

과일 크기와 포장 표면적에 따른 날개 단감 포장의 기체조성

김해진¹ · 안광환¹ · 정미진² · 안덕순² · 이동선^{2,†}

¹경남농업기술원 단감연구소, ²경남대학교 식품생명학과

Internal Atmosphere of Individual Sweet Persimmon Package as Function of Fruit Size and Package Film Area

Hae Jin Kim¹, Gwang-Hwan Ahn¹, Mijin Jeong², Duck Soon An² and Dong Sun Lee^{2,†}

¹Sweet Persimmon Research Institute, 262-1, Wodong-ri, Jinyoung-up, Gimhae, 621-801, Korea

²Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, 449 Woryeong-dong, Masanhappo-gu, Changwon, 631-701, Korea

Abstract Internal gas composition of single unit persimmon package was evaluated at -1°C as function of package film area and fruit weight in order to find packaging conditions to achieve the optimal modified atmosphere beneficial for keeping the freshness. With large fruit size (≈ 230 g), low permeable films (LLDPE/PP in 35 or 40 μm thickness and 30 μm OPP) with an exact fitness to the fruit (surface area of 0.040 m^2) resulted in anaerobic atmosphere with occurrence of browning in long term storage. With medium (≈ 210 g) and medium small (≈ 190 g) sizes, larger surface area of low permeable 35 μm LLDPE/PP film provided higher O_2 and lower CO_2 concentrations causing higher occurrence of softening and blackening discoloration. On the other hand, smaller surface area of lower O_2 and higher CO_2 concentrations had a high risk of browning. Wise combination of fruit size, packaging film and surface area is required for attaining the beneficial modified atmosphere to prevent the physiological injuries.

Keywords Plastic film, Packaging film, Gas permeability, Physiological injury

서 론

단감은 10월~11월에 수확되고 있으며, 수확기에 소비되는 물량을 제외하고는 일반적으로 폴리에틸렌 필름에 포장되어 저온에서 비교적 장기간 저장되었다가 유통판매되고 있다. 통상적으로 단감의 포장단위는 5개로서 0.06~0.08 mm 두께의 폴리에틸렌 필름에 결속밀봉되어, 호흡과 기체투과의 상호작용에 의하여 포장 내에 낮은 산소와 높은 이산화탄소 농도의 조건(O_2 1~12%, CO_2 3~8%) 변형기체를 형성하여 품질보존효과를 얻고 있다¹⁻⁵). 이러한 변형기체는 단감의 호흡과 생리적 변화를 억제하여 흑변과 연화를 방지하여 품질보존효과를 갖는 것으로 인정되고 있다. 하지만 이러한 5개 단위 포장에서 주로 사용되는 수작업에 의한 결속포장에서 결속의 정도에 따라 내부의 기체조성 변화가

많이 달라지는 문제를 가진다⁶). 따라서 최근에는 기계적인 방법에 의하여 일정한 수준의 밀봉도를 유지하려는 시도가 있으며, 이는 노동력의 부족과 인건비 상승 등의 문제를 해결하는 포장의 자동화에도 연결된다.

최근에는 핵가족화와 생활스타일의 변화로 과일구매 패턴이 바뀌어 소규모 포장에 대한 소비자의 선호도가 증가하였고, 이에 따라 단감의 포장단위도 5개보다 작은 개수에 대해 수요가 증가하고 있다. 이에 따라 날개 단위 단감을 필름 포장하여 저장하고 유통하려는 요구가 대두되고 일부 시중에 유통되는 현실이다. 날개포장 단위의 포장에서는 수작업시에 5개 포장에 비하여 훨씬 많은 노동력이 소요되므로 자동화에 대한 필요성은 더욱 크게 되며, 이를 위해서는 열접착 밀봉이 자동화된 기계로 이루어지는 것이 좋다.

날개 단감 포장이 과실의 품질을 잘 보존시키기 위해서는 내부에 적정 산소 및 이산화탄소 농도가 유지되는 것이 중요한데, 이는 적절한 기체투과성을 가진 필름을 사용한 적정 포장조건이 설정되어야 한다. 즉, 포장 내부의 기체조성은 과일의 호흡과 필름을 통한 기체투과의 상호관계에 의

[†]Corresponding Author : Dong Sun Lee
Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University,
449 Woryeong-dong, Masanhappo-gu, Changwon, 631-701, Korea
E-mail : <dongsun@kyungnam.ac.kr>

하여 이루어지므로 이 두 변수의 적절한 균형이 맞추어져야 한다. 이 변수 조건은 5개포장의 것과는 다르므로 날개포장에 대해서는 새로운 포장조건의 설계가 필요하다. 일정 온도 조건에서 내부 기체조성을 결정하는 중요 요소로는 과중과 포장필름의 재질, 두께, 표면적이 있다. 전자는 내부 호흡의 크기를 결정하고, 후자는 기체투과도의 정도를 결정하게 된다.

따라서 과중의 크기에 따라 포장의 조건이 적절하게 선택될 필요가 있으며, 이에 따라 본 연구에서는 과일 크기에 따라서 투과도가 다른 여러 필름 조건이 내부기체조성에 미치는 영향을 실험적으로 검토하였으며, 동시에 생리장해발생을 함께 측정하였다. 이를 통하여 과일 크기에 따른 날개 단감의 최적 포장조건을 설정하고자 하였다.

재료 및 방법

부유 품종 단감으로 경남 창원에서 2009년 11월 초순에 수확된 단감을 농협으로부터 구입하여 포장 실험에 사용하였다. 과실의 크기 별로 약 230 g에 해당되는 대과, 약 210 g에 해당되는 중과, 약 190 g에 해당되는 중소과로 구분하여 실험에 사용하였다. 포장에 사용한 필름은 가능한 여러 기체투과성의 범위가 얻어지도록 50 μm 두께의 저밀도 폴리에틸렌(low density polyethylene), 35 μm 두께의 metallocene 선형 저밀도 폴리에틸렌(linear low density polyethylene, m-LLDPE)/폴리 프로필렌(polypropylene, PP), 40 μm 두께의 m-LLDPE/PP, 30 μm 두께의 연신 폴리프로필렌(oriented polypropylene, OPP)를 관련 업체로부터 구입하여 실험에 사용하였다. 실험목적에 따라 포장필름과 함께 포장 표면적을 달리하여 열접착된 필름봉지를 만들고 이에 요구되는 크기의 날개 단감을 넣고 열접착 밀봉하여 포장을 완성한 다음, $-1 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 온도조건에서 저장하면서 정기적으로 포장기체조성과 함께 단감의 육안적 생리장해 발생을 측정하였다.

포장필름의 기체투과도는 준등압방법에 의하여 투과도 셀을 사용하여 0°C 에서 측정하였고⁷⁾, 포장 내 기체조성은 기체 sensor (Model CheckMate 9900, PBI-Dansensor, Ringsted, Denmark)에 의하여 측정하였다. 생리장해 발생은 전체 과일에서 흑변, 갈변, 연화가 관찰된 과일의 백분율로서 표현하였다^{8,9)}. 흑변은 과피에 파선 또는 구름 모양의 검은 점이 관찰되는 과실로 판정하였고, 갈변에 대해서는 과피와 과육에서 갈색으로 변색되는 과실로 판정하였다. 연화는 손으로 접촉하여 과육이 투명화되면서 딱딱한 촉감이 없어지면서 고무질화 되는 과실로 판정하였다.

결과 및 고찰

Table 1에서는 본 연구에 사용된 필름의 기체투과도를 보

Table 1. O_2 and CO_2 permeance of plastic films at 0°C

Material	Thickness (μm)	Permeance ($\text{mL}/\text{m}^2 \text{ h atm}$)	
		O_2	CO_2
LDPE*	50	38.1 ± 0.3	174.9 ± 2.8
m-LLDPE/PP	35	16.1 ± 0.4	52.0 ± 1.9
m-LLDPE/PP*	40	17.4 ± 8.2	34.9 ± 0.0
OPP	30	11.8 ± 1.4	43.2 ± 0.6

*From the data of Bae et al.¹¹⁾.

여주고 있다. 본 연구의 저장실험은 -1°C 에서 수행되었지만, 포장필름의 투과도는 근접한 온도인 0°C 에서 측정되어 비교되었는데, 이는 기준에 보고된 0°C 에서의 일부 필름의 투과도 자료와 비교하고자 하는 목적에서 기인한다. 두께 50 μm 의 LDPE 필름은 비교적 높은 투과도를 가지고 기존의 5개 단위 단감 포장에 많이 사용되는 필름이지만, 열접착 적성에서는 빠른 속도의 양질의 밀봉을 얻을 수 없어서 자동화를 하기에는 어려움이 따른다. m-LLDPE/PP 필름은 PP 층의 내열성으로 인하여 양질의 고속 열접착 밀봉을 얻을 수 있는 장점이 있는 반면에 기체투과성이 너무 낮은 한계를 가진다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 표면에 아주 약간의 폴리에틸렌계 sealant 처리만을 한 OPP 필름이 약간의 높아진 기체투과성을 가지면서 자동화 밀봉의 가능성을 가진다.

대과 크기의 단감을 표면적 $0.040 \pm 0.2 \text{ m}^2$ ($13.5 \times 15 \text{ cm}$)의 조건으로 여러 플라스틱 필름으로 밀봉포장하고 -1°C 에서의 저장 중 기체조성의 변화를 측정할 결과를 Fig. 1에서 보여주고 있다. 통상적으로 많이 사용되는 50 μm LDPE 필름 포장구는 저장 중에 약 4%의 O_2 와 CO_2 농도를 유지하였다. 반면에 그 외의 세 포장은 1% 이하의 O_2 농도를 보여주었다. 그 중에서도 35 μm m-LLDPE/PP 포장구는 0.2~0.5%의 가장 낮은 O_2 농도를 보여 주었고, 30 μm OPP 필름 포장구는 이 보다는 약간 높은 0.3~0.9%의 O_2 농도를 형성하였다. CO_2 농도에서는 30 μm OPP 포장구가 가장 높은 12.2~13.8%를 유지하였고, 35 μm m-LLDPE/PP 포장이 7.6~8.6%로 상대적으로 낮은 수준을 나타내었다. 이러한 기체조성의 변화는 단감의 호흡에 대해서 외부와의 기체투과를 결정짓는 O_2 및 CO_2 투과도의 크기와 그 상대적 비율에 의하여 결정되는 것으로 생각되고, 이는 저장 중 여러 생리장해 및 품질변화에 영향을 줄 것으로 생각된다.

Fig. 1의 내부 기체조성을 보여주는 대과 단감의 포장 조건에 따른 생리장해의 발생을 보면 저장 80여일까지 주로 갈변과 흑변으로 집중되었다(Fig. 2). 흑변은 상대적으로 O_2 농도가 높고 CO_2 농도가 낮았던 LDPE 포장에서 많았고 갈변은 O_2 농도가 가장 낮았던 35 μm m-LLDPE/PP 포장에서 가장 심하였다. 흑변 생리장해 현상은 높은 O_2 농도

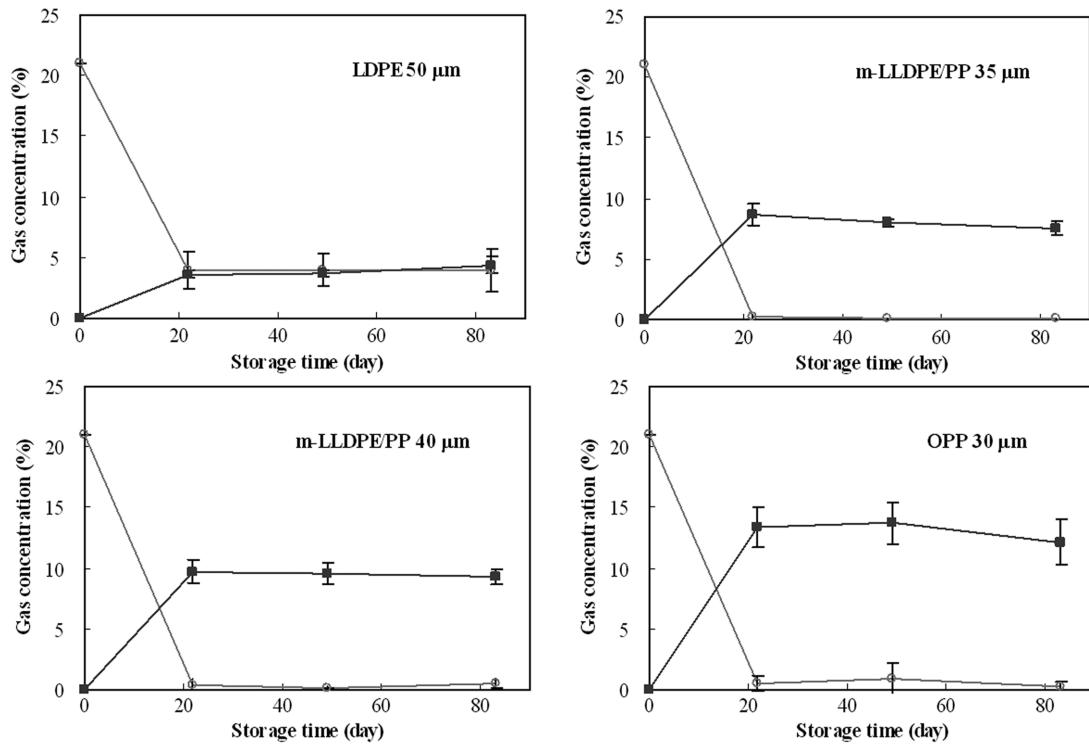


Fig. 1. Internal atmosphere of single fruit (large size of ≈ 230 g) package having surface area of 0.040 m^2 at -1°C . \circ : O_2 , \blacksquare : CO_2 .

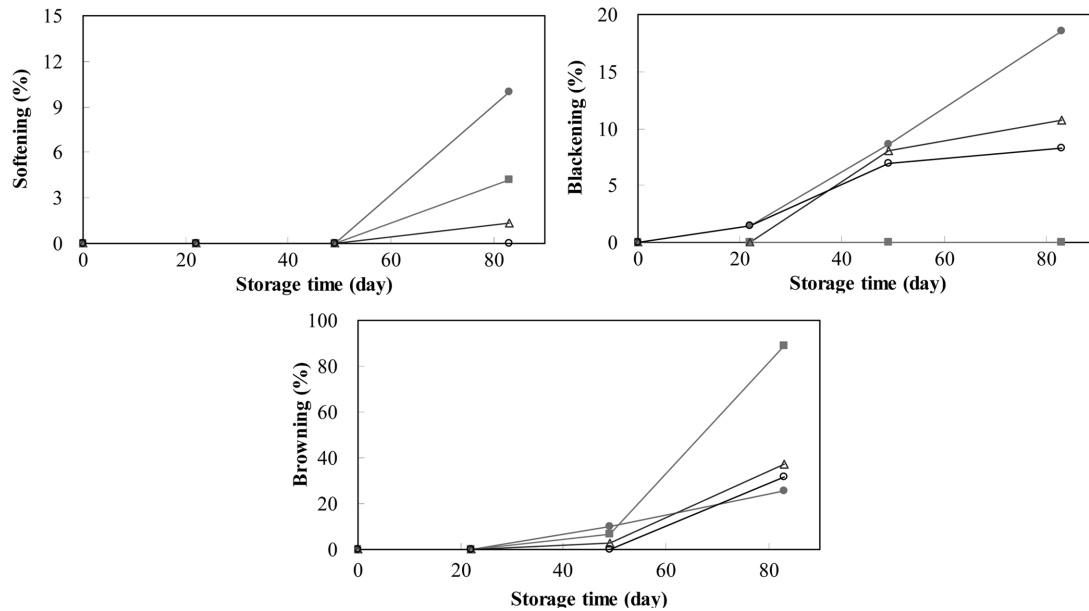


Fig. 2. Occurrence of physiologically injury of large size persimmon fruit (≈ 230 g) packaged individually and stored at -1°C (surface area: 0.040 m^2). \bullet : LDPE $50 \mu\text{m}$, \blacksquare : m-LLDPE/PP $35 \mu\text{m}$; \triangle : m-LLDPE/PP $40 \mu\text{m}$; \circ : OPP $30 \mu\text{m}$.

와 관련됨이 이미 다른 연구자에 의하여서도 보고된 바가 있다^{3,9}. 아울러 O_2 농도가 0.5% 이하로 혐기적인 조건에서는 갈변이 심하며, 특히 10% 이상의 고 CO_2 농도와 결합될 때, 더욱 심각하게 나타나므로^{3,10}, 포장필름의 조건은

과중에 따라 혐기적 조건을 피하는 적정기체조성을 얻는 변수의 조합이 되어야 할 것으로 판단된다. 여러 연구에 따라 다소간 차이가 있지만 단감 저장을 위한 최적 기체조성은 혐기적 조건을 피하는 범위에서의 낮은 산소 농도와 4%

이상의 이산화탄소 농도의 부근인 점을^{3,9,10} 참고할 필요가 있을 것이다.

앞의 대과의 연구에서 표면적 0.040 m²의 조건에서는 자동화 포장공정의 적용이 용이한 적층필름(m-LLDPE/PP)과 sealant 처리된 OPP 필름이 혐기적 조건을 유발하므로, 적층필름이면서 상대적으로 높은 기체투과도를 갖는 35 μm

m-LLDPE/PP 필름에 대해서 과중 별(평균 무게 210 g의 중과와 평균무게 190 g의 중소과), 포장크기 별(표면적 0.045 m², 0.051 m², 0.057 m², 0.063 m²)로 포장을 구성하여 기체조성 및 생리장해발생을 살펴보았다. 전체적으로 포장의 크기가 클수록 CO₂ 농도는 낮았고, O₂ 농도는 높게 유지되었다(Fig. 3). 그리고 190여일의 전체 저장 기간에서

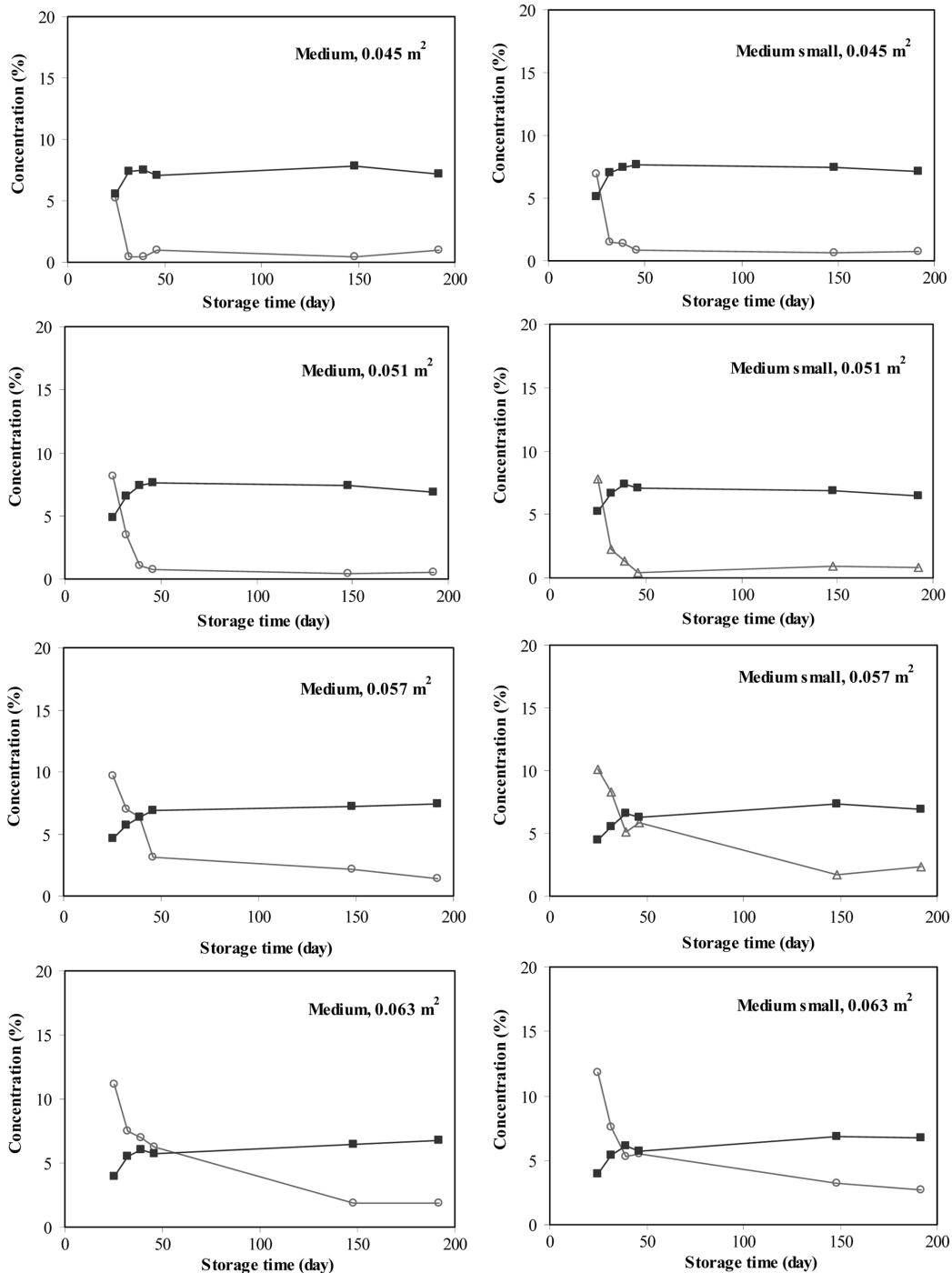


Fig. 3. Internal atmosphere of 35 μm thick m-LLDPE/PP film packages of single persimmon stored at -1°C as function of fruit size and bag surface area. ○ : O₂, ■ : CO₂.

단감의 저장에 유익한 범위의 고 CO₂ 농도와 함께 혐기적인 저 O₂ 농도범위를 피하는 조건의 유지를 위해서는 중과와 중소과의 경우는 0.057~0.063 m² 범위에서 가능하였고, 중소과의 경우는 0.045~0.057 m² 범위에서 가능한 것으로 나타났다. 즉, 단감의 무게가 작으면 보다 작은 표면적의 포장이 필요한 것으로 생각된다. 위의 Fig. 1의 대과에서 표면적이 작은 0.040 m²에서 혐기적인 조건을 유지하여 갈변이 심하게 유발되었던 점에 대비하여 단감의 중량과 함께 포장의 구조를 다르게 하면 적정기체조성을 얻을 수 있다 것을 보여주었다. 따라서 날개 포장의 설계에는 포장필름의 선택뿐만 아니라 단감의 크기에 따른 포장구조의 선택도 매우 중요한 요소임을 알 수 있고, 포장조건의 표준화에서 이러한 점이 충분히 고려되어야 할 것으로 보인다.

Fig. 3의 기체조성의 영향으로 포장된 단감은 생리장해가 발생되었다. 전체적으로 저장 50일까지는 연화, 흑변, 갈변은 발생되지 않았으나, 저장 150일 경에 이르러 생리장해의 발생이 두드러지게 나타났다(Fig. 4). 특히 연화와 갈변의 발생 비율이 높았다. 대체적으로 표면적이 크면 연화와 흑변의 발생이 높았고, 반대로 표면적이 작으면 갈변의 가능성이 높아졌다. 이는 앞의 대과포장에서 기체조성과 생리장해발생의 상호관련성에 대해서 논의된 내용과 관련되어 질 수 있다. 즉, 표면적이 커서 기체투과가 많아서 산소 농도가 높아지면 흑변 발생의 가능성이 높아지고, 반대로 작은 표면적에서는 기체투과의 감소로 산소 농도가 낮아지고 이산화탄소 농도가 높아져서 갈변의 가능성이 높아지는 것으로 이해할 수 있다.

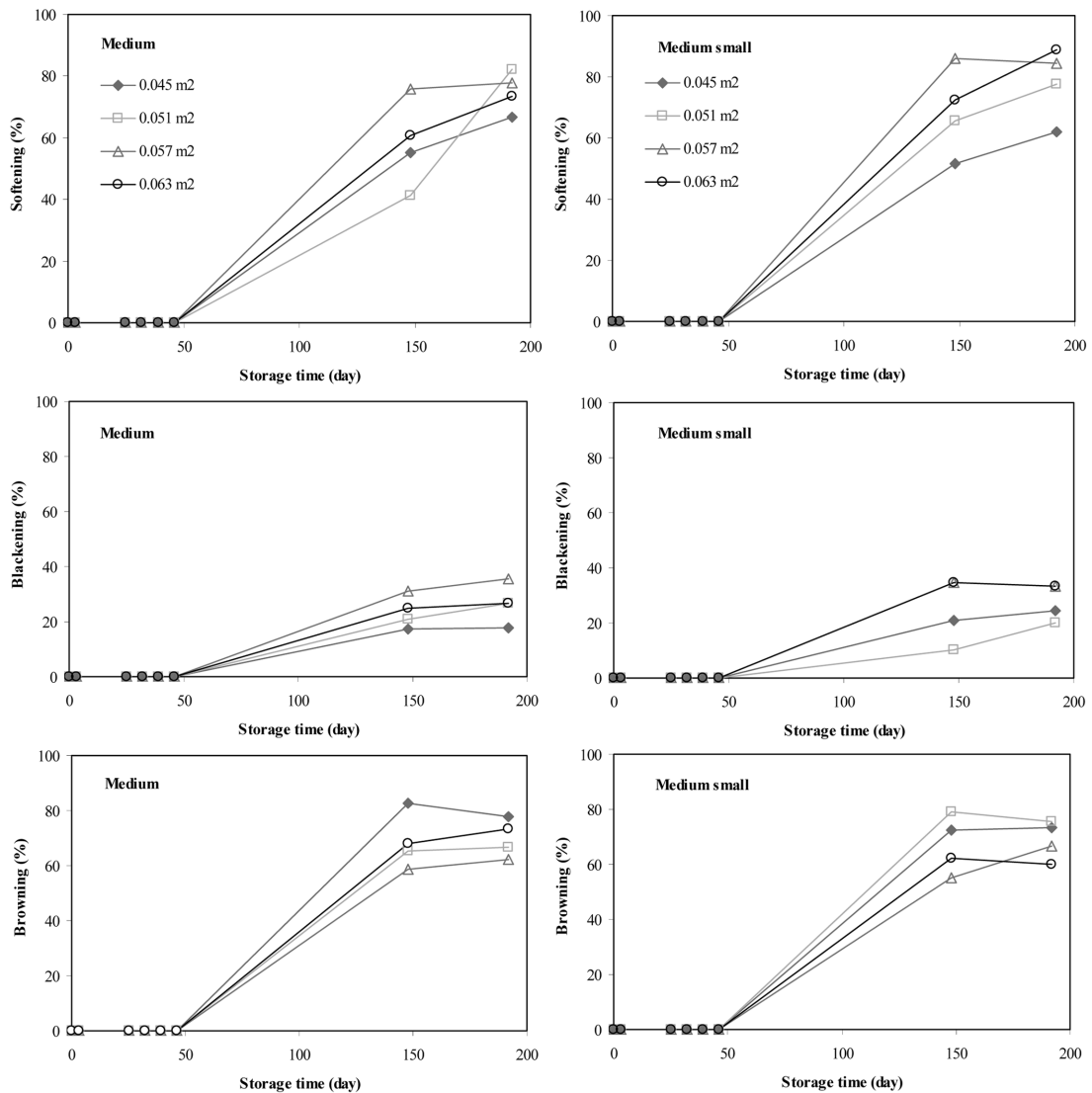


Fig. 4. Physiological injury of persimmon packaged individually in 35 μm thick m-LLDPE/PP film and stored at -1°C as function of fruit size (medium of ≈210 g and medium small of ≈190 g) and bag surface area.

본 연구에서는 날개단위의 단감 포장에서 과중과 함께 포장표면적을 함께 고려함으로써 사용가능한 필름의 범위를 넓혀줄 수 있음을 보여주었다. 이 결과를 활용하여 과중에 따라 날개포장의 가능한 포장 조건의 범위를 추정하는 것이 가능하며, 이러한 조건에서 추가적인 품질보존효과를 확인함에 의하여 포장최적화에 접근할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

날개 단위의 단감 포장에 대해서 선도유지에 적절한 내부 기체조성을 얻을 수 있는 포장조건을 얻기 위하여 -1°C 에 저장시에 포장 표면적과 과중이 포장 내부 기체조성에 미치는 영향을 살펴보았다. 약 230 g의 대과에서 과실과 바로 맞는 플라스틱 필름의 표면적(0.040 m^2)에서는 낮은 투과도 필름들은($35\ \mu\text{m}$ 혹은 $40\ \mu\text{m}$ 두께의 LLDPE/PP 및 $30\ \mu\text{m}$ OPP) 산소가 고갈되는 혐기적인 기체조성을 유발시키고 장기저장 시에 갈변발생율을 높였다. 약 210 g의 중과와 약 190 g의 중소과에서는 $35\ \mu\text{m}$ LLDPE/PP의 넓은 표면적이 높은 O_2 와 낮은 CO_2 를 형성시키고, 장기저장시에 높은 연화와 흑변의 발생을 가져왔다. 이와 달리, 작은 포장 표면적은 낮은 O_2 와 높은 CO_2 를 형성시키고 높은 갈변가능성을 보였다. 생리장해를 줄이는 내부기체조성을 얻기 위해서는 과중, 포장필름 종류, 포장 표면적의 적절한 조합이 필요한 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원으로, 단감수출연구사업단 연구의 일부로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Park, Y.S., Na, T.S. and Lee, K.M. 1997. Effects of O_2 and CO_2 treatments within polyethylene film bags on the fruit

- quality of non-astringent 'Fuyu' persimmon fruits during storage. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38: 510-515.
2. Lee, E.J. and Yang, Y.J. 1997. Postharvest physiology and storage disorders affected by temperature and PE film thickness in 'Fuyu' persimmon fruit. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38: 516-519.
3. Ahn, G.H., Song, W.D., Park, D.S., Lee, Y., Lee, D.S. and Choi, S.J. 2001. Package atmosphere and quality as affected by modified atmosphere conditions of persimmon (*Diospyros kaki*. cv. Fuyu) fruits. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 200-204.
4. Min, B.Y. and Oh, S.L. 1975. Studies on the CA storage of sweet persimmon in polyethylene pack. Korean J. Food Sci. Technol. 7: 128-134.
5. Shon, T.W., Choi, J.U., Seog, H.M., Choi, R.K., Seo, O.S., Kim, S.T., Ha, Y.S. and Kang, J.H. 1978. Studies on the utilization of persimmons-Part 6 Investigation of optimum thickness of film bag for polyethylene film storage of Fuyu. Korean J. Food Sci. Technol. 10: 78-82.
6. Lee, Y.J. 2001. Discoloration disorder as influenced by sealing methods of PE Film bag in MAP storage of 'Fuyu' persimmon fruit. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42: 721-724.
7. Lee, D.S., Yam, K.L. and Piergiiovanni, L. 2008. Food Packaging Science and Technology. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
8. Ahn, G.H., Song, W.D., Chol, S.J. and Lee, D.S. 2004. The association of post-storage physiological disorder incidence with respiration and ethylene production in 'Fuyu' persimmon fruits. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 283-287.
9. Lee, Y.M., Kwon, O.C., Cho, Y.S., Park, Y.M. and Lee, Y.J. 1999. Effects of oxygen and carbon dioxide concentration in PE film bag on blackening and flesh browning disorder during MA storage of 'Fuyu' persimmon fruit. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40: 585-590.
10. Park, Y.M. and Lee, Y.J. 2008. Induction of modified atmosphere-related browning disorders in 'Fuyu' persimmon fruit. Postharvest Biol. Technol. 47: 346-352.
11. Bae, M.-S., Kim, H.J., An, D.S., Ahn, G.-H., Lee, S.-C. and Lee, D.S. 2010. Comparison of two packaging conditions in preserving antioxidant activity of sweet persimmons. J. Food Agri. Environ. 8(3&4): 192-195.