

## 단감의 최적 Modified Atmosphere 포장 규격 설정

안광환 · 최성진\* · 이동선\*\*

경남농업기술원 단감연구소, \*대구가톨릭대학교 생명자원학부, \*\*경남대학교 생명과학부

### Designing Modified Atmosphere Packaging for Persimmon (*Diospyros kaki* cv. Fuyu) Fruit Based on Respiration Modelling

Gwang-Hwan Ahn, Seong-Jin Choi\*, and Dong-Sun Lee\*\*

Sweet Persimmon Experiment Station, Kyeongnam ARES, Kimhae 621-802, Korea

\*Dept. of Plant Breeding, Catholic University of Taegu-Hyosung

\*\*Division. of Life Sciences, Kyungnam University, Masan 631-701, Korea

**Abstract** A respiration rate analysed by enzyme kinetics-based respiration model and gas permeability data of LDPE film were applied to design the optical modified atmosphere (MA) packaging condition of persimmon (*Diospyros kaki* cv. Fuyu) fruits. The fruit quality rapidly decreases due to physiology disorder such as softening and peel blackening. O<sub>2</sub> permeance (Q<sub>O<sub>2</sub></sub> in ml·hr<sup>-1</sup>·atm<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>) and CO<sub>2</sub> permeance (Q<sub>CO<sub>2</sub></sub> in ml·hr<sup>-1</sup>·atm<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>) of low density polyethylene (LDPE) film samples were measured at 0°C and described as function of thickness (L in μm) as Q<sub>O<sub>2</sub></sub> = (2540×1/L)-16, and Q<sub>CO<sub>2</sub></sub> = (13742×1/L)-70, respectively. MA package containing single persimmon fruit of 225g was designed and tested experimentally at 0°C by using LDPE films. Package atmospheres predicted from the relationship of O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> balances on the packages was in good agreement with those obtained experimentally. Physiology disorder occurrence was the lowest at 52 μm package that attained optimum gas condition (O<sub>2</sub> 2.8% and CO<sub>2</sub> 5.4%). The computer simulation was found to be effective to help to design the optimum MA packaging condition of individual persimmon fruit.

**Key Words** Persimmon, Respiration rate, MA Packaging, Gas permeability

## 서 론

우리나라에서 주로 재배되는 단감은 만생종 '부유' 품종으로 수확기는 10월말부터 11월초이다. 수확기간이 15일 내외로 단기간에 집중 출하되기 때문에 수확기의 가격 하락을 방지하기 위하여 저장후 분산 출하가 불가피하다. 따라서 지금까지 단감은 0.06 mm 두께의 LDPE film으로 5개씩 결속 포장하여 0~-1°C 저온저장고에서 저장하고 있다. 이는 저장 중 수분증산 및 에틸렌발생을 억제하고 저온장해 발생을 경감시키는 효과와 과피의 산화로 유발되는 과피흑변과 곰팡이 발생을 억제하는 효과가 있다(Nakano 등, 2003). 그러나 이 MA저장방법은 포장작업자나 과실의 상태에 따라서 저장 중 여러 가지 생리장해 현상을 유발하는 것으로 알려져 있다. 즉 포장조건에 따라 과실의 호흡율이

필름의 가스투과량보다 높을 경우 포장내 저산소 및 고이산화탄소 조건이 유발되어 무기호흡에 따른 이취와 갈변과를 유발하고, 반대로 포장의 밀봉 불량 등으로 적당한 공기조성이 형성되지 않으면 흑변과 연화과 등이 발생된다(Ben-Arie와 Zutkhi, 1992; 안광환 등, 2001). Ben-Arie와 Pesis 등은 단감 MA저장에서 저장한계 요인은 과피흑변과 및 과육갈변과의 발생이며, 특히 이취와 과육갈변과의 발생은 산소부족 및 이산화탄소과잉에 의한 무기호흡으로 과육내 에탄올과 아세트알데히드의 축적이 원인인 것으로 보고하였다(Pesis 등, 1988; Ben-Arie 등, 1991; Ben-Arie와 Zutkhi, 1992; 안광환 등, 2001). 따라서 이러한 장해를 극복하고 안정적인 저장을 위해서 단감의 호흡특성에 적합한 MA포장 설계가 요구된다. 그러므로 적정공기조성을 유도하기 위한 포장조건의 설계에는 신선과채류의 호흡특성과 포장필름에 대한 각 가스의 투과도에 대한 정보가 있어야 한다. 즉 신선과채류의 호흡은 산소와 이산화탄소의 농도에 영향을 받으므로 이들 가스가 대상작물의 호흡에 미치는 영향을 측정하고 한편으로 MA포장에 사용될 필름의 각종 가스

†Corresponding Author : Gwang-Hwan Ahn  
Sweet Persimmon Experiment Station, Kyeongnam ARES, Kimhae 621-800, Korea  
E-mail : <ahngh1@hanmail.net>

에 대한 투과도를 조사하여 이들의 상호관계를 simulation하면 이론적으로 최적의 포장조건을 설정할 수 있다.

따라서 본 연구는 단감의 적정 저장온도인 0~-1°C수준에서 단감의 호흡에 미치는 산소, 이산화탄소의 영향을 효소반응식을 사용하여 modeling하고, 단감의 포장에 사용되는 저밀도폴리에틸렌 필름의 가스투과도를 조사하여 단감 저장을 위한 최적MA포장조건을 설계하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시과실

단감 시료는 경남 김해시 진영지역의 20~25년생 부유품종 (*Diospyros kaki* cv. Fuyu) 과원에서 관행으로 재배하여 성숙기(11월 3일)에 수확한 과실을 과중이 225±5 g 이고, 적도부의 색도(Japanese color chart)가 4.5~5.0인 것을 선과하여 0°C저온저장고에 보관한 후 시험재료로 사용하였다.

### 2. 호흡율 조사

단감의 호흡율은 효소반응속도론에 기초한 단감의 호흡모델에 관한 선행 연구(안광환과 이동선, 2004)에서 폐쇄계 방법(closed system method)(Lee, 1987; Fishman, 1999)으로 호흡계수를 구하였다(Table 1). 폐쇄계방법에 의한 단감의 호흡률 조사는 3,000 mL 밀폐용기에 단감과 과실을 넣고 일정 시간간격으로 호흡가스인 산소와 이산화탄소의 농도 변화율을 조사한 후, 시료의 무게와 용기의 부피를 감안하여 호흡율을 구하는 방법이다. 산소와 이산화탄소의 분석조건은 gas chromatograph (HP 5890 series II, Hewlett Packard Co., USA) detector, TCD; column, CTR-1(Alltech Co., USA); column temperature, 60°C; detector temperature, 120°C; carrier gas, He(50 mL/min)이었다.

### 3. 포장필름의 가스투과도

포장필름의 가스투과도는 quasi-isostatic method(Karel, 1963)로 조사하였다. 확산셀의 부피는 59 ml이고, 필름막의 면적은 24.6 cm<sup>2</sup>인 확산셀을 사용하여 셀의 한쪽은 질소가스로, 다른 쪽은 sample 가스인 산소나 이산화탄소로 치환한 후 질소 셀로 투과되는 sample 가스농도변화를 조사하여 permeability coefficient를 구하였다. 질소투과도는 산소투과도의 30%수준으로 추정하였다. 실험에 사용된 필름은 flow type으로 제작된 두께가 각각 40, 52, 60, 70 μm인 저밀도폴리

에틸렌필름이고, 필름의 두께는 마이크로메타(Mitutoyo Co. JAPAN)를 사용하여 측정하였다.

### 4. 포장내 공기변화 예측과 적용

호흡모델 parameter와 포장지의 가스투과도를 이용하여 과중별 MA포장내 공기조성변화를 예측하고, 이를 검증하기 위해 포장시험을 실시하였다. 즉 공시 과실을 0°C에서 두께가 각각 40, 52, 60, 70 μm인 LDPE film 봉지에 1 개씩 열접착 밀봉한 후 시기별로 포장내 공기조성 및 공기량 변화와 흑변과와 갈변과 발생율을 조사하였다. 이때 포장지 표면적은 364 cm<sup>2</sup> (길이14 cm×폭13 cm)이고, free-volume은 120±10 mL 정도가 되도록 하였다. 산소와 이산화탄소농도는 gas chromatograph를 사용하여 조사하였고, 산소와 이산화탄소를 제외한 값을 질소농도로 추정하였으며, 포장내 공기량은 메스실린더를 사용하여 과실을 포함한 포장 전체의 부피를 조사한 후 과실이 차지하는 부피를 제외하는 방법으로 조사하였다. 과육갈변과나 과피흑변과와 같은 생리장해과의 발생정도는 각 개체에 대하여 각각의 장해과 별로 가중치(건전과는 0, 25%미만 발생시 1, 25~50% 발생시 2, 50%이상 발생시 4)를 발생 개체수에 곱한 값을 총 개체수로 나누어 환산하였다(Ben-Arie 등, 1991).

### 5. 에탄올과 아세트알데히드 조사

과실의 착즙액을 20 mL용량의 vial에 1 mL 넣은 후 실리콘 septum을 이용해 밀봉하여 이를 60°C 항온수조에 넣고 20분간 반응 후 headspace gas를 0.5 mL 채취하여 HP 5890 series II gas chromatograph (Hewlett Packard Co., USA)를 이용하여 측정하였다. 이때 내부 표준물질로 Ethylacetate를 사용하였고, 분석조건은 detector, FID; column, Polapak Q (Chrompack Co., Netherlands); column temperature, 200°C; inject temperature, 200°C; detector temperature, 250°C; carrier gas, He(10 mL/min)였다.

### 6. 통계처리

Closed system method에서 산소와 이산화탄소농도 변화율을 얻기 위한 회귀식과 효소반응속도론의 호흡모델 parameter를 구하는 다중선형회귀식은 Excel program (Microsoft Co., USA)을 이용하여 계산하였고, 포장내 가스농도 및 부피변화 예측을 위한 편미분방정식의 계산은 Mathcad program (MathSoft, Inc. USA)을 이용하였다.

Table 1. Estimates of respiration model parameters for Eq. (1) for 'Fuyu' persimmon fruits at 0°C.

Respiration	$V_m^{1)}$ (ml·hr <sup>-1</sup> ·kg <sup>-1</sup> )	$K_m^{2)}$ (% O <sub>2</sub> )	$K_i^{3)}$ (% CO <sub>2</sub> )	$r^2^{4)}$
O <sub>2</sub> consumption	0.9715	0.0077	290.6	1.0000
CO <sub>2</sub> evolution	0.7196	0.0011	875.5	1.0000

<sup>1)</sup> $V_m$  = maximum respiration rate, <sup>2)</sup> $K_m$  = Michaelis-Manten constant, <sup>3)</sup> $K_i$  = inhibition constant, <sup>4)</sup> $r^2$  = coefficient of determination

## 결과 및 고찰

### 1. 호흡율 조사

Table 1은 선행 연구(안광환과 이동선, 2004)의 효소반응 속도론에 기초한 단감의 호흡모델에 관한 연구에서 폐쇄계 방법(closed system method)으로 비경쟁억제 효소반응속도 식(식 1)을 모델로 하여 0, 5, 20°C에서 구해진 단감의 호흡계수 중 0°C 자료이다.

$$R = \frac{V_m [O_2]}{K_m + (1 + [CO_2]/K_i)[O_2]} \quad (2)$$

$V_m$ 은 maximum respiration rate,  $K_m$ 은 Michaelis-Manten constant,  $K_i$ 는 inhibition constant,  $[CO_2]$ 는 이산화탄소농도(%),  $[O_2]$ 는 산소농도(%)  $K_m$ 은 0.1%이하로 산소소비가 이산화탄소발생보다 높았으며,  $K_i$ 는 100%이상이고 이산화탄소발생이 산소소비보다 높았다. 이는 산소와 이산화탄소 가스가 단감의 호흡에 미치는 영향이 아주 적은 것을 의미한다. 이는 Kader(1997)가 단감은 CA(Controlled Atmosphere) 조건이 과실의 신선도유지 효과가 낮은 과실로 분류한 것과 같은 경향이나, 저산소와 고이산화탄소 조건에서 단감의 성숙이 지연되고, 경도유지와 저온장해를 경감하는 효과가 알려져 있고, 또한 단감은 에틸렌의 작용에 민감하게 반응하는 작물이므로 MA포장이 단감의 신선도를 유지하는데 효과적인 것으로 판단된다(Nakano et al., 2003).

### 2. 포장필름의 가스투과도

고분자 필름의 기체 투과는 일반적으로 용해-확산모델(solution-diffusion model)이 적용되며, 포장필름의 기체투과는 확산에 대한 Fick's first law에 근거한다(Comyn, 1985). Steady state 상태에서 단위면적과 단위시간당 필름을 투과하는 가스 량은 농도에 비례하고, 포장필름의 두께에 반비례한다.

$$Q=PA\Delta p/L \quad (2)$$

$Q$ 는 투과가스량(ml),  $P$ 는 permeability coefficient,  $A$ 는 필름면적( $m^2$ ),  $t$ 는 경과시간(hr),  $\Delta p$ 는 필름 양쪽의 가스분압차(atm),  $L$ 는 필름의 두께( $\mu m$ )이다.

Fig. 1은 각 sample필름 산소와 이산화탄소 기체투과도이다. 포장필름의 가스투과도는 필름의 두께에 반비례하므로(식2) 실측치를 이용하여 필름의 두께에 대하여 산소와 이산화탄소 기체투과도를 수식화하면 식 3, 4와 같다. sample 필름의 기체투과율은 포장의 두께에 반비례하고, 이산화탄소의 투과율은 산소 투과율보다 6배정도로 높았다.

$$Q_{O_2} = (2,540 \times 1/L) - 16 \text{ ml} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \quad (3)$$

$$Q_{CO_2} = (13,742 \times 1/L) - 70 \text{ ml} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \quad (4)$$

$Q_{O_2}$ 는 산소투과율,  $Q_{CO_2}$ 는 이산화탄소투과율,  $L$ 의 단위는  $\mu m$ 이다.

### 3. MA포장내 공기변화 예측과 적용

단감의 호흡모델 parameter와 포장지의 가스투과도를 이용하여, 필름두께별로 MA포장내 공기조성변화를 예측하고, 이를 검증하기 위해 포장시험을 실시하였다. 시간에 따른 포장내 각 가스의 부피변화 예측은 편미분방식이 사용되었고(식 5-8), 총부피에 대한 각 가스의 부피 비를 각 가스의 농도로 하였다.

$$\frac{dV_{O_2}}{dt} = P_{O_2}(0.21 - [O_2]/100) - W \times R_{O_2} \quad (5)$$

$$\frac{dV_{CO_2}}{dt} = P_{CO_2}(0.00 - [CO_2]/100) - W \times R_{CO_2} \quad (6)$$

$$\frac{dV_{N_2}}{dt} = P_{N_2}(0.79 - [N_2]/100) \quad (7)$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{dV_{O_2}}{dt} + \frac{dV_{CO_2}}{dt} + \frac{dV_{N_2}}{dt} \quad (8)$$

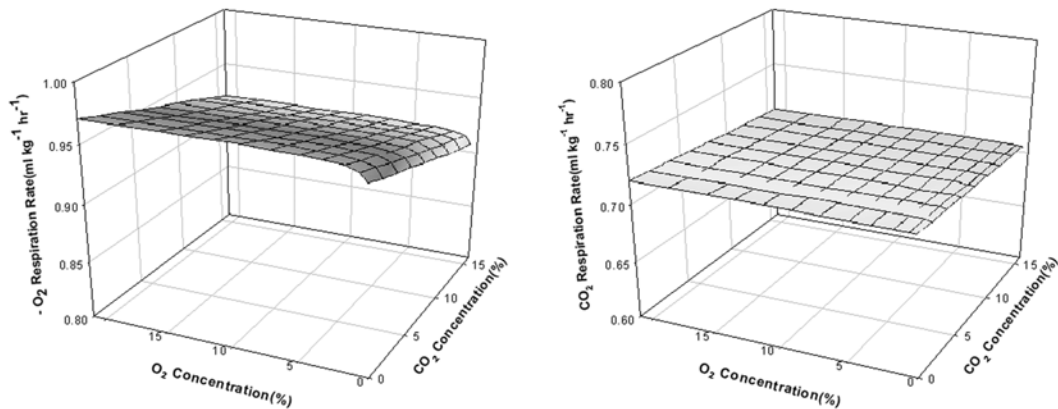
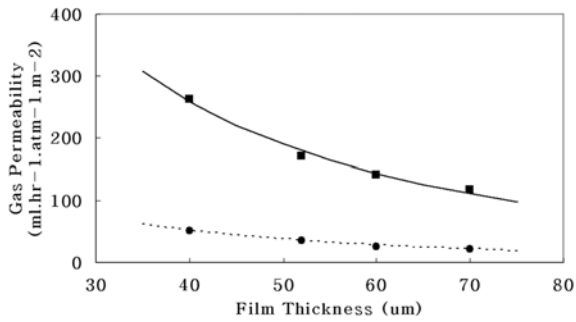


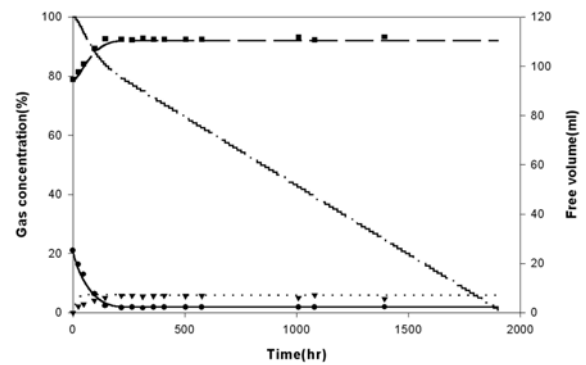
Fig. 1. Predicted Respiration rates versus oxygen and carbon dioxide concentrations for the 'Fuyu' persimmon fruits at 0°C.



**Fig. 2.** Predicted and experimental oxygen and carbon dioxide gas permeabilities of low density polyethylene films at 0°C. Solid and dotted line represent predicted gas permeabilities. (Experimental data : circles are oxygen, squares are carbon dioxide)

여기서  $[O_2]$ 는 포장내 산소농도(%),  $[CO_2]$ 는 포장내 이산화탄소농도(%),  $[N_2]$ 는 포장내 질소농도(%),  $P_{O_2}$ 는 포장지의 산소투과율( $ml \cdot hr^{-1} \cdot atm^{-1} \cdot m^{-2}$ ),  $P_{CO_2}$ 는 포장지의 이산화탄소투과율( $ml \cdot hr^{-1} \cdot atm^{-1} \cdot m^{-2}$ ),  $P_{N_2}$ 는 포장지의 질소 투과율( $ml \cdot hr^{-1} \cdot atm^{-1} \cdot m^{-2}$ ),  $R_{O_2}$ 는 산소소비 호흡속도( $ml \cdot hr^{-1} \cdot l^{-1}$ ),  $R_{CO_2}$ 는 이산화탄소발생 호흡속도( $ml \cdot hr^{-1} \cdot l^{-1}$ ),  $W$ 는 과중(kg),  $V$ 는 포장지내의 총부피(ml),  $V_{O_2}$ ,  $V_{CO_2}$ ,  $V_{N_2}$ 는 각각의 공기가 차지하는 포장내 부피이다.

Fig. 3는 과중  $225 \pm 5$  g 단감을 표면적  $364 \text{ cm}^2$  두께가  $52 \mu\text{m}$ 인 LDPE film 봉지에 과실을 1개씩 열접착 밀봉한 후 0°C 보관하여 시기별로 포장내 공기조성과 공기량 변화의 실측치와 식 4-7을 통해 얻어진 예측치를 표시하였다. 실측치와 예측치 간에는 실측치의 이산화탄소 농도가 약간의 낮은 경향이 있으나 대체로 일치하였다. 따라서 이 방법은 정상상태의 공기조성을 예측하여 과피변색과 같이 포장내 공기조성과 관련이 깊은 생리장해과를 경감시키고 품질을 유지는 MA포장조건을 설정하는데 적합한 것으로 판단되었다.



**Fig. 3.** Predicted package atmosphere and experimental data for permeable package of the 'Fuyu' persimmon fruits at 0°C. Package has  $225 \pm 5$  g persimmon fruits with initial free volume of 120 ml, surface area of  $0.0364 \text{ m}^2$  and film thickness of  $52 \mu\text{m}$  LDPE. Solid, dotted and dashed lines represent predicted gas compositions and dash-dotted line represent free volumes, respectively. (Experimental data : circles are oxygen, triangles are carbon dioxide, squares are nitrogen)

Table 2는 0°C에서 과실을 한 개씩 개별 포장하였을 때 필름두께별로 포장내 정상상태(Steady state)의 산소와 이산화탄소농도 예측값과 저장 70일후 포장내 공기조성과 과육내 Acetaldehyde, Ethanol 함량 및 생리장해과 발생정도를 나타내었다.

필름의 두께가 두꺼워질수록 산소농도는 낮아지고, 이산화탄소농도는 높아지는 경향으로 예측되었으며, 실측된 포장내 공기조성도 같은 경향이였다. 다만 60과  $70 \mu\text{m}$ 의 두꺼운 포장에서는 실제 조사된 산소농도가 예측값보다 1% 정도 높았다. 이는 실험에서 사용된 가스크로마토그래피의 칼럼이 산소와 아르곤을 분리하지 못하므로 공기중 아르곤이 산소농도에 포함되었기 때문으로 판단된다. 과육내 Acetaldehyde와 Ethanol의 축적과 생리장해의 발생은 처리간 뚜렷한 차이가 있었다. 즉 포장지의 두께가 두꺼울수록 Acetaldehyde와 Ethanol이 높게 조사되었고, 갈변과의 발생

**Table 2.** Effect of film thickness on the predicted and experimental steady state gases concentration in permeable packages, acetaldehyde and ethanol in the fruit, and peel blackening and fresh browning index of the persimmon fruits after 70 storage day at 0°C. (unit : %)

		Film Thickness(µm)			
		40	52	60	70
Predicted	O <sub>2</sub>	8.53	2.79	0.08	0.02
	CO <sub>2</sub>	4.68	5.36	5.84	6.74
Experimental	O <sub>2</sub>	6.2±2.2	2.7±0.9	1.5±0.6	1.1±0.5
	CO <sub>2</sub>	3.6±1.0	4.7±0.8	5.5±0.6	6.2±0.6
	Acetaldehyde (ppm)	nd*	nd*	27	80
	Ethanol (ppm)	nd*	nd*	491	1989
	Peel blackening index(0-4)	0.52	0.05	0.03	0
Fresh browning index(0-4)	0	0	0.25	1.63	

\*Package has 230 g persimmon fruits with surface area of  $364 \text{ cm}^2$ .

nd : no detect

도 많았다. 반면 상대적으로 얇은 두께의 포장지에서는 Acetaldehyde와 Ethanol은 검출되지 않았으나 흑변과의 발생이 많았다(Fig. 4). 이는 과실의 호흡량이 포장지의 가스 투과량 보다 많은 조건에서 포장내 공기조성이 저산소 상태가 되어 무기호흡이 유발되고, 이에 따라 과육내 Acetaldehyde와 Ethanol의 축적으로 갈변과가 발생되었고, 반면에 포장지의 가스투과량이 호흡량보다 많아 포장내 산소 농도가 상대적으로 높은 필름두께 40  $\mu\text{m}$ 의 처리나 포장의 밀봉이 불량하여 Free-volume이 감소하지 않은 즉 자연진공이 형성되지 않은 포장에서 흑변과의 발생이 많았다. 따라서 포장작업시 필름의 접착을 완벽하게 하여 핀홀의 발생이 없도록 해야 한다(Table 3). 그러므로 230 g 무게의 '부유' 단감을 1개씩 MA포장하기 위해서는 저장중 장해과가 발생되지 않는 두께 52  $\mu\text{m}$  정도의 저밀도폴리에틸렌필름이 적당한 것으로 판단된다.

Table 4은 Fig3의 방법으로 0°C에서 과중에 따라 등급을 구분하여 포장내 공기조성이 정상상태(Steady state)에 도달하였을 산소와 이산화탄소의 농도를 예측한 값이다. 단감은 CA(Controlled Atmosphere)조건이 과실의 신선도유지 효과가 낮은 과실로 분류되어 있으나, 저산소 조건에서는 성숙을 지연시키고, 고이산화탄소 조건에서는 경도유지와 저온장해

를 경감하는 효과가 알려져 있으므로(Kader, 1997) 과실의 적정 CA조건인 산소 3~5%, 이산화탄소 5~8%와 Fresh-Cut된 감의 최적 CA조건인 산소 2%, 이산화탄소 12% (Gomy, 1997)를 고려하여 Table 3의 값에서 산소농도가 2~5%수준에서 유지되도록 과중별 최적의 포장조건을 Table 5에 제시하였다.

요 약

수확후 연화, 흑변, 저온장해 등의 생리장해로 품질이 급속히 저하되는 단감을 장기간 신선도를 유지하기 위하여, 0°C에서 비경쟁역제효소반응속도식으로 조사된 단감 과실의 호흡특성과 저밀도폴리에틸렌필름의 두께별 가스특성을 조사하여 적정수준의 저산소와 고이산화탄소농도를 유지하도록 MA 포장규격을 설정코자 본시험을 수행하였다. 40, 52, 60, 70  $\mu\text{m}$  두께의 samples LDPE film의 산소와 이산화탄소 가스투과도는 각각  $Q_{O_2} = (2,540 \times 1/L) - 16 \text{ ml} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ,  $Q_{CO_2} = (13,742 \times 1/L) - 70 \text{ ml} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ 이었다. 개당 평균 과중이  $225 \pm 5 \text{ g}$ 인 단감을 두께가 각각 40, 52, 60, 70  $\mu\text{m}$ 인 저밀도폴리에틸렌필름으로 한개씩 포장하여 0°C에서 저장하였을 때 효소반응속도식으로 조사된 단감 과실의 호흡

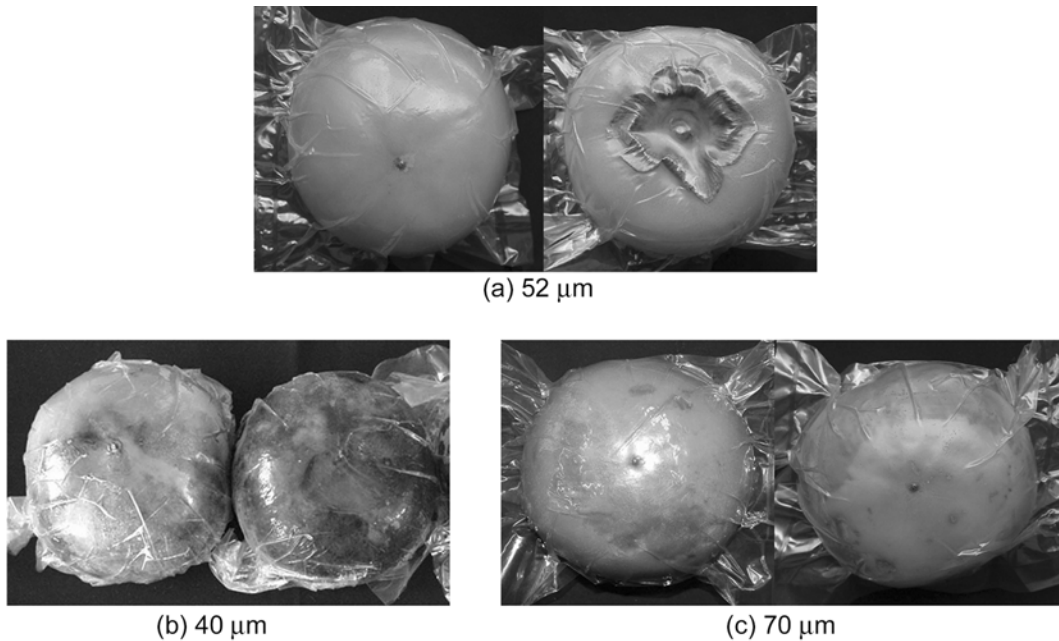


Fig. 4. Effect of film thickness on peel blackening and fresh browning of the persimmon fruits after 70 storage day at 0°C. (A : film thickness 52  $\mu\text{m}$ ) is good condition, (B : film thickness 40  $\mu\text{m}$ ) is peel blackening, (C : film thickness 70  $\mu\text{m}$ ) is fresh browning.

Table 3. Effect of vacuum on the peel browning and decayed fruits of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 0.

Package state	90 day in storage			150 day in storage		
	Peel browning	Decayed	Marketable	Peel browning	Decayed	Marketable
Vacuum	0.0	0.0	100	11.5	30.8	61.6
NonVacuum	33.3	6.7	60.0	35.7	42.9	28.6

**Table 4.** Estimates gas compositions of modified atmosphere package for the 'Fuyu' persimmon fruits at 0°C. (unit : %)

Film thickness	Gas	Weight(g)				
		150	200	250	300	350
40.0	O <sub>2</sub>	12.27	10.18	8.42	6.88	5.59
	CO <sub>2</sub>	4.17	4.46	4.69	4.90	5.06
42.5	O <sub>2</sub>	11.52	9.24	7.32	5.64	4.24
	CO <sub>2</sub>	4.27	4.57	4.83	5.05	5.23
45.0	O <sub>2</sub>	10.72	8.24	6.14	4.32	2.80
	CO <sub>2</sub>	4.37	4.69	4.97	5.20	5.40
47.5	O <sub>2</sub>	9.92	7.23	4.97	3.00	1.40
	CO <sub>2</sub>	4.47	4.82	5.11	5.37	5.58
50.0	O <sub>2</sub>	9.05	6.14	3.69	1.59	0.28
	CO <sub>2</sub>	4.57	4.95	5.26	5.53	5.75
52.5	O <sub>2</sub>	8.17	5.03	2.39	0.40	0
	CO <sub>2</sub>	4.68	5.08	5.42	5.70	5.96
55.0	O <sub>2</sub>	7.19	3.82	1.06	0	0
	CO <sub>2</sub>	4.79	5.22	5.58	5.89	6.15
57.5	O <sub>2</sub>	6.21	2.59	0.21	0	0
	CO <sub>2</sub>	4.91	5.36	5.73	6.08	6.36
60.0	O <sub>2</sub>	5.10	1.26	0.07	0	0
	CO <sub>2</sub>	5.03	5.51	5.87	6.28	6.57
62.5	O <sub>2</sub>	3.96	0.28	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	5.15	5.65	6.10	6.47	6.78
65.0	O <sub>2</sub>	2.84	0.09	0	0	0
	CO <sub>2</sub>	5.28	5.79	6.29	6.69	7.01

**Table 5.** Optimum MA package condition for the 'Fuyu' persimmon fruits at 0°C.

Grade	Weight (g)	Package condition			Permeabilities (ml·hr <sup>-1</sup> ·atm <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> )		Material
		Width (cm)	Length (cm)	Thickness (μm)	Oxygen	Carbon dioxide	
S	150	12.5	13.5	60.0~65.0	26.3~23.1	159.0~141.4	LDPE
M	200	13.0	14.0	52.5~57.5	32.4~28.2	191.8~169.0	"
L	250	13.5	14.5	47.5~52.5	37.5~32.4	219.3~191.8	"
LL	300	14.0	15.0	45.0~50.0	40.4~34.8	235.4~204.8	"
LLL	350	14.5	15.5	42.5~45.0	43.8~40.4	253.3~235.4	"

특성과 저밀도폴리에틸렌필름의 두께별 가스투과도를 고려하여 시간에 따른 포장내 공기조성의 변화를 예측한 값과 저장 70일후 조사한 실측값은 대체로 일치하는 결과를 보였고, 과육내 Acetaldehyde와 Ethanol의 축적과 생리장해과의 발생에 있어서도 최적 포장조건으로 예측된 두께 52 μm의 포장조건이 실제 저장에서도 적합한 것으로 조사되었다. 이 같은 방법으로 과실의 무게에 따른 적정 MA포장조건을 설정하였다. 포장작업 특별히 주의할 점은 필름의 접착을 완벽하게 하여 핀 홀의 발생이 없도록 해야 한다.

## 감사의 글

“이 자료는 2005년 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.”(KRF-2005-214-D00044)

## 참고문헌

1. 안광환, 송원두, 박두상, 이연, 이동선, 최성진. 2001. ‘부유’ 단감의 MA포장 조건에 따른 포장기체조성 및 과실의 품질 변화. 한국식품과학회지 33(2): 200-204
2. 안광환, 이동선. 2004. 효소반응속도론에 기초한 단감의 호흡 모델에 관한 연구. 한국식품과학회지 36(4): 580-585

3. Ben-Arie R, Zutkhi Y. 1992. Extending the storage life of 'Fuyu' persimmon by modified-atmosphere packaging. *Hort. Sci.* 27: 811-813
4. Ben-Arie R, Zutkhi Y, Sonogo L, Klein J. 1991. Modified atmosphere packaging for long-term storage of astringent persimmons. *Postharvest Biology and Technol* 1: 169-179
5. Comyn J. 1985. Polymer permeability. Elsevier Applied Science Publishers. London and New York. p.1-10.
6. Gorny JR. 1997. Postharvest horticulture series No. 19. CA'97, Proceedings Volume 5: Fresh-cut fruits and vegetables and MAP. University of California, Davis. p.34-66.
7. Kader AA. 1997. Postharvest horticulture series No. 17. CA'97, Proceedings Volume 3: Fruits other than apples and pears. University of California, Davis. p.1-34.
8. Karel M, Issenberg P, Ronsivalli L, Jurin V. 1963. Application of gas chromatography to the measurement of gas permeability of packaging materials. *Food Technol.* 17: 91-94
9. Nakano R, Ogura E, Kubo Y, Inaba A. 2003. Ethylene biosynthesis in young persimmon fruit is initiated in calyx and modulated by water loss from the fruit. *Plant Physiology.* 131: 276-286
10. Pesis E, Levi A, Ben-Arie R. 1988. Role of acetaldehyde production in the removal of astringency from persimmon fruits under-various modified atmospheres. *J. Food Sci.* 53: 153-156