봉한 후 상온에서 10일간 저장하였을 때 포장내 기체조성 측정 결과는 Fig. 2와 같다. 탄산가스 흡착제 첨가구와 혼합 첨가구는 저장 8일까지 CO₂ 농도가 0.0-0.5%로서 극히 낮은 수준을 유지하다가 저장 10일에 11.6-13.6%로 급격히 증가하였다. 또한 에틸렌 흡착제 첨가구와 무첨가구는 저장 2일째에 CO₂ 농도가 7.4-8.6%로 급격히 증가한 후 에틸렌 흡착제 첨가구는 저장 10일까지 7.0-7.9%로 일정한 평형상태를 유지한 반면, 무첨가구는 저장 8일 이후 계속적으로 증가하여 저장 10일에는 16.4%로 증가하였다.

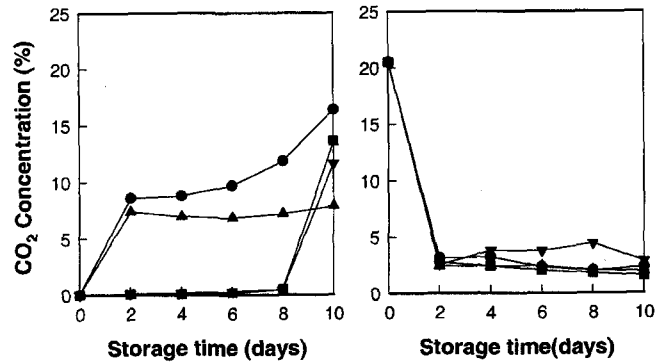


Fig. 2. Changes in gas composition of 'Nanko' Mume fruits packaged in LDPE 30 film with gas absorbents during storage at 25°C.

- : None, ■: C-ab, ▲: E-ab, ▼: C+E-ab
- None: packaged in LDPE 30
- C-ab: packaged in LDPE 30 with CO₂ absorbent
- E-ab: packaged in LDPE 30 with C₂H₄ absorbent
- C+E-ab: packaged in LDPE 30 with CO₂ and C₂H₄ absorbents

한편 O₂ 농도는 비교구 모두 저장초기 20.5%에서 저장 2일째에 2.4-3.1%로 급격히 감소한 후 저장 10일까지 1.6-2.9%로 일정하게 유지되었다. Miyazaki 등⁽¹⁴⁾은 '백가' 청매실을 가스흡착제와 함께 PE 필름에 포장한 다음 22°C에 저장한 결과, 포장 1일 후에 산소 농도는 급격히 감소하고 이산화탄소 농도는 급격히 증가하였지만 그 후 4일까지 변화가 거의 없었다고 보고하였으며, 이는 본 실험 결과와 유사하였다. 또한 Osajima와 Wada⁽⁷⁾에 의하면 지나친 고이산화탄소와 저산소 농도의 환경은 과실의 이상대사를 유발시킴으로써 과실에 아세트알데히드와 에틸 알코올을 동시에 생성 촉진시켜 생리장해를 유발하므로, 저장시 포장내 에틸렌가스를 제거하면 녹색의 색상과 경도 유지기간이 연장되며 포장내 산소 농도의 감소와 이산화탄소 농도의 증가를 어느 정도 경감하여 아세트알데히드와 에틸 알코올이 생성 촉진되는 것을 억제할 수 있다고 한다. 이에 반해 탄산가스 흡착제를 넣은 처리구는 포장 내에 과도한 저산소 조건이 형성되어 아세트알데히드와 에틸 알코올이 축적되었고 생리장해에 의한 내부 갈변이 발생되었다^(5,6). 이상과 같이 포장내부에 탄산가스 흡착제를 넣은 경우 에틸렌 흡착제를 넣은 것에 비해 이상대사나 생리장해의 발생이 일어나기 쉽고 저장상에 오히려 역효과를 발생하였는데, 이는 적절한 고농도의 탄산가스가 생리활성의 억제에 효과적으로 작용하고 있음을 시사하는 것이다.

Fig. 3은 25°C에 저장중인 밀봉 포장상태의 청매실 시료에 대해 주기적으로 포장을 파기한 후 호흡률 측정용 밀폐 유리용기에 넣고 일반 대기하에서 측정된 호흡률 변화이다. 무첨가구의 경우 CO₂ 생성율이 저장초기의 73.6 mL/kg·h에서 저장 4일까지 다소 감소하다가 저장 6일부터 급격하게 증가하여 저장 10일에는 128.9 mL/kg·h로 증가하였다. 탄산가스 흡착제 첨가구와 혼합 첨가구는 저장 2일에 각각 36.9, 17.1 mL/kg·h으로 급격히 감소한 후 저장 8일까지 생성속도가 유사한 경향으로 완만하다가 저장 10일에 급격히 증가하는 경향을 보였다. 이것은 두 첨가구 모두 밀봉포장 저장시 탄

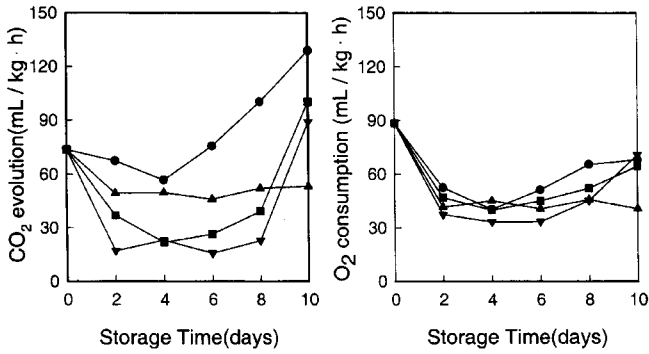


Fig. 3. Changes in respiration rate of 'Nanko' Mume fruits packaged in LDPE 30 film with gas absorbents during storage at 25°C.

●: None, ■: C-ab, ▲: E-ab, ▼: C+E-ab
*Symbols are explained in the legend of Fig. 2.

산가스 흡착제의 작용으로 거의 무탄산가스 상태에 있다가 갑자기 일반 대기로 옮겨져 호흡률을 측정하는 동안 밀폐용기 내에 누적된 탄산가스에 의해 역으로 영향을 받아 탄산가스 생성이 억제된 것으로 이해되며, 저장 10일에 CO₂ 생성율의 급격한 증가는 이러한 탄산가스 흡착제의 기능 소진으로 그 효과가 없어졌기 때문이라고 판단된다. 또한 에틸렌 흡착제 첨가구는 저장 2일에 CO₂ 생성속도가 49.4 mL/kg·h로 감소한 후 저장 10일까지 일정한 평형을 유지하여 가장 안정적인 호흡특성을 보였다.

한편 O₂ 소비율은 비교구 모두 저장초기에 88.5 mL/kg·h의 소비율을 보이다가 저장 2일에 37.4-52.1 mL/kg·h로 급격히 감소하는 경향을 보였으며, 무처리구는 CO₂ 생성율과 마찬가지로 저장 4일까지 다소 감소하다가 저장 6일부터 10일까지 다시 증가하는 현상을 보였다. 또한 탄산가스 흡착제 첨가구는 무첨가구와 유사한 경향을 보였으며 혼합 첨가구도 이와 유사한 경향을 나타냈는데, 저장 2일에서 6일까지 O₂ 소비속도가 37.4-33.3 mL/kg·h로 다른 첨가구에 비해 낮은 소비율을 보이다가 저장 10일에는 70.7 mL/kg·h로 급격히 증가하였다. 그러나 에틸렌 흡착제 첨가구는 저장 2일에 급격히 감소한 후 저장 10일까지 41.5-45.6 mL/kg·h로 일정한 평형을 유지하였다. 이상의 결과로 볼 때 에틸렌 흡착제 첨가구는 저장 10일까지 호흡량과 호흡패턴이 일정하여 호흡으로 인한 생리적 장애를 제거할 수 있어 청매실의 선도 유지에 효과가 클 것으로 판단된다.

청매실의 저장중 호흡계수(RQ) 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 무처리구는 저장 2일까지 RQ값이 0.83-1.29로 정상적인 호기 호흡패턴을 유지하였으나, 저장 4일부터 10일까지는 1.4-1.9를 나타내어 혐기적 호흡대사가 유발되기 시작했음을 알 수 있다. 그러나 탄산가스 흡착제 첨가구와 혼합 첨가구는 저장초기부터 저장 8일까지 RQ값이 0.46-0.79로 상당히 낮은 상태인데, 이것은 포장내부의 CO₂ 완전 제거로 인해 저장중 정상적인 호흡패턴을 벗어나서 대기상태의 호흡률 측정시 CO₂ 생성율이 낮아진 반면 O₂ 소비율은 비교적 그대로 유지되는 왜곡된 호흡이 유발되었기 때문이며 아울러 호흡기질로서 탄수화물보다는 유기산이 사용된 것으로 생각된다. 저장 10일에 RQ값이 급격히 증가한 것은 아마도 왜곡된

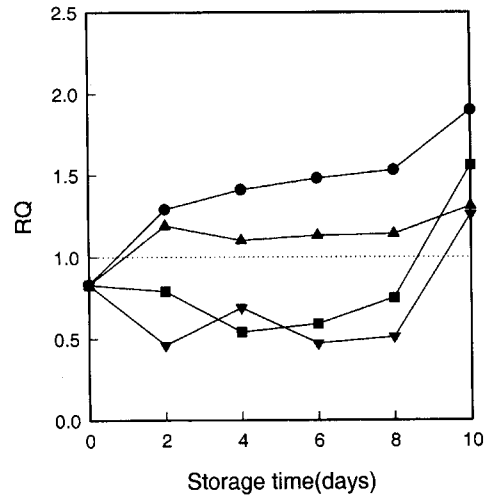


Fig. 4. Changes in respiration quotient (RQ) of 'Nanko' Mume fruits packaged in LDPE 30 film with gas absorbents during storage at 25°C.

●: None, ■: C-ab, ▲: E-ab, ▼: C+E-ab
*Symbols are explained in the legend of Fig. 2.

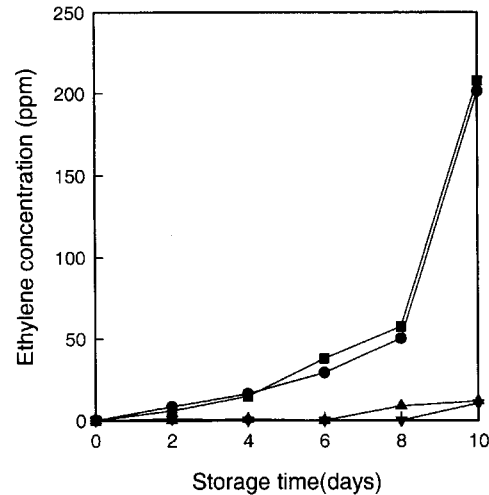


Fig. 5. Changes in ethylene concentration of 'Nanko' Mume fruits packaged in LDPE 30 film with gas absorbents during storage at 25°C.

●: None, ■: C-ab, ▲: E-ab, ▼: C+E-ab
*Symbols are explained in the legend of Fig. 2.

호흡패턴을 유발했던 탄산가스 흡착제의 효과가 상실되면서 포장내에 혐기적 호흡이 시작되었기 때문으로 판단된다. 에틸렌 흡착제 첨가구는 저장 10일 동안 RQ값이 0.83-1.31로 가장 안정적인 값을 보여 CO₂ 생성속도와 O₂ 소비속도가 일정하게 유지되는 정상적 호흡대사가 진행되었음을 알 수 있다.

에틸렌 생성량

포장내부의 에틸렌 누적량을 측정된 결과, Fig. 5에 나타낸 바와 같이 무첨가구와 탄산가스 흡착제 첨가구는 저장 후 8일까지 50-57 ppm으로 완만하게 상승하다가 저장 10일에는 201-208 ppm까지 급격히 증가하였다. 반면 혼합 첨가구는 저장 6일까지 에틸렌이 전혀 누적되지 않다가 저장 8일부터 10

Table 1. Changes in weight loss and physiological injury of 'Nanko' Mume fruits packaged in LDPE film with gas absorbents during storage at 25°C

Attribute	Treatment	Storage days					
		0	2	4	6	8	10
Weight loss (%)	None	-	0.17	0.41	0.61	0.78	0.95
	C-ab	-	0.33	0.44	0.65	0.82	0.99
	E-ab	-	0.25	0.43	0.62	0.83	0.94
	C+E-ab	-	0.20	0.42	0.62	0.79	0.96
Injury (%)	None	-	-	-	-	7.14	21.42
	C-ab	-	-	-	-	6.89	17.24
	E-ab	-	-	-	-	-	2.24
	C+E-ab	-	-	-	-	3.57	10.71

None: packaged in LDPE 30 µm

C-ab: packaged in LDPE 30 µm with CO₂ absorbentE-ab: packaged in LDPE 30 µm with C₂H₄ absorbentC+E-ab: packaged in LDPE 30 µm with C₂H₄ and CO₂ absorbents**Table 2. Changes in titratable acidity, pH, and soluble solid content of 'Nanko' Mume fruits packaged in LDPE film with gas absorbents during storage at 25°C**

Attribute	Treatment ¹⁾	Storage days					
		0	2	4	6	8	10
Acidity (%)	None	5.06	4.49	4.49	4.06	3.96	3.90
	C-ab	5.06	4.55	4.42	4.27	4.04	3.64
	E-ab	5.06	4.71	4.67	4.54	4.48	4.44
	C+E-ab	5.06	4.82	4.76	4.39	4.35	4.26
pH	None	2.69	2.73	2.70	2.70	2.73	2.82
	C-ab	2.69	2.69	2.68	2.74	2.76	2.88
	E-ab	2.69	2.68	2.69	2.75	2.74	2.79
	C+E-ab	2.69	2.62	2.65	2.72	2.71	2.83
Soluble solids (%)	None	6.40	6.02	5.91	6.43	5.82	5.71
	C-ab	6.40	6.14	5.72	6.41	5.64	5.36
	E-ab	6.40	6.33	5.84	6.36	6.13	5.92
	C+E-ab	6.40	6.21	6.12	6.52	6.31	5.74

¹⁾Treatments of gas absorbent were same as in Table 1.

일까지 8.7-11.8 ppm으로 누적되었으며, 에틸렌 흡착제 첨가구는 저장 8일까지 누적되지 않다가 저장 10일째에 10.4 ppm이 누적되었다. Zhang 등⁽⁶⁾에 따르면 청매실의 밀봉 포장후 저장에 있어서 에틸렌 제거는 과실의 에틸렌 생성능력을 상당히 낮은 수준으로 억제시켜 호흡의 climacteric rise 발현을 억제하는 것과 같은 작용을 하므로 매실의 추숙을 전반적으로 지연시킨다고 한다. 또한 Osajima와 Wada⁽⁷⁾는 PE 필름으로 포장한 청매실에 에틸렌 흡착제를 첨가한 것과 첨가하지 않은 것을 20°C에 저장한 후 에틸렌 생성량을 비교한 결과, 대조구의 에틸렌농도는 저장 5일째에 10-20 ppm으로 증가하고, 9일째에는 30-113 ppm으로 크게 증가하였으나 에틸렌 흡착제 첨가의 경우 그 효과가 명확하여 저장 5일째에 미량의 에틸렌이 검출되었고 저장 9일째에는 3-90 ppm이 누적되었음을 보고하였다.

중량 감소율 및 장해율

가스흡착제 처리구별로 25°C에 저장하면서 경시적으로 매실의 중량 감소율과 생리장해 정도를 측정된 결과 Table 1과

같다. 즉, 중량 감소율은 처리구 모두 밀봉포장 상태를 유지하였기 때문에 저장초기에 비해 10일 경과 후 0.94-0.99%의 매우 작은 감소율만을 보여 저장중 중량은 거의 변화하지 않았다.

한편 장해율에 대한 결과를 살펴보면 에틸렌 흡착제 처리구에서 저장 8일까지 생리장해 발생이 나타나지 않아 처리구 중 가장 양호하였으며, 탄산가스와 에틸렌 흡착제 혼합 처리구는 저장 10일에 11%의 장해율을 보여 가스흡착제를 넣지 않은 무첨가구의 21%와 탄산가스 흡착제 처리구의 17%보다 생리장해 발생정도가 더 낮았다. 결과적으로 에틸렌 흡착제 첨가는 밀봉포장 청매실의 장해율 억제측면에 있어서도 큰 효과가 있음을 알 수 있었다.

적정 산도, pH 및 가용성 고형분

가스흡착제 처리구별로 상온에 저장하면서 경시적으로 매실의 적정 산도, pH, 가용성 고형분을 측정된 결과 Table 2와 같다. 적정 산도와 가용성 고형분은 처리구 모두 저장중 감소하는 경향을 보인 반면 pH는 증가하였다. 적정 산도는

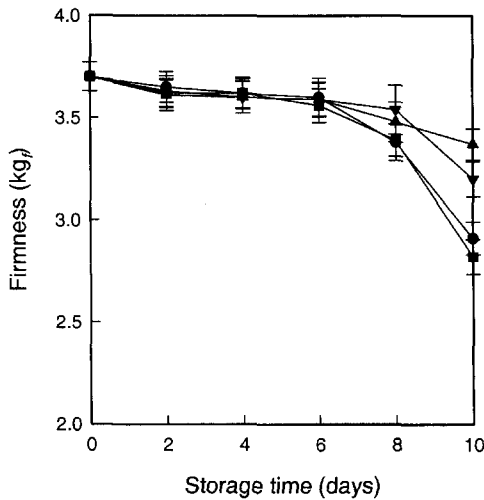


Fig. 6. Changes in flesh firmness of 'Nanko' Mume fruits packaged in LDPE 30 film with gas absorbents during storage at 25°C.

-●-: None, -■-: C-ab, -▲-: E-ab, -▼-: C+E-ab
 *Symbols are explained in the legend of Fig. 2.

에틸렌 흡착제 첨가구가 저장 10일 경과 후 4.44%로서 저장 초기와 비교하여 변화 정도가 적어 비교구중 가장 양호하였으며 탄산가스 흡착제 첨가구는 가스흡착제를 넣지 않은 무첨가구의 3.90%보다 더욱 감소하였다. 이러한 산도 감소는 호흡기질로서의 유기산 소모와도 밀접한 관련이 있을 것으로 판단된다. 저장중 pH 변화를 살펴본 결과 에틸렌 흡착제 첨가구가 저장 10일 경과 후 2.79로 가장 낮았으며 탄산가스 흡착제 첨가구는 2.88로 미미하나 다른 두 첨가구보다 높게 나타났다. 가용성 고형분도 에틸렌 흡착제 첨가구가 저장 10일 후 5.92로 가스흡착제를 넣지 않은 무첨가구와 혼합 첨가구의 5.71, 5.74에 비해 높았고, 탄산가스 흡착제 첨가구는 저장중 가용성 고형분이 가장 낮게 유지되었다. 결과적으로 청매실의 저장중 적정 산도, pH, 가용성 고형분의 유지에 있어서도 탄산가스 흡착제 첨가구가 가장 불리한 것으로 나타나 청매실의 선도유지에 유익한 효과를 얻을 수 없

었다. 이와 같은 결과에 대한 원인을 고찰해 보면 포장재 내부에 고농도 탄산가스(8-10%)와 저농도 산소(2-5%) 조건이 형성될 때 에틸렌 생성이 억제되어 궁극적으로 저장중 선도 유지 효과를 기대할 수 있는데 반하여, 탄산가스 흡착제를 첨가하게 되면 포장재 내부의 탄산가스가 제거됨으로서 에틸렌 생성 억제효과가 소멸되고 호흡의 왜곡으로 일종의 생리적 장애현상이 발생하여 오히려 매실의 선도를 저하시키는 결과를 초래하기 때문으로 이해된다.

과육 경도, 과피 색도 및 클로로필 함량

가스흡착제 첨가구별로 밀봉 포장한 청매실의 상온 저장 시 과육 경도변화를 측정된 결과는 Fig. 6에 나타난 바와 같다. 무첨가구는 저장 8일부터 과육 경도가 급격히 떨어져 저장 10일에 2.91 kg로 감소하였고, 탄산가스 흡착제 첨가구도 저장 6일에 감소하기 시작하여 10일에는 2.82 kg로 감소하였다. 그러나 에틸렌 흡착제 첨가구는 매실의 과육 경도가 완만하게 감소하여 저장기간 동안 비교구중 가장 높은 경도를 유지하였으며, 혼합 첨가구도 저장 10일에 3.20 kg를 나타내었다. Zhang 등^(5,6)도 20 μm 두께의 LDPE 필름 포장재에 '고성' 청매실과 함께 가스흡착제를 넣고 23°C에 저장한 결과, 밀봉구와 탄산가스 제거구에서는 저장 2일부터 경도가 급격히 저하되었으나 에틸렌 제거구는 저장 6일까지 높은 수치를 유지하였고, 혼합 첨가구에서는 저장 4일까지 연화가 비교적 억제되었으나 과실내부의 장애발생이 많아져 6일의 시점에서 급격히 연화되었다고 보고하였다.

Table 3은 가스흡착제 첨가구별로 상온에 저장한 청매실의 과피 색도변화를 측정된 결과로서 무첨가구의 경우 L값이 저장 6일까지 초기와 유사한 33.12를 유지하였으나 저장 8일에 39.47로 증가하였다. 노란색을 나타내는 b값도 L값과 유사하게 저장 8일에 급격히 증가하였고 녹색을 나타내는 a값은 저장 10일에 -1.78로 녹색 색소가 상당히 소실되었음을 알 수 있다. 또한 탄산가스 흡착제 첨가구와 혼합 첨가구는 저장 8일까지 초기값과 유사한 과피 색도를 유지하였으나 저장 10일에는 초기에 비해 상당히 황화된 반면, 에틸렌 흡착제 첨가구는 저장 10일까지 L, a, b값 모두 초기값과 유사하여 청매

Table 3. Changes in color values of 'Nanko' Mume fruits packaged in LDPE film with gas absorbents during storage at 25°C

Color index	Treatment ¹⁾	Storage time (days)					
		0	2	4	6	8	10
L	None	32.09	31.51	32.10	33.12	39.47	39.20
	C-ab	32.09	33.14	31.73	33.76	33.16	38.14
	E-ab	32.09	32.47	31.40	32.89	32.86	31.86
	C+E-ab	32.09	31.23	32.83	32.91	32.70	41.39
a	None	-6.30	-6.10	-6.02	-5.59	-4.06	-1.78
	C-ab	-6.30	-6.15	-6.08	-5.82	-5.75	-3.54
	E-ab	-6.30	-6.29	-6.11	-6.11	-6.04	-5.87
	C+E-ab	-6.30	-6.28	-6.25	-6.22	-5.67	-3.76
b	None	9.71	9.72	10.02	10.46	15.48	14.85
	C-ab	9.71	11.14	9.77	11.07	11.04	13.91
	E-ab	9.71	10.15	9.63	10.43	10.52	9.95
	C+E-ab	9.71	9.53	10.47	10.54	10.57	16.03

¹⁾Treatments of gas absorbent were same as in Table 1.

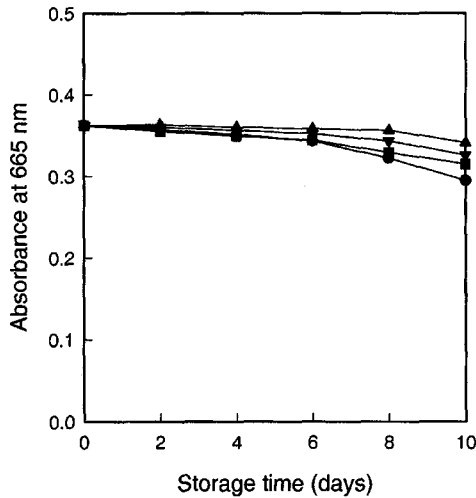


Fig. 7. Changes in chlorophyll content of 'Nanko' Mume fruits packaged in LDPE 30 film with gas absorbents during storage at 25°C.

-●-: None, -■-: C-ab, -▲-: E-ab, -▼-: C+E-ab
*Symbols are explained in the legend of Fig. 2.

실의 녹색이 그대로 유지됨을 알 수 있었다. 이는 LDPE 필름에 '고성' 및 '앵숙' 청매실과 함께 가스흡착제를 넣고 23°C에 저장했을 때 에틸렌 흡착제를 넣은 경우 저장 8일까지 녹색이 잘 유지되었다는 이전 연구결과^{5,6)}와도 일치된다. 이상과 같이 상온 저장중 '납고' 청매실의 과피 색도변화를 측정할 결과 에틸렌 흡착제 첨가구가 다른 포장구에 비해 2-4일 이상 청매실의 색도 유지에 유리함을 알 수 있었다.

가스흡착제 첨가구별로 25°C에 저장한 밀봉포장 청매실의 클로로필 함량변화를 측정할 결과 Fig. 7에 나타난 바와 같이 전체적으로 큰 변화를 발견할 수 없었다. 그러나 그 가운데에서도 무첨가구는 저장초기 0.362에서 10일 후 0.295의 흡광도값을 보여 비교구 중 가장 낮은 것으로 나타났고, 탄산가스 흡착제 첨가구는 저장 10일에 0.315, 혼합 첨가구는 0.330의 흡광도값을 나타냈으며 에틸렌 흡착제 첨가구가 저장 10일 후 0.341로 비교구 중 클로로필 함량변화가 가장 적게 나타났다.

이상의 실험결과를 종합해 볼 때 청매실의 선도유지를 위해서는 밀봉포장 내부에서 대량으로 발생하는 에틸렌을 제거하고 산소농도를 약 2-3%, 이산화탄소 농도를 7-8% 정도로 유지할 때 청매실의 상온 저장기간을 2-3일 이상 연장할 수 있다고 판단된다.

요 약

'납고' 품종의 국내산 청매실을 30 μm 두께의 LDPE 필름 봉투에 넣고 탄산가스 흡착제로서 Ca(OH)₂, 에틸렌 흡착제로서 KMnO₄와 이들의 혼합 가스흡착제를 첨가하여 밀봉한 후 25°C에 저장하면서 일반성분 및 호흡특성 변화를 관찰하였다. 저장중 적정 산도와 가용성 고형분은 감소하고 pH는 증가하여 숙성중 변화와 반대되는 경향을 보였으며, 청매실의 황화와 과육 연화에 의한 품질저하는 에틸렌 흡착제를 사용함으로써 현저히 억제되어 상온에서도 10일간 선도유지 효

과를 확인할 수 있었다. 또한 에틸렌 흡착제를 첨가한 경우는 상온저장 10일 후에도 생리장해가 거의 발생되지 않았으며 호흡률의 변화도 거의 관찰되지 않았다. 청매실을 상온 유통할 때 적정 투과성의 플라스틱 필름에 밀봉포장하고 일정량의 에틸렌 흡착제를 사용함으로써 포장내부의 기체조성을 CO₂ 농도 7-8%, O₂ 농도 2-3%로 유지할 경우 안정적인 호흡패턴으로 생리적 장해를 억제하여 청매실의 신선도를 유지하는데 뚜렷한 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

문 헌

1. Cha, H.S., Park, Y.K., Park, J.S., Park, M.W. and Jo, J.S. Changes in firmness, mineral composition and pectic substances of Mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) fruits during maturation. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 6: 488-494 (1999)
2. Cha, H.S., Hwang, J.B., Park, J.S., Park, Y.K. and Jo, J.S. Changes in chemical composition and pectic substances of Mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) fruits during maturation. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 6: 481-487 (1999)
3. Hong, S.I., Cha, H.S., Park, J.D. and Jo, J.S. Respiratory characteristics of Japanese Apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) fruits as influenced by storage temperature and harvesting period. Food Eng. Progress 2: 178-182 (1998)
4. Cha, H.S., Hong, S.I., Park, J.S., Park, Y.K., Kim, K. and Jo, J.S. Respiratory characteristics and quality attributes of mature-green Mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) fruits as influenced by MAP conditions. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 1304-1309 (1999)
5. Zhang, S., Chachin, K. and Iwata, T. Effects of polyethylene packaging and ethylene absorbent on storage of mature-green Mume fruits at ambient temperature. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 60: 183-190 (1991)
6. Zhang, S., Chachin, K., Ueda, Y. and Iwata, T. Firmness and pectic substances of mature-green Mume fruits packaged with polyethylene bags and ethylene absorbent. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 40: 163-169 (1993)
7. Osajima, Y. and Wada, K. Effects of ethylene-acetaldehyde removing agent and seal-packaging with plastic films on the keeping quality of Mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) and Kabosu (*Citrus sphaerocarpa hort. ex Tanaka*) fruits. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 55: 524-530 (1987)
8. Takatoshi, K., Kenji, A., Kazuhiro, S., Naokazu, S. and Yoshiaki, O. Physiology and quality changes of mature-green Mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) fruits stored under several controlled atmosphere conditions at ambient temperature. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 62: 877-887 (1994)
9. Kazi, H., Ikebe, T. and Osajima, Y. Effects of environmental gases on the shelf-life of Japanese apricot. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 38: 797-803 (1991)
10. Hong, S.I. and Kim, D.M. Influence of oxygen concentration and temperature on respiratory characteristics of fresh-cut green onion. Int. J. Food Sci. Technol. 36: 283-290 (2001)
11. Biale, J.B. and Young, R.E. Respiration and ripening in fruits, pp. 1-7. In: Recent Advances in the Biochemistry of Fruit and Vegetables. Academic Press, New York, USA (1981)
12. Kaneko, K., Kurosaka, M. and Maeda, Y. Relationship between pectic substance fractions and hardness of pickled Ume. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 30: 605-609 (1983)
13. Kasukawa, T., Kuroge, M. and Obata, M. Post-harvest changes of enzyme activities, protein, chlorophyll and polyphenols in cabbage heads. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 16: 187-191 (1969)
14. Miyazaki, T. Effects of seal-packaging and ethylene removal in the sealed bags on the shelf life of mature-green Japanese apricot fruits. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 52: 85-92 (1983)

(2002년 7월 25일 접수; 2002년 11월 12일 채택)