

신선 과채류의 포장에 플라스틱 필름이 이용된 것은 수십년의 역사를 가진다. 가장 간단하게는 구멍이 뚫린 필름으로 과채류를 포장하여 저장, 유통, 판매 과정에서의 수분손실을 줄인 것을 들 수 있다. 이보다 더 발전된 형태가 투과도와 포장단위 등에서 잘 선정된 필름포장을 이용하여 포장내에 적절한 가스조성을 유지시킴으로써 과채류의 호흡과 품질변화속도를 낮추어줌으로써 저장 및 유통기간을 늘여주는 포장이다. 이렇게 포장내에 적절한 환경가스조성을 유지시켜주는 포장을 여기에서는 환경기체조절포장 (controlled/modified atmosphere packaging)이라고 하며, 편의상 MAP로 언급하기도 한다. 국내에서 이러한 MAP가 가장 성공적으로 이용된 예는 폴리에틸렌에 의한 단감의 포장을 들 수 있다.

신선 과채류의 MAP는 적절한 예냉, 전처리 조작과 함께 적절한 투과도의 포장을 선택함에 의하여 적절한 저장성을 확보하는 기술이다. 1970년대 이후에 이 분야에 많은 연구가 진행되어 왔고 최근에 신선도 유지의 문제가 부각되고 절단정선채소의 유통이 늘어나면서 이 분야에 새로운 연구결과의 발표와 함께 신기술의 도입이 눈에 띄게 나타나고 있다. 본고에서는 과채류 MAP 포장의 설계기법을 중심으로 해서 최근의 연구결과들을 소개하고자 한다.

### 1. 신선 과채류의 품질손실 요소 및 포장을 통한 이의 억제

신선 과채류는 호흡 등의 대사과정을 계속 진행하는 살아있는 조직이다. 그리고 어떠한 수확후 처리도 가열과정을 거치지 않는다. 따라서 효소가 기능을 유지하고 있으며 포장을 하거나 저장을 시작하는 시점에 많은 미생물들이 과채류 표면에 존재하고 있다. 수확직후의 신선 과채류 표면의 미생물 오염도는 품목의 특성, 재배 및 수확 조건에 따라서 달라지며 일반적으로  $10^3 - 10^5$ 의 범위에 있는 것으로 보고되고 있다. 그러나 어떤 경우는  $10^2$  범위인 것도 있고 토양과 접촉된 구근류의 경우는  $10^7$ 에 달하기도 한다 [1].

신선 과채류의 수확후 품질손실의 기작은 주로 호흡과 관련된 과숙등의 생리적인 변화, 증산과 관련된 수분손실, 미생물에 의한 부패, 취급과정에서의 물리적인 손상에 기인한다. 이러한 품질손실의 요인은 필연적으로 과채류의 관능적 및 영양적 품질을 저하시키게 된다. 특히 절단 정선 과채류의 경우와 같이 인위적으로 기계적인 스트레스가 가해진 과채류에서는 호흡의 증가와 함께 에틸렌 생성이 증가하고 효소적인 갈변반응과 함께 부패가 빨리 나

타나게 된다. 과채류의 포장이란 적절한 포장에 의하여 호흡, 증산, 부패 등의 이러한 품질변화를 억제하는 것에 초점이 모아지게 된다 [2].

신선 과채류의 품질을 유지시키고 유통기한을 연장시키기 위하여 사용되는 방법에는 호기적인 호흡을 억제시키는 방법, 미생물 오염도를 감소시키고 미생물 성장속도를 감소시키는 방법, 수분손실을 억제하는 방법, 조직에 기계적 손상을 줄이는 방법, 효소반응을 정지시키거나 억제시키는 방법, 추수를 억제하는 방법 등이 사용되고 있다. 이중에 포장과 관련된 방법들을 열거하면 아래와 같다 [2].

- ① 과채류를 동결점이나 저온장해온도 바로 위까지 냉각시키는 방법
- ② 주위의 공기중 산소의 농도를 혐기적인 호흡이 일어나지 않을 정도의 범위에서 최대한 낮추어 주는 것
- ③ CO<sub>2</sub> 장해를 유발시키지 않는 정도에서 주위의 CO<sub>2</sub> 농도를 증가시키는 것
- ④ 주위의 에틸렌 농도를 감소시키는 것
- ⑤ 주위 공기중의 습도를 포장내의 수분응축이 일어나지 않는 범위에서 가급적 높게 유지시키는 것
- ⑥ 미생물 오염도를 감소시키고, 수분손실, 갈변, 연화 등을 방지하기 위하여 화학물질 등으로 처리하거나 표면에 왁스등으로 코팅하는 방법

가스 투과성을 가진 플라스틱 필름을 사용하여 포장내의 가스조성을 변형시키고 제어하는 방법은 과채류의 선도유지와 저장기간 연장을 위하여 많은 가능성을 제공하고 있다. 신선 과채류를 비교적 투과성이 낮은 필름에 포장해 두면 과채류 조직의 호흡의 결과로 인해 산소 농도는 감소하고 이산화탄소의 농도는 증가한다. 종국에 이르러서는 이러한 산소농도의 감소와 이산화탄소의 증가는 포장내의 환경을 혐기적인 조건으로 발생시키고 이는 과채류의 혐기적인 호흡을 유발시켜서, 조직내에 알콜과 알데히드를 축적시키고 따라서 이취를 발생시키게 된다. 산소가 없는 혐기적인 호흡에서는 포도당이 acetaldehyde와 ethanol로 대사되게 된다.

이러한 현상은 보다 투과성이 높은 필름 포장재를 사용함으로써 피할 수 있고 적절한 필름의 선정에 의하여 과채류의 선도유지에 도움이 되는 가스환경조건에 가깝게 도달시키게 된다. 표 1에서는 몇가지 품목의 과채류에 대한 적정 가스조성을 나열하였다 [3]. 그러나 현실적으로 표 1에 나타난 대로의 이상적인 가스조성을 필름포장내에서 얻는 것이 일부의 품목에 한정적으로 가능하고 많은 품목에 대해서 얻어지고 있지 못한 형편에 있다.

표 1 신선 과채류의 선도유지를 위한 환경조건

품목	온도(°C)	환경기체조성		생리장애 유발 가스농도	
		O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	최소O <sub>2</sub> (%)	최대CO <sub>2</sub> (%)
<b>-과일류-</b>					
사과	0	3	3	1	5
배	0	2-4	1	2	2
감	0	3-5	5-8	3	10
복숭아	0	1-2	5	0.25	6
오렌지	1	15	0	5	5
딸기	0	4-10	0-20	1	
바나나	13	2	5	1	8
파인애플	7	2-5	0		
<b>-채소류-</b>					
마늘	-0.5-0	2	3-6		
브로콜리	0	2-5	10		
양배추	0	1-2	5-10		
셀러리	0	1-4			3
오이	8	1-4			5
양상추	0	2-5	0		4
양송이	0	1-2	10-15	0.5	
파	0	2-5	5-10		
토마토	13	3-5	0	2	2
풋고추	8	3-5			5

## 2. 환경기체조절포장의 원리

투과성 플라스틱 필름이나 다른 포장소재를 이용하여 포장내부에 혐기적인 조건을 발생시키지 않으면서 호흡을 충분히 억제시키는 환경조건을 포장내부에 형성시키는 것이 과채류 MAP의 주된 원리이다.

과채류의 온도를 낮추어주는 것 다음으로 MAP는 과채류의 선도보존에 효과적인 제2의 수단으로 평가되고 있다. 10 °C 온도 강하에 의해 호흡속도가 2-3배 감소되고, 적절한 MAP에 의하여 4배까지의 부가적인 호흡속도의 감소를 얻을 수 있다. 그러나 MAP는 적절한 온도관리의 대체수단으로 생각되어서는 안되며 엄격한 온도관리가 필수적임이 인식되어야 한다 [2]. MAP는 적절한 전처리와 온도관리 및 저장조건에서 효과적임이 인식되어야 한다. 과채류의 MAP에서는 포장을 통하여 과채류가 환경과의 상호작용에 의하여 내부의 가스조성이 평형에 도달되며 이로 인하여 호흡을 억제하고, 에틸렌에 대한 감도를 감소시키며, 수분 증산을 억제하고, 미생물 성장의 유도기와 증식기간을 증가시키는 효과를 내게 된다.

MAP의 운전방식에는 두가지를 들 수 있다. 수동형 (passive mode)에서는 단순히 과채류

를 필름포장에 넣고 밀봉하여 과채류의 호흡으로 인하여 포장내의 가스조성이 원하는 산소 및 이산화탄소 농도에 도달되는 방법이다. 반면에 능동형 (active mode)에서는 과채류를 부과성 포장에 담고 포장내부의 공기를 제거시키고 이를 원하는 가스조성의 기체로 치환시키고 곧바로 밀봉하게 된다. 이러한 능동형에서는 가스조성의 제어를 위하여 산소, 이산화탄소, 에틸렌 가스, 수증기에 대한 흡수제를 사용하거나 이산화탄소 발생제를 이용하기도 한다. 또 어떤 경우는 미생물억제제를 사용하기도 한다.

### 3. MAP 포장의 설계요소

MAP포장의 선택이나 설계의 기본적인 목표는 과채류의 호흡과, 필름을 통한 가스의 투과 사이에 균형을 맞추어 주어서 포장내에 적절한 평형가스농도를 얻고 유지시키는 것이다. 이로부터 과채류의 추숙을 억제시키고 이로 인해 저장기간을 연장시킨다. 우선 현실적인 고려나 필요에 따라 과채류의 유통 및 저장온도 및 환경조건이 결정되면 이 조건에서 적정 포장을 얻기 위해서 가능한 설계변수를 조정하게 된다. 이러한 포장을 얻기 위하여 고려되어야 할 인자는 제품인자와 필름포장인자로 구분하여 다음과 같다 [2].

#### 품목인자

- ① 저장온도에서의 호흡속도
- ② 저장온도에서의 호흡상수 (respiratory quotient, RQ)
- ③ 포장내에 존재할 과채류의 무게
- ④ 해당품목에 적절한 산소 및 이산화탄소 농도

#### 필름포장 인자

- ① 저장온도에서 산소, 이산화탄소, 수증기에 대한 필름의 투과도
- ② 가스 투과도에 대한 수분의 영향
- ③ 밀봉된 포장의 전체 표면적
- ④ 포장의 밀봉 완전성
- ⑤ 포장의 빈 공간

방정식 (1) 및 (2)는 필자가 MAP포장의 설계를 위해 자주 사용하는  $O_2$ 와  $CO_2$ 의 물질수지 방정식으로서 미분방정식의 형태이다 [4].

$$\frac{d[O_2]}{dt} = 100 \left\{ \frac{SP_{O_2}(0.21 - [O_2]/100)}{VL} - \frac{Wr_{O_2}}{V} \right\} \quad (1)$$

$$\frac{d[CO_2]}{dt} = 100 \left\{ \frac{SP_{CO_2}(0.00 - [CO_2]/100)}{VL} + \frac{Wr_{CO_2}}{V} \right\} \quad (2)$$

여기서  $[O_2]$ : 산소 농도 (%),  $[CO_2]$ : 이산화탄소 농도 (%),  $L$ : 포장필름의 두께 ( $\mu\text{m}$ ),  $p$ : 대기압 (atm),  $r_{O_2}$ : 산소 소비의 호흡속도 ( $\text{mL}/\text{kg h}$ ),  $r_{CO_2}$ : 이산화탄소 발생의 호흡속도 ( $\text{mL}/\text{kg h}$ ),  $V$ : 포장의 빈 공간 ( $\text{mL}$ ),  $P_{O_2}$ : 포장필름의 산소 투과도 ( $\text{mL } \mu\text{m}/\text{m}^2 \text{ h atm}$ ),  $P_{CO_2}$ : 포장필름의 이산화탄소 투과도 ( $\text{mL } \mu\text{m}/\text{m}^2 \text{ h atm}$ ),  $S$ : 포장의 표면적 ( $\text{m}^2$ ),  $t$ : 시간 (h),  $W$ : 포장내 과채류의 무게 (kg) 이다.

이 미분방정식을 풀면 능동형 MAP 나 수동형 MAP 모두에 대해 포장내의  $O_2$  및  $CO_2$  농도를 시간에 따라 얻을 수 있다. 그리고 평형에서의 가스조성은 위의 식 (1)과 (2)를 풀어 가스 농도의 변화가 없을 때의 가스조성을 얻으면 되고 [5], 또 위의 식들에서  $d[O_2]/dt$  및  $d[CO_2]/dt$ 를 0으로 두고 풀면 다음 식 (3)과 (4)가 되어 이러한 관계로부터 주어진 포장조건에서의 평형가스농도를 얻을 수 있다.

$$r_{O_2} = \frac{SP_{O_2}(0.21 - [O_2]/100)}{WL} \quad (3)$$

$$r_{CO_2} = \frac{SP_{CO_2}([CO_2]/100 - 0.00)}{WL} \quad (4)$$

이러한 과정을 이용한 포장설계에는 호흡의  $O_2$ 와  $CO_2$ 농도에 대한 의존성의 관계가 필요한데 본인은 효소반응속도론에 근거한 식 (5)의 호흡모델을 이용하고 있다 [6].

$$r = \frac{V_m [O_2]}{K_m + (1 + [CO_2]/K_i) [O_2]} \quad (5)$$

여기서  $r$ 은 호흡속도 ( $\text{mL}/\text{kg h}$ )이다. 모델에서는 품목인자인 호흡속도와 호흡상수 ( $RQ$ )의 문제가 해결된다. 표 2에서는 지금까지 보고된 식 (5)에 따른 여러 품목의 한국채소류에 대한 호흡 parameter인  $V_m$ ,  $K_m$ ,  $K_i$ 를 보여주고 있다 [7,8].

표 2 한국 채소류에 대한 호흡모델의 parameter

품목	온도 (°C)	호흡속도 표현	$V_m$ (mL/kg h)	$K_m$ (% O <sub>2</sub> )	$K_i$ (% CO <sub>2</sub> )	참고 문헌
풋고추	10	O <sub>2</sub> 소비	24.36	5.34	3.70	7
		CO <sub>2</sub> 발생	12.73	1.00	2.74	
절단 당근	10	O <sub>2</sub> 소비	27.71	1.15	3.30	7
		CO <sub>2</sub> 발생	15.16	0.82	8.32	
절단 마늘	10	O <sub>2</sub> 소비	35.10	2.30	5.98	7
		CO <sub>2</sub> 발생	24.73	1.06	9.91	
절단 오이	10	O <sub>2</sub> 소비	29.96	4.38	1.27	7
		CO <sub>2</sub> 발생	19.93	3.45	0.71	
냉이	5	O <sub>2</sub> 소비	147.40	2.02	2.13	8
		CO <sub>2</sub> 발생	67.45	1.68	7.76	
달래	5	O <sub>2</sub> 소비	70.18	2.54	3.39	8
		CO <sub>2</sub> 발생	35.17	1.22	13.82	
갯잎	5	O <sub>2</sub> 소비	43.45	3.04	1.58	8
		CO <sub>2</sub> 발생	25.31	3.34	3.82	
도라지	5	O <sub>2</sub> 소비	17.92	31.54	1.54	8
		CO <sub>2</sub> 발생	13.06	15.08	2.11	
인삼	5	O <sub>2</sub> 소비	15.61	18.58	6.49	8
		CO <sub>2</sub> 발생	12.42	4.76	5.35	

#### 4. 최적 포장을 얻기 위하여 제안된 새로운 방법들

##### 4.1 선택적 투과성 필름의 사용

과채류 포장의 내부에 적절한 산소 및 이산화탄소의 농도를 유지하면서 에틸렌 가스의 농도를 낮게 유지하기 위하여 에틸렌의 흡착특성을 가진 ceramic을 플라스틱 포장재에 혼입하여 제조한 필름이 일본을 중심으로 상업화되어 많이 이용되며 우리나라에서도 판매되고 있다. ceramic이 플라스틱에 혼입되어 가공된 필름은 산소, 이산화탄소, 에틸렌가스의 투과도가 높아지게 되어서 포장내부의 산소농도를 높이고 이산화탄소와 에틸렌농도를 낮추어 주는 역할을 하며 에틸렌 가스의 농도를 낮추어주는 것은 과채류의 포장에 유용한 것으로 평가되고 있다 [9-11]. 표 3에서는 ceramic 혼입이 필름의 투과성에 미치는 영향을 보여주고 있다 [10].

표 3 ceramic 혼입필름의 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 의 투과성

필름	0°C에서의 투과도 (mL(STP) mil/hr m <sup>2</sup> atm)		
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
LDPE*	66	222	74
Ceramic 혼입 LDPE	114	572	197

\*Low density polyethylene

##### 4.2 미세 다공성 필름이나 pinhole의 이용

표 1에 제시된 품목별 최적 가스조성을 현실적인 포장조건에서 얻는 것이 불가능한 경우가 많다. 포장내에 과채류의 무게를 증가시키면 얻어지는 평형가스 조성은 O<sub>2</sub> 농도가 감소하고 CO<sub>2</sub> 농도가 증가한다. 그러나 이러한 증가는 플라스틱 필름의 P<sub>O<sub>2</sub></sub>/P<sub>CO<sub>2</sub></sub>에 의존하며 이러한 관계가 그림 1에 잘 나타나 있다 [12]. 포장내에 얻어지는 가스조성은 과채류의 무게와 함께 표 3에 나타난 플라스틱 필름의 절대적인 투과도 [13]에 의해서 달라지기도 하지만 P<sub>O<sub>2</sub></sub>/P<sub>CO<sub>2</sub></sub>에 의해 제한을 받는다. 표 3에 나타난 바와 같이 현실적으로 이용가능한 대부분의

플라스틱 필름의  $P_{O_2}/P_{CO_2}$  는 4-6의 범위에 있으므로 얻을 수 있는 가스조성에는 제한을 받게 된다.

이러한 제한을 없애는 방법으로 핀홀을 이용하는 방법이 제안되고 있으며 [14] 이의 가능성과 효과가 역시 그림 1에 제시되어 있다. 공기의  $P_{O_2}/P_{CO_2}$  는 1.0이기 때문에 핀홀의 크기를 적절히 결합시킴에 의하여 얻을 수 있는 가스조성의 범위를 넓힐 수 있다. 이러한 원리를 시도한 포장이 플라스틱 필름과 미세다공성 필름을 결합시킨 포장시스템이다 [15].

표 4 4 °C에서의 플라스틱 필름의  $O_2$  및  $CO_2$  투과도

필름	$P_{O_2}$	$P_{CO_2}$	$P_{O_2}/P_{CO_2}$
	(mL mil/m <sup>2</sup> h atm)		
Silicone rubber	$1.10 \times 10^4$	$7.13 \times 10^4$	6.5
Ethyl cellulose	$1.55 \times 10^3$	$3.78 \times 10^3$	2.4
천연고무	$9.50 \times 10^2$	$6.72 \times 10^3$	7.1
Polybutadiene	$8.39 \times 10^2$	$7.73 \times 10^3$	9.2
Poly[butadiene -styrene]	$7.36 \times 10^2$	$6.52 \times 10^3$	9.2
Poly[vinylchloride -vinyl acetate]	$2.30 \times 10^2$	$1.40 \times 10^3$	6.1
Polyethylene -low density	$1.20 \times 10^2$	$8.10 \times 10^2$	6.7
Cellulose acetate	$3.90 \times 10^1$	$3.14 \times 10^2$	8.0
Butyl rubber	$3.60 \times 10^1$	$1.60 \times 10^2$	4.4
Rubber hydrochloride	$1.50 \times 10^1$	$3.67 \times 10^1$	2.2
Polyethylene -high density	$1.53 \times 10^0$	$7.40 \times 10^0$	4.8
Polyethylene terephthalate	$1.44 \times 10^0$	$4.93 \times 10^0$	3.4
Polyamide	$8.16 \times 10^{-1}$	$3.84 \times 10^0$	4.7
Polyvinylidene chloride	$4.54 \times 10^{-2}$	$4.63 \times 10^{-1}$	10.2



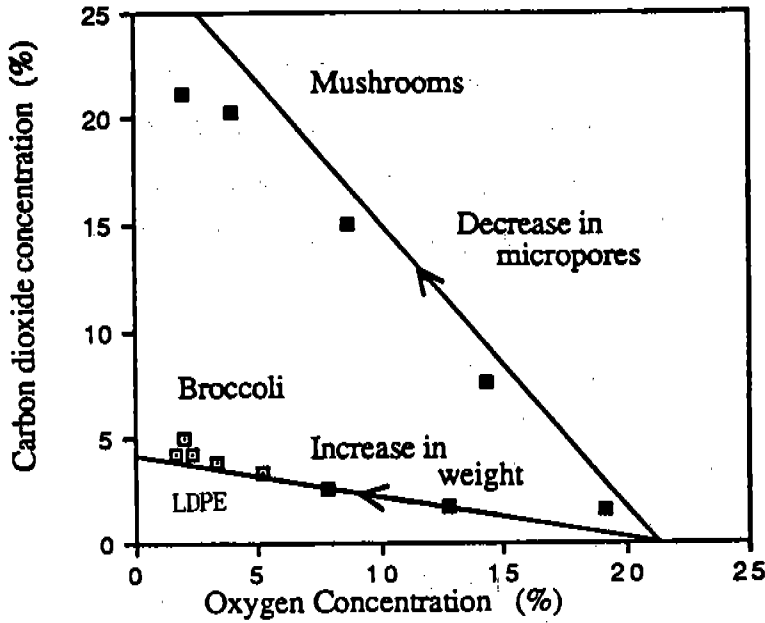


그림 1 필름과 pinhole이 포장내의 평형가스조성에 미치는 영향

#### 4.3 온도보상 필름의 사용

과채류의 호흡은 온도에 따라 크게 달라지며 일반적으로 Arrhenius 방정식인 식 (6)을 따른다.

$$r = r_0 \exp(-E_r/RT) \quad (6)$$

여기서  $T$ 는 절대온도 (K),  $R$ 은 기체상수 (8.314 J/K mol),  $E_r$ 은 호흡의 활성화에너지 (J/mol),  $r_0$ 는 preexponential factor (mL(STP)/kg h)이다.

따라서 설계된 저장온도보다 높아지면 이러한 호흡의 증가로 인하여 포장내의 가스조성은 달라지게 된다. 비록 플라스틱 필름의 투과도도 Arrhenius 방정식 (7)에 따라서 온도증가에 따라 증가하지만 호흡의 증가에 미치지 못한다.

$$P = P_0 \exp(-E_p/RT) \quad (7)$$

여기서  $E_p$ 은 가스투과의 활성화에너지 (J/mol),  $P_0$ 는 가스투과의 preexponential factor

(mL(STP)  $\mu\text{m}^2$  h atm)이다.

표 5 과채류호흡의 온도의존성

품목	활성화에너지 ( $E_a$ , kJ/mol)	
	대기	3% $\text{O}_2$
사과	65.7	-
양배추	54.2	51.7
당근	29.0	-
오이	31.8	23.1
포도	69.6	-
풋고추	48.2	21.1
양상추	77.9	-
양송이	65.5	-
양파	30.4	-
무우	71.4	-
딸기	70.7	65.7
냉이	46.2-52.6	
달래	57.4-53.7	
갯잎	62.3-63.5	
도라지	70.1-63.1	
인삼	57.7-62.9	

표 5와 표 6에서 나타난 바와 같이 호흡의 활성화에너지 ( $E_r$ )가 무과도의 활성화에너지 ( $E_p$ )보다 일반적으로 높기 때문에 저장온도의 증가는 포장내의 이산화탄소의 농도를 높이고 산소농도를 낮추어주며 이로 인하여 혐기적인 호흡을 유발시킬 가능성을 가지고 있다. 이러한 현상이 blueberry의 포장에 대한 Beaudry등 [16]의 실험결과로 확인된다 (그림 2).

유통과정에서 온도의 변화는 일상적으로 많이 경험되는 현상이기 때문에 이러한 온도변화의 조건에서도 포장내 가스환경이 원하는 수준으로 유지되는 것이 바람직하다. 이를 위해서 호흡의 온도의존성과 비슷한 가스투과의 온도의존성을 갖는 플라스틱 필름을 개발하려는 시도가 있었다. 이 필름은 유리전이온도영역에서 플라스틱이 결정성에서 무정형으로 바뀌는 현상을 이용하여 유리전이온도를 조절시킨 플라스틱이며 상업화를 앞두고 있다 [17].

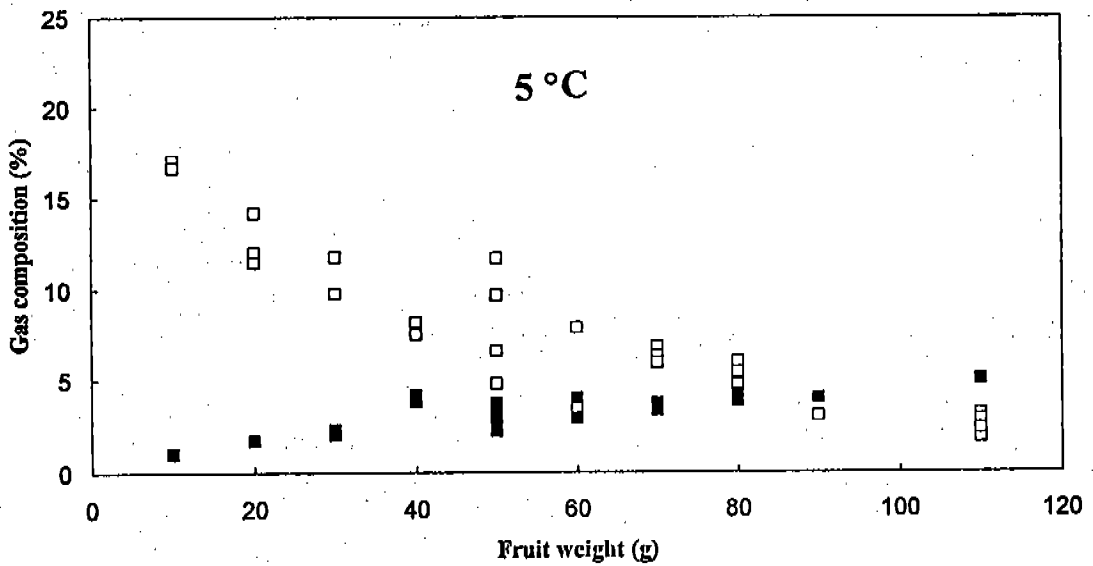
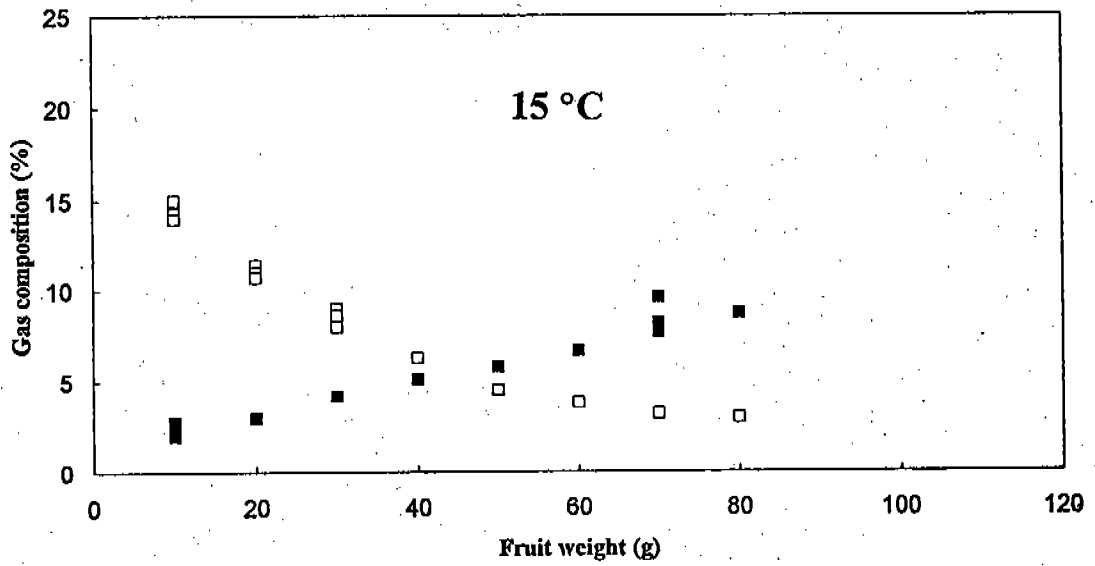
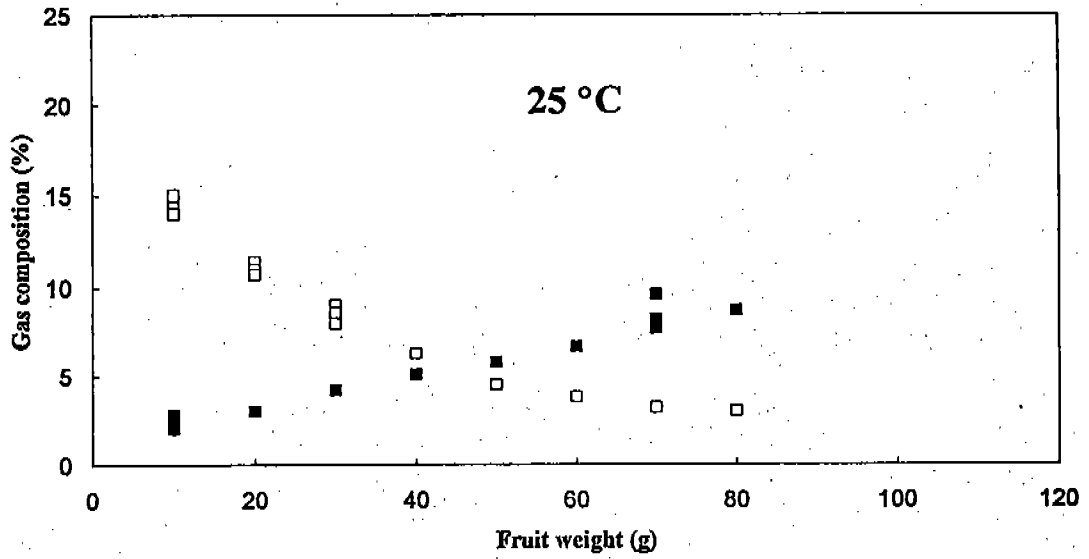


그림 2 blueberry 의 400 cm<sup>2</sup>, 2 mil LDPE 필름 포장내의 평형 O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 농도  
 □, O<sub>2</sub>; ■, CO<sub>2</sub>

표 6 플라스틱 필름의 O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 투과도의 온도의존성

필름	활성화에너지 (E <sub>a</sub> , kJ/mol)	
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
Silicone rubber	8.4	0.0
Ethyl cellulose	16.7	5.9
천연고무	31.4	25.5
Polybutadiene	29.7	21.8
Poly[butadiene -styrene]	30.5	23.8
Poly[vinylchloride -vinyl acetate]	40.6	34.3
Polyethylene -low density	43.1	34.3
Cellulose acetate	20.9	29.7
Butyl rubber	44.7	41.4
Rubber hydrochloride	35.1	36.0
Polyethylene -high density	35.1	30.1
Polyethylene terephthalate	26.8	25.9
Polyamide	43.5	40.6
Polyvinylidene chloride	66.5	51.5

참고문헌

1. Brackett, R.E. and Splittstoesser, D.F.: Fruits and vegetables. In "Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods", ed. by Vanderzant, C. and Splittstoesser, D.F., American Public Health Association, Washington, D.C., pp.919-927 (1992)
2. Schlimme, D.V. and Rooney, M.L.: Packaging of minimally processed processed fruits and vegetables. In "Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables", ed. by Wiley, R.C., Chapman & Hall, New York, pp.135-182 (1994)
3. 박무현, 이동선, 이광호: 식품포장학. pp.294-300 (1994)
4. Hayakawa, K., Henig, Y.S. and Gilbert, S.G.: Formulae for predicting gas exchange of fresh produce in polymeric film package. J. Food Sci., 40, 186-191 (1975)
5. Lee, K.S., Woo, K.L. and Lee, D.S.: Modified atmosphere packaging for green chili

- peppers. *Packaging Technol. Sci.* 7, 51-58 (1994)
6. Lee, D.S., Hagggar, P.E., Lee, J. and Yam, K.L.: Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based on principles of enzyme kinetics. *J. Food Sci.*, 56(6), 1580-1585 (1991)
  7. Lee, D.S., Lee, K.S., Park, I.S. and Yam, K.L.: Analysis of respiration characteristics of low CO<sub>2</sub> tolerance produces for designing modified atmosphere package. *Foods Biotechnol.*, 3(2), 99-103 (1994)
  8. Kwon, H.R. and Lee, D.S.: Respiration characteristics of five Korean fresh vegetables. *Foods Biotechnol.* 3(4), in press (1994)
  9. 박형우: 과실, 채소류의 modified atmosphere 포장재 개발에 관한 연구. 고려대학교 박사학위 논문 (1993)
  10. Lee, D.S., Hagggar, P.E. and Yam, K.L.: Application of ceramic-filled polymeric films for packaging fresh produce. *Packaging Technol. Sci.*, 5(1), 27-30 (1992)
  11. Joyce, D.C.: Evaluation of a ceramic-impregnated plastic film as a postharvest wrap. *HortScience*, 23, 1088 (1988)
  12. Mannapperuma, J.D. and Singh, R.P.: Micromodel optimization of modified atmosphere vegetable/fruit packaging. *Proceedings of the International Conference on Controlled/Modified Atmosphere/Vacuum Packaging-CAP90*. San Jose, Calif., January 17-19 (1990)
  13. Exama, A., Arul, J., Lencki, R.W., Lee, L.Z. and Toupin, C.: Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *J. Food Sci.*, 58(6), 1365-1370 (1993)
  14. Mannapperuma, J.D. and Singh, R.P.: Design of perforated polymeric packages for the modified atmosphere storage of fresh fruits and vegetables. Presented at 1994 IFT annual meeting, paper #21-8, June 25-29, Atlanta, Georgia, USA (1994)
  15. Anderson, H.S.: Controlled atmosphere package. United States Patent #4842875 (1989)
  16. Beaudry, R.M., Cameron, A.C., Shirazi, A. and Dostal-Lange, D.L.: Modified-atmosphere packaging of blueberry fruit: effect of temperature on package O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 117(3), 436-441 (1992)
  17. Anonymous: Temperature compensating films for produce. *Prepared Foods*, September, (1992)