

## ‘부유’ 단감 MAP 저장에서 과실 크기에 따른 PE 필름 봉지의 적정 규격

이 용 재\*  
밀양대학교 원예학과

### Optimal Dimension of PE Film Bag According to Fruit Size in MAP Storage of ‘Fuyu’ Persimmon Fruit

Yong-Jae Lee\*

Department of Horticulture, Miryang National University

Model for optimally dimensioned PE film bag was developed according to fruit size to maintain best quality of ‘Fuyu’ persimmon in modified atmosphere packaging (MAP) storage based on relationship between quality and oxygen and carbon dioxide in PE film bag. Harvested persimmons were graded into five sizes, and average weights were LL:261, L:217, M:188, S:168, and SS:154 g. Five fruit units of each grade were optimized in five PE film bag sizes of 150×376, 140×357, 130×344, 130×333, and 120×318 mm. To minimize quality deterioration such as softening and discoloration, optimal oxygen and carbon dioxide concentrations in PE film bag were 0.5-1.0 and 6.0-8.0%, respectively, and optimal thickness of PE film bag according to fruit size were LL:45, L:50, M:55, S:60, and SS:65 μm. For all fruit sizes, model for PE film bag area (mm<sup>2</sup>) was good quadratic simple equation by fruit weight (g):  $Y = -4055.707 + 627.993X_1 - 0.701X_1^2$ . Model for optimal oxygen and carbon dioxide (Y) concentration in PE film bag was suited to linear multiple equation by fruit weight (X<sub>1</sub>, g) and PE film thickness (X<sub>2</sub>, μm). Equations for oxygen and carbon dioxide concentrations (%) were  $Y = 5.798 - 0.0109X_1 - 0.0491X_2$  and  $Y = -2.427 + 0.01927X_1 + 0.09646X_2$ , respectively.

**Key words:** oxygen, discoloration, PE film bag thickness, PE film bag area, modeling

### 서 론

‘부유’ 단감 저장은 polyethylene(PE) 봉지로 포장하여 0°C에 저장하는 MAP(modified atmosphere packaging) 방식이 1960년대 개발된 이후 현재까지 사용되고 있다(1,2). MAP 저장은 포장을 통하여 내용물의 수분 증산을 억제시키고, 포장 내에 일 반 대기보다 낮은 산소농도와 높은 이산화탄소 농도가 조성되 게 하여 산물의 호흡을 감소시켜 저장 중 품질변화를 억제시 키는 원리를 이용한다(3,4).

포장 내 산소와 이산화탄소 농도는 단감의 저장력을 결정하 는 매우 중요한 요인이다. 최근의 연구에서, 포장 내 산소 0.5-1.0%에 이산화탄소 5.0-7.5%가 단감 저장을 위한 최적의 기체 조성으로 보고되었다(5-8). 포장 내 산소 농도가 높고 이산화탄 소 농도가 낮으면 과실이 빨리 연화되며 과피후변 발생이 많 아지고, 역의 경우에는 과실의 무기호흡이 진행되어 이취가 발 생되며 여러 유형의 갈변장애 증상이 발생된다(9,10). Kawada(11)

는 PE 필름 봉지의 두께, 과실 중량, 과실의 크기와 봉지 면적, free-volume 등이 포장 내 산소와 이산화탄소 농도 조성에 영 향을 미치는 요인이라 하였다. 또한 Lee 등(12)은 PE 필름 봉 지의 두께 못지않게 과실 중량에 대한 봉지의 면적이 포장 내 산소와 이산화탄소 농도 조성에 크게 영향을 미치며, 이것이 최근 큰 과실에서 갈변화가 많이 발생되고 있는 주 요인이라 고 지적했다.

PE 필름 봉지의 두께와 포장 내 과실의 중량과 봉지의 면적, free-volume 등은 포장 내 기체 조성에 있어 상호 연관성을 가 지므로, 최적의 저장을 위해서는 이들의 상호 관계가 매우 정 밀하게 조절되어야 할 것이다. 하지만 과실 중량을 고려한 필 림의 적정 두께, 중량에 대한 봉지의 적정 면적이나 free-volume 등에 관한 연구는 전무하다. 현재, 수확된 단감은 중량 선과기 에 의해 크기별로 선과 되나 농가나 선과장마다 과실의 크기 를 나누는 기준 중량이 조금씩 다르고, 이렇게 선과된 과실은 과실 크기에 따라 대충 적당한 크기의 PE 필름 봉지에 포장된 후 저장된다. 이러한 결과 포장 내 적절한 산소와 이산화탄소 농도가 조성되지 않아 연화와 과피후변 및 갈변과가 매년 발 생되고 있다. 이에 큰 과실에서 갈변과 발생을 피하고, 과실 크 기에 따른 포장 봉지의 적정 크기와 두께, free-volume 등을 구 명하고자 하였다. 또한 이를 바탕으로 어떤 크기의 과실에 대 해서도 최적의 저장이 가능한 포장 조건을 모델링하고자 하였다.

\*Corresponding author: Yong-Jae Lee, Department of Horticulture, Miryang National University, Miryang 627-702, Korea  
Tel: 82-55-350-5524  
Fax: 82-55-350-5529  
E-mail: yjl@mnu.ac.kr

## 재료 및 방법

### 공시과실 및 PE 필름 봉지

경남 울산시 범서면에 위치한 경사지에서 관행적으로 재배된 '부유'(Diospyros kaki cv. Fuyu) 단감을 11월 초에 수확, 3일 예건하여 상처과, 병과, 연화과 등을 제거하고 색도가 비슷한 과실을 중량 선과기로 선과하여 다섯 등급(LL:261 g, L:217 g, M:188 g, S:168 g, SS:154 g)으로 분류하였다. 포장용 PE 필름 봉지는 단감 포장 봉지 제조공장에서 low density polyethylene (LDPE, 삼성539G)과 linear low density polyethylene(LLDPE, 한화3120)을 2:7로 혼합하여 블로우 압출하는 관행적인 방법으로 직접 제조하였다. 제조된 봉지의 규격은 폭(150 mm, 140 mm, 130 mm, 120 mm)에 두께(45 µm, 50 µm, 55 µm, 60 µm, 65 µm)를 조합한 20 종류였다.

### 포장처리 및 저장

다섯 등급으로 선과된 과실을 작업성과 미관을 고려하여 과실과 봉지 사이의 간격이 1-1.5 cm가 되도록 Table 1과 같이 LL은 150 mm, L은 140 mm, M과 S는 130 mm, SS는 120 mm의 봉지 폭을 선정하고 여기에 각각 5종류의 두께를 적용하여 25처리, 처리당 8봉지씩 포장하였다. 포장은 봉지 당 5개의 과실을 넣고 남은 여분의 필름으로 매듭하는 관행적인 방법으로 하였고, 이 때 포장 안은 대기 중의 일반 공기로 채워졌다. 포장 후  $-0.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$  저온저장고에 저장하면서 85일과 170일에 처리당 4봉지씩 조사하였다.

### 가스분석

감이 포장된 PE 필름 봉지 안의 기체 1 mL를 취하여 Gas chromatography(GC-17A, Shimadzu, Japan)로 정량하였다. 칼럼은 stainless steel 3.2 mm×2 m에 산소는 Molecular sieve 60-80 mesh, 이산화탄소는 Polapak Q 80-100 mesh를 사용하여 thermal conductivity detector로 검출하였으며 injector port와 detector port의 온도는 150°C이었고 oven의 온도는 80°C이었다. Carrier gas는 helium을 사용했으며 flow rate는 40 mL/min이었다.

### PE 필름 봉지 면적 및 free-volume

PE 필름 봉지의 가로와 세로 길이는 과실을 넣은 후 열 접착 부위에서 매듭 한 곳까지 두 겹의 상태에서 측정하였고, PE 필름 봉지 면적은 한 겹으로 펼쳤을 때로 하였다. 포장 내 free-volume은 과실을 포함한 포장 전체의 부피에서 과실의 부피를 제외하는 방법으로 조사하였다. 과실 그램 당 봉지면적과 free-volume은 각 포장된 과실의 중량으로 나누어 표시하였다.

### 경도 및 변색과

경도는 과실 경도계(Cat. No. 166, 木屋製作所, Japan)를 사용하여 과실 적도부분의 과피를 제거하고 측정하였다. 이때 탐침의 직경은 5 mm이었다. 변색과는 Table 2의 기준에 의해 육안으로 관찰하여 발생률(변색 발생 과실 수/처리과실 수×100)로 나타내었다.

### 통계분석

실험결과의 통계처리는 SPSS package program을 이용하여

Table 1. Conditions of treatments

Size grade	Weight of a fruit (g)	Bag width <sup>1)</sup> (mm)	Bag length <sup>1)</sup> (mm)	Bag area (mm <sup>2</sup> )	Free-volume in bag (mL)	Bag area (mm <sup>2</sup> )/g fruit	Free-volume in bag/g fruit (µL/g)
LL	261 ± 10.4 <sup>2)</sup>	150	375.6 ± 6.6	112,680 ± 1971	547 ± 36	86.4 ± 0.8	421 ± 11
L	217 ± 5.3	140	356.6 ± 7.2	99,848 ± 2015	408 ± 25	92.0 ± 0.4	376 ± 6.4
M	188 ± 4.5	130	343.6 ± 7.2	89,336 ± 1860	337 ± 26	94.9 ± 0.8	361 ± 12
S	168 ± 3.4	130	333.2 ± 6.8	86,632 ± 1764	342 ± 23	103.1 ± 0.7	410 ± 12
SS	154 ± 3.7	120	318.2 ± 4.3	76,368 ± 1029	279 ± 14	99.3 ± 0.5	361 ± 4.1

<sup>1)</sup>Bag width and length are measured in two layers.

<sup>2)</sup>Standard error.

Table 2. Classification of discoloration symptoms in MAP storage of 'Fuyu' persimmon fruits

Type	Symptom	Occurring portion
Black stain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Black colored</li> <li>• Sunken-dot, vertical stripe, top-triangle form</li> <li>• At the scar and the crack of epidermis</li> </ul>	• Usually from equator to top
Browning		
Top flesh browning (TFB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chocolate colored</li> <li>• Sound epidermis</li> <li>• Affect to the flesh</li> <li>• Off-flavor</li> </ul>	• Typically starts on the top (style end) and radially expands to the equatorial zone
Pitted specks browning (PSB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sunken specks</li> <li>• Sound epidermis</li> </ul>	• Not specific, usually equator
Flesh blotch browning (FBB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Broad area</li> <li>• Sound epidermis</li> <li>• Affect to the flesh</li> </ul>	• Usually bottom to equator
Pitted blotch browning (PBB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ribbon-, belt-shaped</li> <li>• Damaged cuticle layer</li> <li>• Affect only epidermal portion</li> </ul>	• Starts with small spots on top and develops into ribbon shape on bottom to equator

**Table 3. Concentrations of oxygen and carbon dioxide inside PE film bag as affected by fruit weight and PE film thickness in five-fruit unit MAP storage of ‘Fuyu’ persimmon**

Film thickness	85-days storage						170-days storage						
	Fruit size					Mean	Fruit size					Mean	
	LL	L	M	S	SS		LL	L	M	S	SS		
<b>O<sub>2</sub></b>													
45 µm	0.3	1.0	4.5	4.4	4.9	3.0 <sup>a1)</sup>	0.5	0.9	1.8	2.0	2.3	1.5 <sup>a</sup>	
50 µm	0.4	0.6	2.2	2.6	2.9	1.7 <sup>b</sup>	0.4	0.9	1.0	1.1	1.5	1.0 <sup>b</sup>	
55 µm	0.3	0.8	1.6	2.4	1.6	1.3 <sup>c</sup>	0.3	0.6	1.1	1.0	2.2	1.0 <sup>b</sup>	
60 µm	0.2	0.4	0.8	0.9	1.1	0.7 <sup>d</sup>	0.3	0.3	0.6	1.5	2.0	1.0 <sup>b</sup>	
65 µm	0.2	0.4	0.5	0.7	0.7	0.5 <sup>d</sup>	0.3	0.4	0.4	0.7	0.6	0.5 <sup>c</sup>	
Mean	0.3 <sup>d,2)</sup>	0.6 <sup>c</sup>	1.9 <sup>b</sup>	2.2 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>		0.4 <sup>d</sup>	0.6 <sup>cd</sup>	1.0 <sup>bc</sup>	1.3 <sup>b</sup>	1.7 <sup>a</sup>		
Film thickness (Ft)			*** <sup>3)</sup>						***				
Fruit size (Fs)			***						***				
(Ft) × (Fs)			***						ns <sup>4)</sup>				
<b>CO<sub>2</sub></b>													
45 µm	7.1	6.5	5.5	5.4	5.4	6.0 <sup>e</sup>	8.1	6.2	5.4	4.7	5.4	5.9 <sup>d</sup>	
50 µm	7.5	7.2	5.9	5.9	5.8	6.5 <sup>d</sup>	7.1	6.1	5.7	5.7	6.3	6.2 <sup>cd</sup>	
55 µm	8.6	7.0	6.2	6.0	6.3	6.8 <sup>c</sup>	8.2	6.3	5.9	5.6	5.7	6.3 <sup>c</sup>	
60 µm	9.2	9.6	7.1	6.5	6.6	7.8 <sup>b</sup>	8.2	7.8	6.1	5.9	5.8	6.7 <sup>b</sup>	
65 µm	9.0	11.0	8.7	7.4	8.0	8.7 <sup>a</sup>	9.0	8.9	7.7	6.9	7.2	7.9 <sup>a</sup>	
Mean	8.3 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>	6.7 <sup>b</sup>	6.3 <sup>c</sup>	6.4 <sup>c</sup>		8.1 <sup>a</sup>	7.1 <sup>b</sup>	6.2 <sup>c</sup>	5.8 <sup>cd</sup>	6.1 <sup>d</sup>		
Film thickness (Ft)			***						***				
Fruit size (Fs)			***						***				
(Ft) × (Fs)			***						***				

<sup>1)</sup>Mean separations within columns by Duncan’s multiple range test at  $p=0.05$ .

<sup>2)</sup>Mean separations within rows by Duncan’s multiple range test at  $p=0.05$ .

<sup>3)</sup>Significant at  $p=0.001$ .

<sup>4)</sup>Insignificant.

분산분석과 Duncan’s multiple range test, 상관 및 회귀분석을 행하였다.

### 결과 및 고찰

효과적인 단감 저장을 위해 그 동안 국·내외에서 MAP(modified atmosphere packaging) 저장에 관한 많은 연구(13-17)가 수행되었으나, 과실 크기에 따른 PE 필름 봉지의 적정 크기와 두께 및 포장 내 공기량 등에 관한 연구는 수행되어 있지 않다. 이에 과실 크기별로 봉지 규격을 달리하여 과실의 연화 및 변색이 가장 적게 발생하는 과실 크기별 봉지 규격을 구명하였다. 이와 더불어 연화 및 변색과 깊은 상관관계를 보이는 봉지 내 산소와 이산화탄소 농도와의 관계를 이용하여, 과실의 크기가 주어지면 최적 기체 농도가 이루어지도록 PE 필름 봉지의 적정 규격을 모델링하였다.

다섯 등급으로 선과된 과실을 작업성과 미관을 고려하여 과실 크기에 맞게 PE 필름 봉지를 적용시켰을 때, LL은 150 mm, L은 140 mm, M과 S는 130 mm, SS는 120 mm의 봉지 폭에 각각 376 mm, 357 mm, 344 mm, 333 mm, 318 mm의 봉지 길이가 적절하였다(Table 1). 이와 같이 저장된 봉지 안 산소와 이산화탄소 농도는 과실과 봉지의 크기 및 PE 필름 봉지의 두께에 의해 달리 조성되었으며(Table 3), 이들 기체는 연화와 변색에 큰 영향을 미치는 것으로 조사되었다(Table 4-6). 연화와 흑변은 작은 과실이 들어있는 봉지와 필름 두께가 얇은 조건에서, 갈변은 큰 과실이 들어있는 봉지와 필름이 두꺼운 조건에서

서 많이 발생하는 경향을 보였다. 흑변은 저장 당시 육안으로는 관찰되지 않았던 약한 상처나 큐티클층의 미세한 균열이 있는 부위에서 주로 발생되었으며, 장기 저장할수록 포장 내의 산소와 이산화탄소 농도에 크게 영향 받는 것으로 해석되었다(Table 7). 이러한 흑변은 산소 농도가 높고 이산화탄소 농도가 낮은 조건에서 세포의 노화가 빨리 진행되어 산소에 의한 산화가 촉진되기 때문인 것으로 사료된다(17,18). 통계적 유의성은 없으나 60 µm보다 65 µm PE 필름 봉지에서 오히려 흑변 발생이 약간 높았는데 이것이 고농도의 이산화탄소에 영향을 받은 결과인지에 대해서는 검토가 필요하다. Browning은 과정부 과육갈변(top flesh browning, TFB), 반점형 함물갈변(pitted specks browning, PSB), 확산형 과육갈변(flesh blotch browning, FBB), 리본형 과피갈변(pitted blotch browning, PBB)의 4가지 유형으로 나타났다(Table 2, 6). 이들 갈변을 자세히 살펴보면, TFB는 산소 농도에 대해 아주 민감하게 나타났는데, 포장 내의 산소농도가 0.5% 이상일 때 TFB는 거의 발생되지 않았으며 0.3% 이하에서는 다량 발생했다. PBB는 TFB보다 발생시기가 약간 빠르며, TFB보다 조금 높은 산소와 낮은 이산화탄소 농도에서도 발생했다. 또한 TFB가 발생한 과실에서는 PBB는 거의 발생되지 않았다. FBB는 TFB보다 발생시기가 늦고 TFB보다 조금 높은 산소와 낮은 이산화탄소 농도에서 오래 지속될 때 나타나는 것으로 추측된다. PSB는 TFB와 비슷한 가스 조건에서 발생되나 TFB보다 발생시기가 늦고 TFB와 PSB가 한 과실에서 동시에 발생하지는 않았다. 이러한 갈변은 유형별로 발생시기와 가스농도에 약간의 차이는 있으나 봉지 안 산

**Table 4. Flesh firmness as affected by fruit weight and PE film thickness in MAP storage of 'Fuyu' persimmon fruit**

Film thickness	Flesh firmness (kg/5 mm $\phi$ )											
	Fruit size					Mean	Fruit size					Mean
	LL	L	M	S	SS		LL	L	M	S	SS	
	85-days storage						170-days storage					
45 $\mu$ m	3.2	3.1	2.9	2.8	2.9	3.0 <sup>c1)</sup>	2.7	2.5	2.3	2.1	2.2	2.4 <sup>c</sup>
50 $\mu$ m	3.3	3.3	3.2	3.0	3.0	3.2 <sup>bc</sup>	2.8	2.7	2.6	2.4	2.4	2.6 <sup>d</sup>
55 $\mu$ m	3.4	3.4	3.3	3.2	3.3	3.3 <sup>b</sup>	2.9	2.9	2.8	2.7	2.8	2.8 <sup>c</sup>
60 $\mu$ m	3.5	3.5	3.5	3.4	3.5	3.5 <sup>a</sup>	3.1	3.0	3.0	2.9	3.0	3.0 <sup>b</sup>
65 $\mu$ m	3.6	3.6	3.6	3.5	3.6	3.6 <sup>a</sup>	3.2	3.2	3.2	3.1	3.2	3.2 <sup>a</sup>
Mean	3.4 <sup>2)</sup>	3.4 <sup>a</sup>	3.3 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>bc</sup>	3.3 <sup>ab</sup>		2.9 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	2.8 <sup>ab</sup>	2.6 <sup>bc</sup>	2.7 <sup>ab</sup>	
Film thickness (Ft)			*** <sup>3)</sup>						***			
Fruit size (Fs)			***						***			
(Ft) $\times$ (Fs)			***						***			

<sup>1)</sup>Mean separations within columns by Duncan's multiple range test at  $p=0.05$ .

<sup>2)</sup>Mean separations within rows by Duncan's multiple range test at  $p=0.05$ .

<sup>3)</sup>\*\*\*: Significant at  $p=0.001$ .

**Table 5. Incidence of blackening as affected by fruit weight and PE film thickness in MAP storage of 'Fuyu' persimmon fruit**

Film thickness	Blackening (%)											
	Fruit size					Mean	Fruit size					Mean
	LL	L	M	S	SS		LL	L	M	S	SS	
	85-days storage						170-days storage					
45 $\mu$ m	0	0	20	10	0	6 <sup>a,1)</sup>	0	27	70	40	75	43 <sup>a</sup>
50 $\mu$ m	0	0	15	15	10	8 <sup>a</sup>	5	20	30	13	50	24 <sup>b</sup>
55 $\mu$ m	0	0	0	10	10	4 <sup>a</sup>	0	20	20	25	20	17 <sup>bc</sup>
60 $\mu$ m	0	0	0	5	20	5 <sup>a</sup>	7	0	15	0	15	7 <sup>c</sup>
65 $\mu$ m	0	15	10	10	0	7 <sup>a</sup>	0	10	10	15	10	10 <sup>c</sup>
Mean	0 <sup>c2)</sup>	3 <sup>bc</sup>	9 <sup>ab</sup>	10 <sup>a</sup>	8 <sup>ab</sup>		2 <sup>d</sup>	15 <sup>c</sup>	29 <sup>ab</sup>	19 <sup>bc</sup>	35 <sup>a</sup>	
Film thickness (Ft)			ns <sup>3)</sup>						*** <sup>4)</sup>			
Fruit size (Fs)			*** <sup>4)</sup>						*** <sup>4)</sup>			
(Ft) $\times$ (Fs)			* <sup>4)</sup>						* <sup>4)</sup>			

<sup>1)</sup>Mean separations within columns by Duncan's multiple range test at  $p=0.05$ .

<sup>2)</sup>Mean separations within rows by Duncan's multiple range test at  $p=0.05$ .

<sup>3)</sup>Insignificant.

<sup>4)</sup>\*. \*\*. \*\*\*: Significant at  $p=0.05$ , 0.01, and 0.001, respectively.

소 농도가 낮고, 이산화탄소 농도가 높은 조건에서 발생하는 뚜렷한 경향을 보였다. 이상의 결과에서 연화 및 과피흑변과 갈변을 최소화할 수 있는 봉지 안 적정 기체 농도는 산소 0.5-1.0%에 이산화탄소 6.0-8.0%로 해석되었는데, 이는 Lee 등(6,7)과 Park 등(8)의 최근의 보고와 일치하였다.

과실의 연화와 변색에 영향을 미치는 봉지 안 산소와 이산화탄소 농도는 과실과 봉지의 크기 및 PE 필름의 두께에 영향을 받는 것으로 나타났다. 큰 과실이 들어있는 봉지일수록, 봉지의 두께가 두꺼울수록 봉지 안 산소 농도는 낮고 이산화탄소 농도는 높았다(Table 3). 동일한 크기의 과실과 봉지에서 PE 필름 두께에 영향을 받는 것은 PE 필름의 기체투과도가 두께에 반비례하므로(19) 당연한 결과로 생각된다. 그리고 과실의 크기에 따라 적절한 크기의 봉지를 사용했으나 큰 과실이 들어있는 봉지에서 산소 농도가 낮고 이산화탄소 농도가 높은 것은 과실 그램 당 봉지 면적이 원인인 것으로 해석된다(Table 1 및 7). 과실의 크기가 증가함에 따라 봉지의 면적과 free-volume은 증가하는 경향이었다. 하지만 이를 과실 호흡의 주요한 기준이 되는 과실의 중량으로 나눈 과실 그램 당 봉지 면적은 큰

과실이 들어있는 봉지일수록 적어지는 결과를 보였다. 이는 3차원으로 증가하는 과실의 중량 증가를 2차원으로 증가하는 봉지의 면적이 따르지 못하는 것이 그 원인으로 해석된다. 이로 인해 동일한 PE 필름 봉지 두께에서 과실 그램 당 봉지 면적이 적은 처리구에서 포장 내 산소가 부족하게 되며, 이것이 큰 과실에서 갈변과 발생을 높이는 원인이라고 지적한 Lee 등(12)의 보고와 일치되는 것으로 생각된다. 이상의 결과에서 봉지의 두께 못지않게 과실 그램 당 봉지의 면적이 봉지 내 기체조성에 큰 영향을 미치는 것으로 해석되며 과실 그램 당 free-volume은 그 영향이 적은 것으로 해석된다(Table 1 및 7). 과실 중량에 대한 PE 필름 봉지의 면적을 고려하지 않은 적정 두께에 대한 제시는 의미가 없는 것으로 사료된다. 관행적 방법으로 과실의 크기에 맞게 적절한 크기의 봉지를 사용할 경우 봉지 안의 적정 기체 농도를 유지하기 위해서는 큰 과실일수록 봉지의 두께를 낮게 하여 과실의 중량에 비해 줄어든 봉지의 면적이 보정되어야 하는 것으로 사료된다. 본 연구에서 연화 및 흑변과 갈변 발생을 최소화하는 봉지 내 산소 0.5-1.0%에 이산화탄소 6.0-8.0%를 유지할 수 있는 과실 크기별 PE 필름 봉지

**Table 6. Incidence of browning as affected by fruit weight and PE film thickness in MAP storage of ‘Fuyu’ persimmon fruit**

Film thickness	85-days storage						170-days storage					
	Fruit size					Mean	Fruit size					Mean
	LL	L	M	S	SS		LL	L	M	S	SS	
Top flesh browning (%)												
45 µm	0	0	0	0	0	0 <sup>b,1)</sup>	0	0	0	0	0	0 <sup>c</sup>
50 µm	10	0	0	0	0	2 <sup>b</sup>	0	0	0	0	0	0 <sup>c</sup>
55 µm	10	0	0	0	0	2 <sup>b</sup>	25	0	0	0	0	5 <sup>b</sup>
60 µm	35	15	0	0	0	10 <sup>a</sup>	33	15	0	0	0	8 <sup>b</sup>
65 µm	35	15	5	0	0	11 <sup>a</sup>	53	25	0	0	0	14 <sup>a</sup>
Mean	18 <sup>a,2)</sup>	6 <sup>b</sup>	1 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>		20 <sup>a</sup>	8 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	
Film thickness (Ft)			*** <sup>3)</sup>						***			
Fruit size (Fs)			***						***			
(Ft) × (Fs)			***						***			
Pitted specks (%)												
45 µm	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	2 <sup>b</sup>
50 µm	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	5 <sup>ab</sup>
55 µm	0	0	0	0	0	0	20	0	5	0	0	5 <sup>ab</sup>
60 µm	0	0	0	0	0	0	20	20	10	0	0	10 <sup>a</sup>
65 µm	0	0	0	0	0	0	7	25	0	0	0	6 <sup>ab</sup>
Mean	0	0	0	0	0		17 <sup>a</sup>	10 <sup>b</sup>	3 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	
Film thickness (Ft)			ns <sup>4)</sup>						ns			
Fruit size (Fs)			ns						***			
(Ft) × (Fs)			ns						* <sup>3)</sup>			
Flesh blotch browning (%)												
45 µm	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	4 <sup>c</sup>
50 µm	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	6 <sup>c</sup>
55 µm	0	0	0	0	0	0	70	0	0	0	0	16 <sup>b</sup>
60 µm	0	0	0	0	0	0	73	15	0	15	0	18 <sup>b</sup>
65 µm	0	0	0	0	0	0	87	55	15	5	5	31 <sup>a</sup>
Mean	0	0	0	0	0		53 <sup>a</sup>	15 <sup>b</sup>	3 <sup>c</sup>	4 <sup>c</sup>	1 <sup>c</sup>	
Film thickness (Ft)			ns						***			
Fruit size (Fs)			ns						***			
(Ft) × (Fs)			ns						***			
Pitted blotch browning (%)												
45 µm	0	0	0	0	5	1 <sup>c</sup>	30	40	0	0	0	13 <sup>c</sup>
50 µm	0	30	10	0	0	8 <sup>b</sup>	60	25	5	0	5	20 <sup>abc</sup>
55 µm	0	0	0	0	5	1 <sup>c</sup>	40	5	5	5	13	14 <sup>bc</sup>
60 µm	0	25	5	20	5	11 <sup>b</sup>	53	45	30	15	15	31 <sup>a</sup>
65	0	70	20	0	5	19 <sup>a</sup>	47	50	25	10	10	27 <sup>ab</sup>
Mean	0 <sup>c</sup>	25 <sup>a</sup>	7 <sup>b</sup>	4 <sup>bc</sup>	4 <sup>bc</sup>		46 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	13 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>	8 <sup>b</sup>	
Film thickness (Ft)			***						*			
Fruit size (Fs)			***						***			
(Ft) × (Fs)			***						ns			

<sup>1)</sup>Mean separations within columns by Duncan’s multiple range test at  $p=0.05$ .

<sup>2)</sup>Mean separations within rows by Duncan’s multiple range test at  $p=0.05$ .

<sup>3)</sup>\*, \*\*\*, Significant at  $p=0.05$  or  $0.001$ , respectively.

<sup>4)</sup>Insignificant.

의 최적두께는 LL은 45 µm, L은 50 µm, M은 55 µm, S는 60 µm, SS는 65 µm로 조사되었다. 이는 과실 크기에 관계없이 60 µm 두께로 동일하게 사용하고 있는 관행과는 큰 차이를 보이고 있다.

이상의 결과에서 과실의 연화와 변색은 PE 필름 봉지 안의 기체 농도와 깊은 상관을 가지며, 또 기체 농도는 과실의 크기

와 PE 필름 봉지의 면적 및 두께와 관련되어 있으므로 이를 바탕으로 어떠한 크기의 과실에 대해서도 최적의 저장이 가능한 과실 크기별 봉지 면적과 이에 맞는 PE 필름 봉지의 두께를 회귀식으로 모델링하였다(Table 8). 과실의 크기가 주어지면 작업성과 미관을 고려한 PE 필름 봉지의 면적을 먼저 결정하고, 이렇게 구해진 PE 필름 면적으로 포장했을 때 PE 필름 봉

**Table 7. Correlations of firmness, discolorations, PE film bag area and free-volume per gram fruit and PE film thickness on gas concentrations in PE film bag in MAP storage of 'Fuyu' persimmon fruit**

Discolorations	Correlation coefficient (r)			
	85-days after storage		170-days after storage	
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
Firmness	0.725** <sup>1)</sup>	-0.632***	0.878***	-0.736***
Blackening	0.315**	-0.236*	0.562***	-0.576***
Top flesh browning	-0.610***	0.587***	-0.585***	0.617***
Pitted specks browning	-	-	-0.558***	0.522***
Flesh blotch browning	-	-	-0.720***	0.721***
Pitted blotch browning	-0.205*	0.299**	-0.626***	0.563***
PE film thickness	-0.527***	0.694***	-0.468***	0.561***
Bag area/g fruit	0.717***	-0.614***	-0.708***	-0.648***
Free air volume/g fruit	-0.301***	0.190 <sup>ns</sup>	-0.318**	0.262*

<sup>1)ns, \*, \*\*, \*\*\*</sup>Insignificant or significant at the  $p=0.05, 0.01$  or  $0.001$ , respectively.

**Table 8. Models for prediction of bag dimension and gas concentrations inside PE film bag in MAP storage of 'Fuyu' persimmon fruit**

Dependent variable	Equation	r <sup>2</sup>	MSE
Bag area (mm <sup>2</sup> )	$Y = -4055.707 + 627.993X_1 - 0.701X_1^2$ 85 days after storage	0.986	2,651,335
O <sub>2</sub> concentration (%)	$Y = 11.821 - 0.021X_1 - 0.113X_2^2$	0.674	0.672
CO <sub>2</sub> concentration (%)	$Y = -4.921 + 0.01945X_1 + 0.151X_2$	0.789	0.478
170 days after storage			
O <sub>2</sub> concentration (%)	$Y = 5.798 - 0.0109X_1 - 0.0491X_2$	0.699	0.131
CO <sub>2</sub> concentration (%)	$Y = -2.427 + 0.01927X_1 + 0.09646X_2$	0.664	0.528

<sup>1)</sup>Weight of a fruit (g).

<sup>2)</sup>Film thickness (μm).

지 안에 원하는 산소(0.5-1.0%)나 이산화탄소(6.0-8%) 농도를 유지할 수 있는 PE 필름의 두께(μm)를 산출하는 방법으로 하였다. 주어진 과실 크기에 맞는 봉지의 면적(mm<sup>2</sup>)은 과실의 중량(g)에 대한 2차 단순회귀( $Y = -4055.707 + 627.993X_1 - 0.701X_1^2$ )가 매우 적합하였고, 이 때 PE 필름 봉지 내에 원하는 수준의 산소나 이산화탄소 농도(Y, %)를 유지할 수 있는 PE 필름의 두께를 구하는 회귀식은 과실 중량(X<sub>1</sub>, g)과 봉지 두께(X<sub>2</sub>, μm)의 선형 중회귀(O<sub>2</sub>:  $Y = 5.798 - 0.0109X_1 - 0.0491X_2$ , CO<sub>2</sub>:  $Y = -2.427 + 0.01927X_1 + 0.09646X_2$ )가 가장 적합하였다. 포장 내 산소와 이산화탄소 농도조성에 큰 영향을 미치는 과실 그램 당 봉지면적은 과실의 중량과 공선성의 관계가 존재하여 과중과 두께만을 변수로 사용하였다. 이렇게 구해진 회귀식에 주어진 과실의 중량과 원하는 가스 농도를 입력하면 적정 두께를 산출할 수 있다. 이들 방정식의 상관계수가 매우 높지는 않으나 각 회귀식은 모두 0.1% 수준에서 고도의 유의성을 보였다.

## 요 약

과실의 연화 및 변색이 가장 적게 발생하는 과실 크기별 봉지 규격을 구명하고 이와 더불어 연화 및 변색과 상관관계를 가지는 봉지 내 산소와 이산화탄소 농도와의 관계를 이용하여, 최적 기체 농도가 이루어지도록 PE 필름 봉지의 적정 규격을 모델링하고자 하였다. 다섯 등급으로 선과된 과실(LL:261 g, L:217 g, M:188 g, S:168 g, SS:154 g)을 작업성과 미관을 고려하여 과실과 봉지 사이의 간격을 1-1.5 cm 되게 PE 필름 봉지를 적용시켰을 때, LL은 150 mm, L은 140 mm, M과 S는 130

mm, SS는 120 mm의 봉지 폭에 각각 376 mm, 357 mm, 344 mm, 333 mm, 318 mm의 봉지 길이가 적절하였다. 연화 및 흑변과 갈변 발생을 최소화하는 봉지 내 산소와 이산화탄소 농도는 각각 0.5-1.0%와 6.0-8.0%였으며, 이를 유지할 수 있는 과실 크기별 PE 필름 봉지의 최적두께는 LL은 45 μm, L은 50 μm, M은 55 μm, S는 60 μm, SS는 65 μm로 조사되었다. 주어진 과실 크기에 맞는 봉지의 면적(mm<sup>2</sup>)은 과실의 중량(g)에 대한 2차 단순회귀( $Y = -4055.707 + 627.993X_1 - 0.701X_1^2$ )가 매우 적합하였고, 이 때 PE 필름 봉지 내에 원하는 수준의 산소나 이산화탄소 농도(Y, %)를 유지할 수 있는 PE 필름의 두께를 구하는 회귀식은 과실 중량(X<sub>1</sub>, g)과 봉지 두께(X<sub>2</sub>, μm)의 선형 중회귀(O<sub>2</sub>:  $Y = 5.798 - 0.0109X_1 - 0.0491X_2$ , CO<sub>2</sub>:  $Y = -2.427 + 0.01927X_1 + 0.09646X_2$ )가 가장 적합하였다.

## 문 헌

1. Tarutani T. Effect of some packing materials in the cold storage on the fruit quality 'Fuyu' variety. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 29: 212-218 (1960)
2. Min BY, Oh SL. Studies on the CA storage of sweet persimmon on polyethylene film pack. Korean J. Food Sci, Technol. 7: 128-134 (1975)
3. Kader AA. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technol. 40: 99-104 (1986)
4. Zagory D, Kader AA. Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food Technol. 42: 70-77 (1988)
5. Lee YM, Kwon OC, Cho YS, Park YM, Lee YJ. Effects of oxygen and carbon dioxide concentration in PE film bag on blacken-

- ing and flesh browning disorder during MA storage of ‘Fuyu’ persimmon fruit. J. Korean Soc. Hort. Sci. 40: 585-590 (1999)
6. Lee YJ. Browning disorders of ‘Fuyu’ persimmon fruit caused by low oxygen and low temperature in modified atmosphere storage. J. Korean Soc. Hort. Sci. 42: 725-731 (2001)
  7. Lee YJ. Discoloration disorder as influenced by sealing methods of PE film bag in MAP storage of ‘Fuyu’ persimmon fruit. J. Korean Soc. Hort. Sci. 42: 721-724 (2001)
  8. Park YM, Lee YJ, Kwon OC, Cho YS, Kim TC. Ultra-low oxygen controlled atmosphere induces top flesh browning disorder in ‘Fuyu’ persimmon fruit. Korean J. Hort. Sci. Technol. Supplement(1): 43-48 (2001)
  9. Lee YJ. Developmental aspects and causal factors affecting the incidence of black stain and flesh browning disorder during storage of ‘Fuyu’ persimmon (*Diospyros kaki* T.). PhD thesis, University of Dong-A, Busan, Korea (1998)
  10. Lee YJ. Postharvest technology of ‘Fuyu’ persimmon fruit. Korean J. Hort. Sci. Technol. 18: 904-909 (2000)
  11. Kawada K. Use of polymeric films to extend postharvest life and improve marketability of fruit and vegetables. pp. 87-99. In: Controlled atmospheres for storage and transport of perishable agricultural commodity. Richardson DG, Meheriuk M (ed). Timber Press, Beaverton, OR, USA (1982)
  12. Lee YJ, Lee YM, Kwon OC, Jeong SJ, Lee YB, Cho YS, Park YM, Kim TC. Effects of fruit size and PE film area on skin blackening and flesh browning discoloration in MA storage of ‘Fuyu’ persimmon fruit. J. Korean Soc. Hort. Sci. 41: 71-74 (2000)
  13. Ahn GH, Song WD, Park DS, Lee Y, Lee DS, Choi SJ. 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 (2001)
  14. Ben-Arie R, Zutkhi Y. Extending the storage life of ‘Fuyu’ persimmon by modified-atmosphere packaging. HortScience 27: 811-813 (1992)
  15. Choi JU., Lee JB, Nam JN. Studies on the Biochemical Changes of Sweet Persimmon Fruit by the Storage Methods. KOSEF, Daejeon, Korea (1996)
  16. Lee EJ, Yang YJ. Postharvest physiology and storage disorders affected by temperature and PE film thickness in ‘Fuyu’ persimmon fruit. J. Korean Soc. Hort. Sci. 38: 516-519 (1997)
  17. Park YS, Na TS, Lee KM. Effects of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> treatments within polyethylene film bags on the fruit quality of non-astringent ‘Fuyu’ persimmon fruits during storage. J. Korean Soc. Hort. Sci. 38: 510-515 (1997)
  18. Shin IS, Lee SK, Park YM. Factors involved in discoloration of non-astringent ‘Fuyu’ persimmon fruits. J. Korean Soc. Hort. Sci. 35: 155-164 (1994)
  19. Hernandez RJ, Giacini JR. Factors affecting permeation, sorption, and migration processes in package-products systems. pp. 257-267. In: Food Storage Stability. Taub IA, Singh RP (eds). CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, USA (1997)

---

(2003년 8월 21일 접수; 2004년 8월 10일 채택)