

‘부유’ 단감의 MA포장 조건에 따른 포장기체조성 및 과실의 품질 변화

안광환 · 송원두 · 박두상 · 이 연 · 이동선* · 최성진**

경남농업기술원 단감시험장, *경남대학교 생명과학부, **대구카톨릭대학교 생명자원학부

Package Atmosphere and Quality as Affected by Modified Atmosphere Conditions of Persimmon (*Diospyros kaki*. cv. Fuyu) Fruits

Gwang-Hwan Ahn, Won-Doo Song, Doo-Sang Park, Yeon Lee, Dong-Sun Lee* and Seong-Jin Choi**

Sweet Persimmon Experiment Station, Kyeongnam ARES

*Division. of Life Sciences, Kyungnam University

**Department of Plant Breeding, Catholic University of Taegu-Hyosung

Persimmon (*Diospyros kaki*. cv. Fuyu) fruits were packaged under different conditions, and then stored at 0°C for 21 weeks. The tried packages were heat-sealed bag of one fruit, heat-sealed bag of five fruits, and tie-sealed bag of five fruits, which used films of three different thickness (0.03 mm, 0.05 mm and 0.06 mm). Throughout the storage, package free volume, package atmosphere and quality were measured. Package free volume decreased with time with higher rate for heat-sealed bags, in which close contact between fruit and the film was eventually reached in longer storage. However, tie-sealed bags maintained the levels of stabilized free volume. The rate of free volume decrease was faster with thinner film and larger bag size for the packs sealed by the same method. Package atmosphere covered O₂ concentration of 1.1~17.1% and CO₂ concentration of 1.1~8.3%, O₂ concentration decreased during storage, whereas CO₂ increased. Thinner film package created the internal atmosphere of higher O₂ and lower CO₂ concentrations. Tie-sealed bags of 5 fruits in the films of 0.05 mm and 0.06 mm thickness maintained the equilibrated package atmosphere of 1.1~3.0% O₂ and 4.0~5.5% CO₂, which preserved the fruits best in terms of firmness and less physiological changes of flesh browning and peel browning. At five fruit heat-sealed bag in the films of 0.06 mm thickness with CO₂ 8.3% , flesh browning occurred at a high rate, whereas all treatments in the film of 0.03 mm thickness with high O₂ and relatively low CO₂ contents, flesh and peel browning rates were high.

Key words : free volume, flesh browning, peel browning, firmness, CO₂, O₂

서 론

단감은 수확 후 연화 등에 의해 빠르게 품질이 저하되므로, 지금까지 단감의 storage life를 연장하기 위해 많은 연구가 진행되어 왔다⁽¹⁻⁸⁾. 특히, 단감에 있어서 두께 0.06 mm low density polyethylene(LDPE) film을 이용한 modified atmosphere(MA) 저장에 가장 효과적인 것으로 보고⁽¹⁾된 이후, 지금까지 단감의 storage-life 연장을 위해 보편적으로 이용되고 있다. 그러나 MA저장시 포장내 저산소, 고이산화탄소 농도의 공기조성에서 과육내 가스교환이 비교적 어려운 과정부에서 무기호흡으로 생리장해 현상이 발생하는 것으로 알려

져 있다^(1,10). 따라서 단감저장에 가장 적합한 MA포장내 공기조성은 산소 5%, 이산화탄소 5~10% 정도인 것으로 알려져 있다⁽¹⁾. 또한 Ben-Arie와 Pesis 등은 단감 MA저장에서 저장한계 요인은 과피흑변과 및 과육갈변과의 발생이며, 특히 이취와 과육갈변과의 발생은 산소부족 및 이산화탄소과잉에 의한 혐기성호흡으로 과육내 에탄올과 아세트알데히드의 축적이 원인인 것으로 보고하였다^(4,5,8-9). 또한 Kawada는 두께 0.06 mm LDPE를 이용한 개별진공포장이 ‘부유’ 단감을 0°C에서 5~6개월간 장기저장이 가능한 것으로 보고하였고⁽²⁾ 일본 등에서는 이 방법이 현재 실용화 되어있다. 최근 국내에서도 생력화를 위한 포장기계의 개발과 상품성 향상 및 저장력 증진을 위한 포장디자인 개선에 많은 관심이 모아지고 있다. 따라서, 이에 따른 단감의 MA포장 방법을 개선하기 위하여 포장단위 및 포장방법, 포장지 두께에 따라 포장지내 공기조성과 포장내 free-volume, 과실 품질 변화 등에 미치는 영향을 조사하였다.

Corresponding author : Gwang-Hwan Ahn, Sweet Persimmon Experiment Station, Kyeongnam ARES, Kimhae 621-800, Korea
Tel : 82-55-343-4233
Fax : 82-55-346-0441
E-mail : ahngh1@kornet.net

재료 및 방법

공시과실

단감 시료는 1999년 경남 김해시 진영지역의 20~25년생 부유품종(Diospyros kaki cv. Fuyu) 과원에서 관행으로 재배하여 성숙기(11월 3일)에 수확한 과실을 5°C에서 2일 동안 예냉한 후 과중이 200±10 g이고, 색도(Japanese color chart)⁽¹¹⁾ 4~5인 것을 선과하여 시험재료로 사용하였다.

처리내용

선과된 과실을 두께가 0.03 mm, 0.05 mm, 0.06 mm LDPE film 봉지에 각각 1개와 5개 단위로 포장하여 1개 단위 포장은 열접착 밀봉하고, 5개단위 포장은 열접착과 손걸속 밀봉으로 각각 처리하였다. 이때 1개 단위 포장의 포장지 표면적은 450 cm²(길이15 cm×15 cm)이고, free-volume은 175±10 mL 정도로 하였고, 5개 단위 포장의 포장지 표면적은 1,200 cm²(길이40 cm×15 cm)이고, free-volume은 625±20 mL(125±4 mL/개) 정도가 되도록 하였다. 포장된 과실은 -0.5±0.5°C 저온 저장고에 보관된 후 시기별로 조사하였다. 표 1에서 시험에 사용된 포장지의 두께에 따른 공기의 투과도를 나타내었다.

포장내 free-volume

포장내 free-volume은 메스실린더를 사용하여 과실을 포함한 포장 전체의 부피를 조사한 후 과실이 차지하는 부피를 제외하는 방법으로 조사하였다.

Respiratory Quotient(RQ)

호흡계수는 Closed system method를 이용하여 조사하였다⁽¹²⁾. 수확 후 0°C에서 2일간 예냉하여 호흡을 안정시킨 후 1.4 L 유리병에 과실을 2개씩 넣고 뚜껑을 막아 0°C 항온수조에 침지시켰다. 용기내 공기조성변화조사는 2일 간격으로 뚜껑에 부착된 실리콘 마개를 통하여 gastight syringe로 1 mL 씩 내부공기를 채취하여 HP 5890 series II gas chromatograph(Hewlett Packard Co., USA)를 이용하여 CO₂와 O₂ 농도를 조사한 후 감소한 O₂ 농도에 대한 증가한 CO₂의 농도비를 respiratory quotient(RQ)으로 표시하였다.

포장과 과육내 O₂, CO₂ 농도

포장내 공기조성은 각 포장지 내부공기를 gastight syringe로 1 mL를 채취하여 시료로 사용하였다. 과육내 공기조성은 외부공기와 접촉을 차단코자 물속에서 포장지를 개봉하여 과실을 진공데시케이트에 넣고, 입구가 막힌 깔대기로 덮고 400 mmHg 정도에서 10초간 감압한 후 깔대기에 포집된 공기를 gastight syringe로 1 mL를 채취하여 분석시료로 사용하였다. CO₂와 O₂ 분석조건은 HP 5890 series II gas chromatograph(Hewlett Packard Co., USA)를 이용하여 detector, TCD; column, CTR-1(Alltech Co., USA); column temperature, 60°C; detector temperature, 120°C; carrier gas, He(50 mL/min)이었다.

경도

과실 양쪽 적도면의 과피를 두께 1 mm 정도 제거하고

Texture analyser(TA-XT₂, Stable Micro Systems Co., England)로 5 mm 직경의 plunger를 1.0 mm/sec의 속도로 10 mm까지 주입한 후 표피로부터 3~7 mm의 깊이까지 침투시키는데 요구되는 평균 저항값을 Newton 단위로 표시하였다.

생리장해과

저장 20주 후 육안관찰로 과육갈변과, 과피흑변과, 건전과를 구분하여 백분율(%)로 나타내었다.

결과 및 고찰

포장내 free-volume의 변화

저장중 포장내 free-volume은 감소하는 경향을 보였다. 특히 열접착 처리구의 free-volume은 처리간 시기적 차이는 있었으나 저장중 완전히 감소하였다. 이때 5개단위 포장구에서 1개단위 포장구에 비해 free-volume의 감소속도가 빨랐고, 같

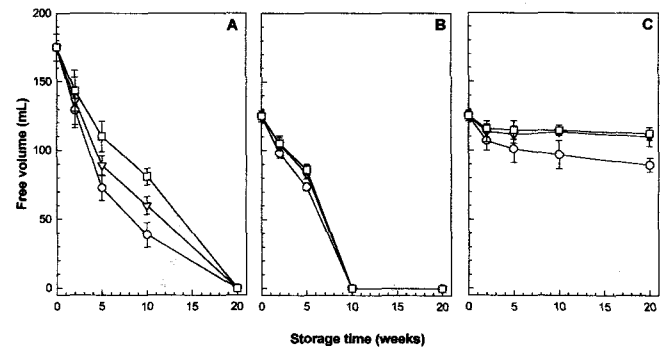


Fig. 1. Changes in free-volume in bags of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 0°C

(A) Heat-sealed bags of one fruit with initial free-volume of 175±10 mL and surface area of 450 cm². (B) Heat-sealed bags of five fruits with initial free-volume of 125±4 mL per a piece and total surface area of 1,200 cm². (C) Tie-sealed bags of five fruits with initial free-volume of 125±4 mL per a piece and total surface area of 1,200 cm². Circles, triangles and squares represent 0.03 mm, 0.05 mm and 0.06 mm thickness of LDPE films, respectively. Vertical bars indicate ±SD

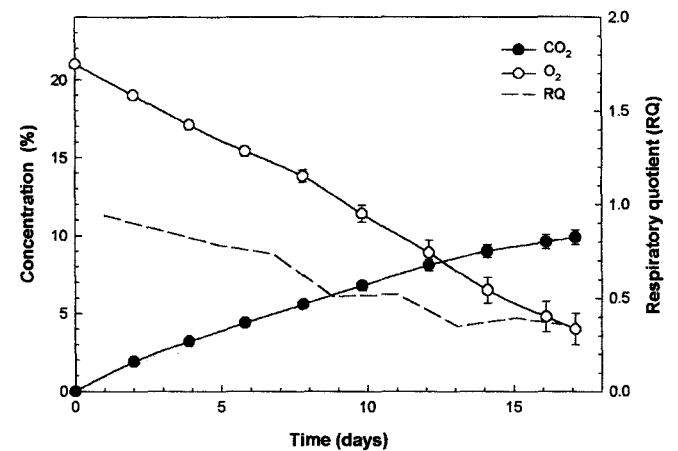


Fig. 2. Changes in O₂ and CO₂ concentration (—) and respiratory quotient (RQ) (---) in closed system of the 'Fuyu' persimmon fruits at 0°C

Vertical bars indicate ±SD

Table 1. Gas permeabilities^a of low density polyethylene films used for packaging of persimmon fruits (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu)
(unit: mL · m² · 24hr⁻¹ · atm⁻¹)

Thickness of LDPE ^b (mm)	O ₂	CO ₂	N ₂
0.03	5332	22021	1528
0.05	4289	13467	1210
0.06	4013	12117	1047

^aTemperature: 23±2°C

^bLDPE: low density polyethylene

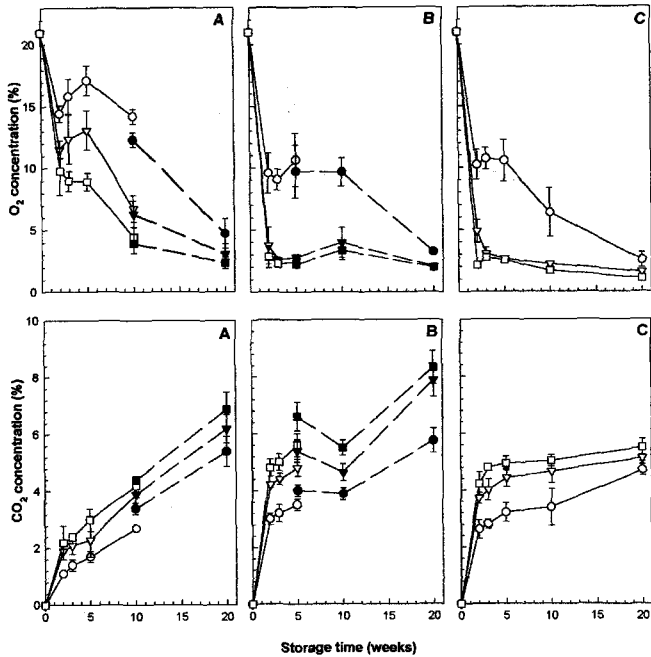


Fig. 3. Changes in O₂ and CO₂ concentration in bags (open, —) and fruits (close, —) of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 0°C

(A) Heat-sealed bags of one fruit. (B) Heat-sealed bags of five fruits. (C) Tie-sealed bags of five fruits. Circles, triangles and squares represent 0.03 mm, 0.05 mm and 0.06 mm thickness of LDPE films, respectively. Vertical bars indicate ±SD

은 포장 단위에서는 포장지의 두께가 얇을수록 빨랐다(Fig. 1). 이는 단감의 RQ가 1이하이므로(Fig. 2), 호흡에 의해 소비되는 산소량이 발생하는 이산화탄소량 보다 많고 또 시험에 사용된 LDPE 포장지의 이산화탄소투과도가 산소투과도 보다 3~5배정도 높으므로(Table 1), 호흡에 의해 발생된 포장내 이산화탄소는 쉽게 외부로 배출되나, 외부의 산소는 포장내로 유입되기 어렵기 때문에 전체 free-volume이 감소한 것으로 생각된다. 또한 저장중 포장내 산소농도는 많이 낮아지는 것에 비해 이산화탄소농도는 조금 밖에 높아지지 않기 때문에(Fig. 3), 포장내의 산소와 이산화탄소를 제외한 가스(특히 N₂)의 농도가 외부보다 상대적으로 높아지므로(Fig. 4) 이들 가스가 농도차에 의해 외부로 배출되어 포장지 free-volume이 감소한 것으로 생각된다⁽¹³⁾. 그러나 5개 손결속 포장구는 포장내 free-volume이 완전히 감소되지는 않았는데 이는 결속 부분이 완전 밀봉되지 않아 이를 통하여 외부 공기

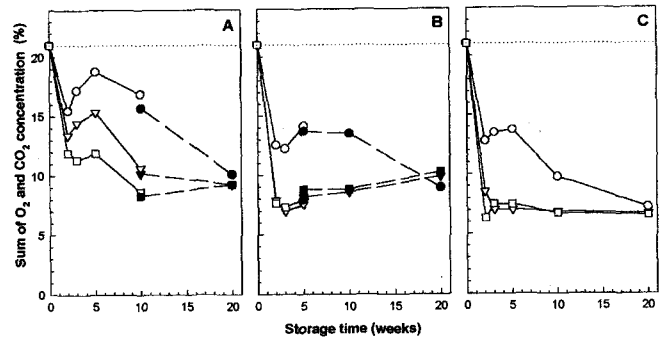


Fig. 4. Changes in sum of O₂ and CO₂ concentration in bags (open, —) and fruits (close, —) of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 0°C

(A) Heat-sealed bags of one fruit. (B) Heat-sealed bags of five fruits. (C) Tie-sealed bags of five fruits. Circles, triangles and squares represent 0.03 mm, 0.05 mm and 0.06 mm thickness of LDPE films, respectively. A dotted line(.....) represent sum of O₂ and CO₂ concentration outside bags

가 유입되기 때문이라 생각된다. 따라서 진공포장에 의한 단감의 저장력 증진을 위해서는 작업자에 따라 포장의 결속력에 차이가 생기는 손결속보다 균일한 포장작업을 할 수 있는 열접착 포장이 단감 저장력 증진에 유리할 것으로 생각되며, 또한 적절한 공기투과도를 갖는 MA포장지 개발과 자동포장기의 도입으로 포장작업을 기계화 하는데 있어서도 열접착 포장이 유리할 것으로 생각된다.

포장과 과육내의 산소, 이산화탄소농도

포장내 공기를 채취할 수 있는 처리구는 포장내 공기를 조사하였고, free-volume이 완전히 감소하여 포장내 공기를 채취할 수 없는 처리구는 free-volume이 완전히 감소하기 직전의 조사시부터 과육내 공기를 조사하여 표시하였다. 저장중 모든 처리구에서 산소농도는 감소하는 경향이었고, 이산화탄소는 증가하는 경향이였다(Fig. 3). 산소농도는 저장후 2~3주까지 모든 처리구에서 급격히 감소하였으며, 이는 포장단위가 크고, 포장지 두께가 두꺼울수록 크게 감소하였다. 이후 0.05 mm, 0.06 mm 5개단위 포장구는 산소농도가 1~3% 정도 일정한 수준으로 유지되었으나, 0.03 mm 모든 포장구와 0.05 mm 1개 포장구는 저장 5주까지 다시 증가한 후 점차 감소하는 경향이였다. 이는 저장초 과실의 품온과 포장내 산소농도가 높고, 이산화탄소 농도가 낮아 과실의 호흡에 의한 산소 소비량이 포장지의 산소 투과량보다 많았으므로 포장내 산소 농도가 급격히 떨어진 것으로 생각되고, 0.03 mm 모든 포장구와 0.05 mm 1개 포장구에서 2~5주 사이에 산소 농도가 증가된 것은 포장내 N₂ 가스 배출로 인한 free-volume 감소가 원인인 것으로 생각된다. 이산화탄소 농도는 산소 농도와 반대로 저장후 2~3주까지 급격히 증가하였고, 증가는 포장단위와 포장지 두께에 비례하였다. 이후 1개단위 포장구의 이산화탄소농도 증가폭은 둔화되었으나 저장기간 중 점차 증가하였고, 5개 열접착 포장구는 저장 10주까지 일정수준을 유지한 후 다시 증가하였다. 그러나 5개 손결속 포장구의 포장내 이산화탄소 농도는 4.5~5.5% 정도로 일정하게 유지되었다. 이는 산소와 같이 과실당 차지하는 free-volume이

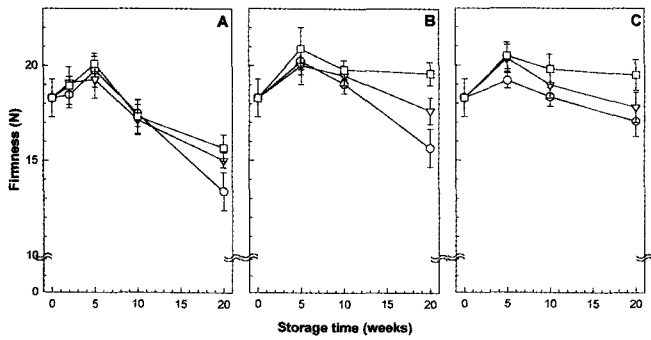


Fig. 5. Changes in fresh firmness of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 0°C

(A) Heat-sealed bags of one fruit. (B) Heat-sealed bags of five fruits. (C) Tie-sealed bags of five fruits. Circles, triangles and squares represent 0.03 mm, 0.05 mm and 0.06 mm thickness of LDPE films, respectively. Vertical bars indicate \pm SD

적은 5개 포장구에서 과실의 호흡으로 이산화탄소가 많이 생성되기 때문에 포장내 이산화탄소가 빨리 증가되며, 포장지의 두께에 따른 이산화탄소 농도의 차이는 포장지가 얇을수록 이산화탄소의 투과도가 높기 때문에 이산화탄소의 농도가 낮은 것으로 생각된다. 또한 5개 손결속 포장구는 열접착 포장구에 비해 free-volume이 적게 감소되었으므로 이산화탄소 농도가 상대적으로 낮은 것으로 판단된다. 따라서 저장기간중 산소와 이산화탄소의 농도변화는 과실의 호흡량과 포장지의 공기투과도 외에 포장지의 free-volume의 변화와도 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

과실 경도와 생리 장애과

MA 저장시 포장지내에 형성되는 저산소, 고이산화탄소 농도의 공기 조성은 과실의 호흡 대사 및 곰팡이 등 미생물의 발생을 억제하여 품질을 유지시키는 효과가 있다(4,14). 따라서 저장 초기부터 이산화탄소 농도는 높고, 산소 농도는 낮게 안정화된 0.05 mm, 0.06 mm 5개 포장에 다른 처리에 비해 경도가 높게 유지되었다(Fig. 5). 그러나 0.05 mm, 0.06 mm 5개 포장은 장기 저장시 저산소, 고이산화탄소의 영향으로 과육갈변과의 발생이 많았고 특히, 이산화탄소 농도가 높은 5개 열접착 포장에서 발생율이 높았다. 반면 0.03 mm 5개 포장이나, 1개 포장은 과피흑변과의 발생이 많았다(Fig. 6). 이는 서언에서 언급한 바와 같이 저산소, 고이산화탄소 조건에서는 혐기성 호흡으로 에탄올과 아세트알데히드의 축적이 많아 과육갈변과의 발생이 높고, 상대적으로 산소 농도가 높고 이산화탄소 농도가 낮은 처리구에서 과피흑변과 및 곰팡이의 발생이 많다는 주장과 일치한다(1,3-5,8,10). 따라서 단감의 장기 저장시 발생할 수 있는 생리 장애과의 발생을 억제하고, 단감 저장에 적절한 공기조성을 유지하기 위한 MA포장을 설계하기 위해서는 포장지의 공기 투과도 뿐만 아니라 free-volume의 감소에 의해 발생할 수 있는 영향에 대해서도 고려해야 하겠다.

요 약

‘부유’ 단감의 MA포장 조건에 따라 0°C 저온저장 중 포

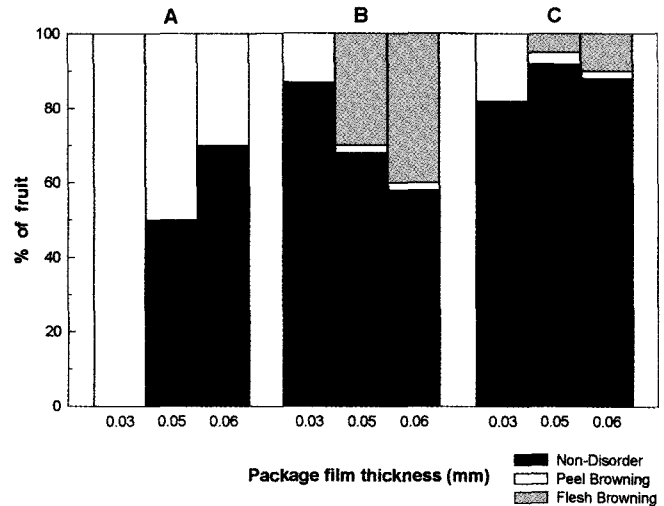


Fig. 6. Effect of heat-sealed bags of one fruit (A), heat-sealed bags of five fruits (B), tie-sealed bags of five fruits (C) in 0.03 mm, 0.05 mm or 0.06 mm thickness of LDPE films on the peel browning and fresh browning of the 'Fuyu' persimmon fruits after 20 storage-weeks at 0°C

장내 공기조성 및 과실의 품질 변화를 조사하였다. 처리내용은 포장방법을 1개 열접착, 5개 열접착, 5개 손결속으로 하고, 포장지 두께는 각각 0.03 mm, 0.05 mm, 0.06 mm로 하였다. 조사 결과, 저장 중 포장내 free-volume은 감소하는 경향을 보였다. 특히 열접착 처리구의 free-volume은 처리간 시기적 차이는 있었으나 저장 중 완전히 감소하였다. free-volume의 감소 속도는 포장단위가 크고, 포장지 두께가 얇을수록 빨랐다. 저장중 포장내 산소 농도는 1.1~17.1%, 이산화탄소 농도는 1.1~8.3% 수준이었고, 저장기간 중 산소 농도는 감소하고, 이산화탄소는 증가하는 경향이었고 포장지가 얇을수록 산소 농도는 높고 이산화탄소 농도는 낮았다. 또한 저장중 이산화탄소 농도가 4.0~8.3% 수준으로 높게 유지되고, 산소 농도가 1.1~4.0%로 낮게 안정상태로 유지된 0.05 mm, 0.06 mm 5개 포장구에서 경도가 높게 유지되었으나, 저장 20주 후 이산화탄소 농도가 8.3%까지 높아진 0.06 mm 5개 열접착 포장구에서 과육갈변과의 발생이 가장 많았다. 반면 산소 농도가 상대적으로 높고 이산화탄소 농도가 비교적 낮은 0.03 mm 포장구와 1개 포장구는 과피흑변과의 발생이 많았다.

문 헌

1. Tarutani, T. Studies on the storage of persimmon fruits. Memoirs of Faculty of Agriculture, Kagawa University (in Japanese with English summary). 19: 52-54 (1965)
2. Kawada, K. Use of polymeric films to extend postharvest life and improve marketability of fruits and vegetables-Unipack: Individually wrapped storage of tomatoes, oriental persimmons and grapefruit, p. 87-99. In: D.G. Richardson and M. Metheruik(Editors). Controlled Atmospheres for Storage and Transport of perishable agricultural commodities. Symp. 1, Oregon State University School of Agriculture. Timber Press, Beaverton, OR. (1982)
3. Ben-Arie, R., Bazak, H. and Blumenfeld, A. Gibberellin delays harvest and prolongs storage life of persimmon fruits. Acta Hort. 179: 807-813 (1986)
4. Ben-Arie, R., Zutkhi, Y., Sonogo, L. and Klein, J. Modified atmo-

- sphere packaging for long-term storage of astringent persimmons. *Postharvest Biology and Technol.* 1: 169-179 (1991)
5. Ben-Arie, R. and Zutkhi, Y. Extending the storage life of 'Fuyu' persimmon by modified-atmosphere packaging. *Hort. Sci.* 27: 811-813 (1992)
 6. MacRAE, E.A. Development of chilling injury in New Zealand grown 'Fuyu' persimmon during storage. *New Zealand J. Experi. Agric.* 15: 333-344 (1987)
 7. Steven, A.S., Tim, E.C. and Judith, J.Z. Storage Characteristics of 'Fuyu' Persimmons. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 106: 131-134 (1993)
 8. Pesis, E., Levi, A. and Ben-Arie, R. Deastringency of persimmon fruits by creating a modified atmosphere in polyethylene bags. *J. Food Sci.* 51: 1014-1017 (1986)
 9. Pesis, E., Levi, A. and Ben-Arie, R. Role of acetaldehyde production in the removal of astringency from persimmon fruits under various modified atmospheres. *J. Food Sci.* 53: 153-156 (1988)
 10. Lee, Y. M., Kwon, O. C., Cho, Y. S., Park, Y. M. and Lee, Y. J. Effects of oxygen and carbon dioxide concentration in PE film bag on blackening and flesh browning disorder MA storage of 'Fuyu' persimmon fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40(5): 585-590 (1999)
 11. Yamazaki, T., Suzuki, S.M. and Otake, S. Color charts: Useful guide to evaluate the fruit maturation. II. Colorimetric specification of Color chart for kaki fruit, cv. 'Hiratanenashi'. *Bul. Fruit Tree Res. Stn. A.* 8: 79-84 (1988)
 12. Fishman, S.V., Rodov, V., Peretz, J. and Ben-Yehoshua, S. Model for gas exchange dynamics in modified-atmosphere packages of fruits and vegetables. *J. Food Sci.* 60: 1078-1087 (1995)
 13. Talasila, P.C. and Cameron, A.C. Free-volume changes in flexible, hermetic packages containing respiring produce. *J. Food Sci.* 62: 659-664 (1997)
 14. Kader, A.A. A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than pome fruits. *In Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference, Proceedings*, G.D., Blanpied, J.A. Bartsch, and J.R. Hicks(Ed.), Cornell University, Ithaca, NY. 2: 859-887 (1993)

(2001년 1월 11일 접수)