

총 설

신선 농산물의 마스터 포장 시스템

이동선*

경남대학교 식품생명학과

Master Packaging System of Fresh Produce

Dong Sun Lee*

Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Changwon 631-701, Korea

Abstract Properly designed plastic packages of fresh produce can preserve the quality by maintaining the optimal modified atmosphere (MA) at optimal low temperature conditions, but cannot do so at temperature abuse conditions in retail stage due to occurrence of injurious package atmosphere coming from imbalance between respiration and package gas permeation. Master packaging system consisting of a double-layered secondary package wrapping several individual (primary) packages has been proposed and applied recently to the commodities of sweet persimmon, king oyster mushroom, chestnut and strawberry. The master (secondary) pack is designed to be stored and distributed under chilled temperature, and then dismantled when moved to the retail display from the presale chilled storage. The master packaging system taking into consideration temperature dependence of produce respiration and package gas transfer was looked into with examination of its design variables to maintain the beneficial MA. Mathematical model was provided to help the design of master packaging system creating the desired MA. Its benefits of quality preservation and its limitations in practices of fresh produce marketing were discussed. Further research direction to extend the applicability of the produce master packaging system was presented.

Keywords Food supply chain, Individual package, Secondary packaging, Package atmosphere, Temperature

농산물 마스터 포장 시스템의 개념

신선 농산물의 저장성을 향상시키고 유통기한을 연장하는 수단으로서 내부에 적절한 변형기체를 유지하는 변형기체포장(modified atmosphere packaging, MAP)이 플라스틱 포장재를 사용하여 효과적으로 적용될 수 있다. 저온의 저장조건에서 적절한 투과특성을 가진 플라스틱 필름 조건으로 농산물을 포장하여 품목에 적당한 변형기체(modified atmosphere, MA)를 형성하는 것이 MAP의 핵심적 원리이다. 그런데 신선 농산물이 수확되어 포장된 이후에 유통 단계에 온도가 일정하게 유지되지 못하고 변하는 경우가 많아서 특정 온도 조건에서 설계된 MAP가 원하는 MA 조성

을 지속적으로 유지하지 못하는 문제가 발생한다. 유통 과정에서의 일정하지 못한 온도관리가 빈번함은 이미 보고된 바 있다¹⁾. 대부분 저장 및 수송 단계에서는 일정 조건의 저온으로 유지되다가도 판매단계에서는 판매처의 특성에 따라 상대적으로 온도가 높아지는 경우가 많다²⁾. 유통 중의 온도변이에 대해서 기체투과도를 제어하기 위하여 온도반응형 플라스틱 필름이나 통기구(미세천공)가 제안되어 일부 실용화되어 있으나, 비용 등의 문제 등으로 인하여 현실화되지 못한 형편에 있다³⁾.

그런데, 많은 농산물의 포장은 개별 1차 포장이 골판지 박스에 2차 포장된 조건으로 이루어지며, 1차 포장과 2차 포장의 적정 조합적 설계와 운영에 의하여 저온 저장 및 증가된 온도에서의 판매단계에서 적정 기체조성을 유지하고 아울러 품질보존의 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 유통 배송 과정에서의 여러 동적 온도변화를 감안한 1차/2차 포장의 통합적 설계에 의하여 전체 저장/유통 과정에서 적절한 포장내부 환경을 유지할 수 있는 가능성을 가

*Corresponding Author : Dong Sun Lee
Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Changwon 631-701, Korea
Tel : +82-55-249-2687, Fax : +82-505-999-2171
E-mail : dongsun@kyungnam.ac.kr

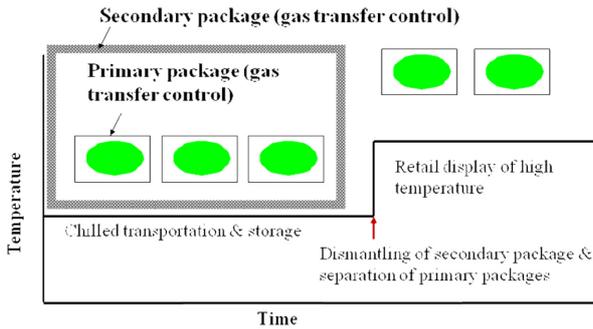


Fig. 1. Concept of master packaging applicable to fresh produce supply chain. Adapted from Jeong et al.⁴⁾.

진 포장의 개념으로서 마스터 포장(master packaging)이 제안된 바 있다⁴⁾. 즉, 1차 포장을 포함한 2차포장으로 구성된 마스터 포장시스템으로서 수송 및 저장 과정에서 저온에서 유지되다가, 고온의 소매 판매 단계에서 2차포장이 해체되고 1차포장의 개별단위로 진열되는 물류유통과정으로 설계할 수 있다(Fig. 1). 저온으로 유지되는 저장 및 수송 단계에서는 1차 포장이 2차 포장 안에 위치되어서 농산물에 대한 기체 차단층이 두 층으로 되어서 비록 낮은 호흡에서도 포장 내에 적절한 MA를 형성시킬 수 있고, 상대적으로 높은 온도의 유통 판매 단계에서는 2차 포장에서 1차 단위 개별포장을 분리하면 기체 차단층이 한 겹으로 되어 기체투과이동이 증가하여 높아진 호흡속도에서도 적정 MA를 유지할 수 있다. 이러한 1차/2차 포장이 연계된 마스터 포장 시스템은 육류포장에서 많이 시행되고 있었다. 4-12개의 소매용 개별포장을 담은 2차 포장 내에는 미생물적 품질억제가 가능한 고 CO₂ 농도를 유지시키다가 소매 진열단계에서는 2차 포장을 해체하고 개별포장을 진열시키게 된다^{5, 6)}. 개별포장은 높은 기체투과성 필름을 사용하여 진열 후에는 높은 산소 농도로의 노출로 인한 육의 밝은 적색의 유지가 가능하다. 이런 육류의 마스터 포장에서는 저장/수송 단계에서 유지하는 기체조성과 판매 단계에서의 노출 기체조성을 다르게 유지하는 반면에 신선 농산물 마스터 포장 시스템에서는 전 유통 과정에서 농산물 주위에 비교적 동일한 MA를 형성시키고자 하는 점에서 특징을 가지고 있으며, 새롭게 제안된 개념이다.

적정한 농산물 마스터 포장의 설계는 온도에 따른 농산물 호흡을 고려하여 설계되어야 하지만, 시장에서는 경험적으로 1차/2차 결합 포장이 유통되고 있는 경우가 있으며 Fig. 2에서는 그 한 예를 보여주고 있다. 큰 골판지 박스에 liner 내포장에 담겨진 포도의 소단위 포장이 판매장에서 분리되어 공기 중에 노출되어 소비자가 구매할 수 있게 된다. 이런 관행적 1차/2차 결합이 존재하는 현실은 제안된 마스터 포장 시스템의 상업적 실현가능성을 보여주는 것으로 생각



Fig. 2. An example of combination of individual (primary) and secondary packages in produce market.

된다.

여기에서는 최근에 제안된 신선 농산물의 마스터 포장 시스템의 특성 및 한계와 함께 앞으로의 연구방향을 살펴보고자 한다.

농산물 마스터 포장의 특징

신선 농산물의 마스터 포장은 유통단계에서의 온도변화에 대응하기 위하여 기체 차단층을 제어한 것으로 해석할 수 있다(Fig. 3). 즉, 온도가 낮은 저온 저장 및 수송 단계에서는 농산물의 낮은 호흡으로부터 기체변형을 얻기 위하여 두 겹 플라스틱 필름에 의한 기체차단층을 마련하고, 상대적으로 온도가 올라간 판매 단계에서는 하나의 기체차단층을 제거하여 증가된 농산물 호흡에 대응하여 높은 기체이동이 얻어질 수 있도록 고안하고 있다. 전자의 저온 단계와 후자의 고온 단계 모두에서 플라스틱 필름 차단층은 해

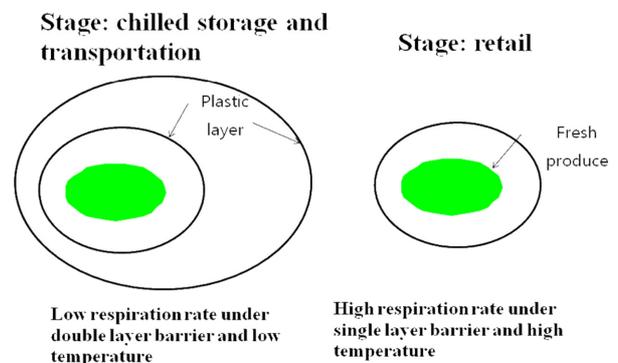


Fig. 3. Schematic principles describing the relationship among respiration, gas barrier and temperature in the logistic stages of master packaging system.

당 조건에서의 호흡과 균형을 이루는 조건이어야 한다.

마스터 포장 시스템의 설계를 위하여 저온 저장 중의 개별 포장 및 2차 포장에서의 기체물질수지를 이용할 수 있다. 2차 포장 내에 자리한 개별 포장에서 통기구(미세천공)를 포함한 필름의 기체 이동과 농산물 호흡을 결합시킨 물질수지는 식 1~3으로 표현할 수 있다⁷⁻⁹⁾. 식 1, 식2, 식3은 개별 포장에 대한 각각 O₂, CO₂, N₂ 기체의 물질수지식으로서 포장의 부피는 일정하게 유지되는 조건을 전체로 구성되었다. 그리고 각 방정식의 첫 항목은 통기구(미세천공)를 통한 기체이동을, 두 번째 항은 플라스틱 필름층을 통한 투과를, 마지막 항은 압력차에 따른 통기구(미세천공)를 통한 기체이동을 나타낸다. 식 1과 2의 세 번째 항은 호흡에 의한 각각 산소 소비와 이산화탄소 생산을 나타낸다.

$$\frac{dn_{1,O_2}}{dt} = \frac{N_{1,p}D_{O_2}A_{1,p}(p_{2,O_2} - p_{1,O_2})}{L_{1,p} + \delta_1} \quad (1)$$

$$+ \frac{\bar{P}_{1,O_2}A_{1,f}(p_{2,O_2} - p_{1,O_2})}{L_{1,f}} - WR_{O_2}$$

$$+ \frac{\pi(d_{1,p})^4(p_{2,t} - p_{1,t})p_{p,O_2}}{128\mu L_{1,p}RT}$$

$$\frac{dn_{1,CO_2}}{dt} = \frac{N_{1,p}D_{CO_2}A_{1,p}(p_{2,CO_2} - p_{1,CO_2})}{L_{1,p} + \delta_1} \quad (2)$$

$$+ \frac{\bar{P}_{1,CO_2}A_{1,f}(p_{2,CO_2} - p_{1,CO_2})}{L_{1,f}} + WR_{CO_2}$$

$$+ \frac{\pi(d_{1,p})^4(p_{2,t} - p_{1,t})p_{p,CO_2}}{128\mu L_{1,p}RT}$$

$$\frac{dn_{1,N_2}}{dt} = \frac{N_{1,p}D_{N_2}A_{1,p}(p_{2,N_2} - p_{1,N_2})}{L_{1,p} + \delta_1} \quad (3)$$

$$+ \frac{\bar{P}_{N_2}A_{1,f}(p_{2,N_2} - p_{1,N_2})}{L_{1,f}} + \frac{\pi(d_{1,p})^4(p_{2,t} - p_{1,t})p_{p,N_2}}{128\mu L_{1,p}RT}$$

여기서 각 부호에 대해서는 n: 분자수, t: 시간, N: 통기구 수, D: 확산계수, L: 두께, A: 면적, \bar{P} : 기체투과도, W: 농산물 무게, d: 통기구의 직경, δ : 기체저항 보정 인자(1.1d), p: 분압 혹은 압력, R: 호흡속도 혹은 기체상수, T: 절대온도, p_{p,O_2} , p_{p,CO_2} , p_{p,N_2} 는 $p_{2,t} > p_{1,t}$ 의 경우에는 2차 포장 내의 각 기체분압이고 다른 경우에는 개별(1차) 포장 내의 각 기체분압이다. 각 부호에 있는 하첨자는 1은 개별(1차) 포장을, 2는 2차 포장을 O₂는 산소를 CO₂는 이산화탄소, N₂는 질소, p는 통기구, f는 필름 부분을 나타내고, t는 전체 기체를 표현한다.

1차 개별포장을 담은 2차 포장 혹은 마스터(master) 포장은 1차/2차 포장 사이의 기체이동, 외부와의 기체이동으로 각 기체 물질수지를 다음 식 4~6과 같이 정립시킬 수 있

다. 2차 포장에서 기체투과가 충분하지 못할 때에는 N_{2,p}개의 통기구(미세천공)를 두게 하며 본 모델에 포함시켰다.

$$\frac{dn_{2,O_2}}{dt} = -U \left\{ \frac{N_{1,p}D_{O_2}A_{1,p}(p_{2,O_2} - p_{1,O_2})}{L_{1,p} + \delta_1} \right. \quad (4)$$

$$+ \left. \frac{\bar{P}_{1,O_2}A_{1,f}(p_{2,O_2} - p_{1,O_2})}{L_{1,f}} \right\} + \frac{N_{2,p}D_{O_2}A_{2,p}(p_{a,O_2} - p_{2,O_2})}{L_{2,p} + \delta_2}$$

$$+ \frac{\bar{P}_{2,O_2}A_{2,f}(p_{a,O_2} - p_{2,O_2})}{L_{2,f}} + \frac{\pi(d_{2,p})^4(p_{a,t} - p_{2,t})p_{p,O_2}}{128\mu L_{2,p}RT}$$

$$\frac{dn_{2,CO_2}}{dt} = -U \left\{ \frac{N_{1,p}D_{CO_2}A_{1,p}(p_{2,CO_2} - p_{1,CO_2})}{L_{1,p} + \delta_1} \right. \quad (5)$$

$$+ \left. \frac{\bar{P}_{1,CO_2}A_{1,f}(p_{2,CO_2} - p_{1,CO_2})}{L_{1,f}} \right\}$$

$$+ \frac{N_{2,p}D_{CO_2}A_{2,p}(p_{a,CO_2} - p_{2,CO_2})}{L_{2,p} + \delta_2}$$

$$+ \frac{\bar{P}_{2,CO_2}A_{2,f}(p_{a,CO_2} - p_{2,CO_2})}{L_{2,f}} + \frac{\pi(d_{2,p})^4(p_{a,t} - p_{2,t})p_{p,CO_2}}{128\mu L_{2,p}RT}$$

$$\frac{dn_{2,N_2}}{dt} = -U \left\{ \frac{N_{1,p}D_{N_2}A_{1,p}(p_{2,N_2} - p_{1,N_2})}{L_{1,p} + \delta_1} \right. \quad (6)$$

$$+ \left. \frac{\bar{P}_{1,N_2}A_{1,f}(p_{2,N_2} - p_{1,N_2})}{L_{1,f}} \right\} + \frac{N_{2,p}D_{N_2}A_{2,p}(p_{a,N_2} - p_{2,N_2})}{L_{2,p} + \delta_2}$$

$$+ \frac{\bar{P}_{2,N_2}A_{2,f}(p_{a,N_2} - p_{2,N_2})}{L_{2,f}} + \frac{\pi(d_{2,p})^4(p_{a,t} - p_{2,t})p_{p,N_2}}{128\mu L_{2,p}RT}$$

여기서 U는 2차 포장에 포함된 개별 포장 단위의 수이고 p_{p,O_2} , p_{p,CO_2} , p_{p,N_2} 는 $p_{a,t} > p_{2,t}$ 의 경우에는 외기에서의 각 기체분압이고 다른 경우에는 2차포장 내의 각 기체분압을 나타낸다. 그리고 하첨자 a는 외기 조건을 의미한다.

2차 마스터 포장된 조건에서 냉장 저장 및 수송의 과정에서는 위의 미분방정식 1~6의 풀이에 의하여 개별 1차포장 및 외부 마스터 포장인 2차 포장에 대한 기체조성의 예측이 가능하다. Kwon 등⁷⁾에 의하면 식 1~6의 마지막 항인 압력차에 대류흐름 기체이동은 계산의 단순화와 안정성을 위하여 무시할 수 있는 것으로 분석된 바 있다. 식 1~6의 풀이에 의하여 포장 해체 전에 저온저장에 있는 개별/2차 포장으로 구성된 마스터 포장 시스템에 대한 포장 기체조성의 변화를 예측할 수 있다(Fig. 4). Fig. 4에서의 딸기 포장의 예를 보면, 0°C 저온저장에서 마스터 포장 내에 위치한 개별 포장은 2차 포장에 비해 낮은 O₂ 농도와 높은 CO₂ 농도를 보이고 저장기간의 경과와 함께 딸기 품질 보존에 적절한 MA(O₂ 농도 5~10%/CO₂ 15~20%)^{3,10)}에 가까운 기체조성을 유지할 수 있는 것으로 나타났다.

그리고 2차 포장의 해체 후의 판매단계에서는 개별 포장

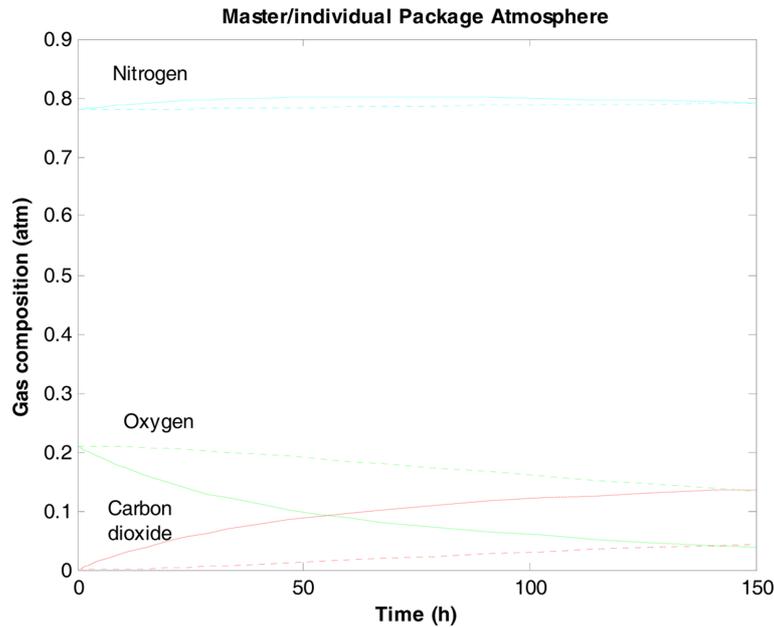


Fig. 4. An example of atmosphere estimation for master package containing 6 individual primary packages of 500 g for strawberry at 0°C. Dotted lines are for master package of 30 μm low density polyethylene and solid ones for individual 30 μm polypropylene packages of 3 microperforations of 100 μm .

으로 분리되어 대기 조건에 노출되기 때문에 식 1~3을 외기 조건에 대해서(즉 하첨자 2에 해당되는 기체분압과 압력이 대기조건임) 풀면 내부의 포장기체조성을 예측할 수 있다. 다만 이 조건에서는 온도가 높아져서 O_2 소비와 CO_2 생산에 의한 호흡의 영향이 커지게 된다. 해당 판매 온도조건에서의 농산물 호흡특성과 포장의 기체이동특성을 적용시켜야 한다는 점에 유의하여야 한다.

농산물 마스터 포장에서의 설계변수

신선 농산물 주위에 적정 MA를 형성하는 마스터 포장 시스템의 설계에서는 개별 단위 포장과 2차 포장의 조건이 유통단계의 온도에 따라서 결정되어야 한다. 따라서 마스터 포장 시스템의 설계는 이들 상호간의 관계 하에서 이루어져야 한다. Table 1에서는 마스터 포장 시스템의 설계 고려요소를 열거하고 있다. 여러 설계변수의 조합에 대해서 앞의 식 1~6이 사용되어 저장 유통 과정에서의 기체조성을 예측하고, 이 결과를 이용하여 적정 MA 조성을 형성하는 포장

조건을 결정할 수 있을 것이다. 하지만 농산물의 호흡특성은 품종, 속도, 수확시기 등에 달라질 수 있는 경우가 많기 때문에 예측결과를 이용하여 가능한 조건을 선별한 후 실제적인 포장실험을 통하여 점검 혹은 보완할 필요가 있다.

유통단계에서의 고려요소는 각 단계의 저장온도와 소요되는 시간이 있으며, 이에 따라서 농산물의 호흡과 포장 내에서 기체조성이 영향을 받는다(Table 1). 개별포장에서는 각 포장에 담긴 농산물 무게, 포장필름의 종류와 조건, 포장의 용적 등이 포장 기체조성 변화에 영향을 주게 되고 따라서 설계변수가 된다. 마스터 포장에서도 개별포장에서와 같이 내부의 개별포장단위에 의해 결정되는 농산물 무게, 포장필름의 종류와 조건, 포장의 용적 등이 설계변수가 된다. 마스터 포장에서는 부가적인 설계변수로서 내부에 기체 흡수제 및 수분 흡수제를 포함시킬 수도 있다.

많은 경우의 농산물 포장에서 플라스틱 필름은 기체투과도가 너무 낮아서 포장 내에 적정 MA을 얻는 데에 어려움이 따르는데, 이를 극복하기 위하여 포장에 통기구(미세 천공)를 포장에 만들어준다. 즉, 통기구 조건에 따라서 형

Table 1. Design factors in master packaging system of fresh produce

Logistic factors	Master (secondary) pack	Individual (primary) pack
Temperature Duration of each stage	Number of individual packs (total weight) Packaging film (material, thickness, surface area, and perforation size and numbers) Volume Gas and moisture absorbers	Produce weight Packaging film (material, thickness, surface area, and perforation size and numbers) Volume

성될 수 있는 기체조성이 얻어질 수 있고, 이는 저장온도에 따라 달라진다. 저장온도 및 통기구 조건에 따라서 기체조성을 예측할 수 있는 함수적 관계 확립이 시도된 바 있으며, 270 g 단위 딸기의 30 μm 폴리프로필렌 필름 포장에 대해서 온도와 통기구 수에 대한 관계식이 식 7과 같이 확립될 수 있었다¹¹⁾.

$$[O_2] = 8.870 - 0.809 T + 0.978 N \quad (7)$$

여기서 $[O_2]$ 는 평형조건의 산소 농도(%), T는 저장온도(°C), N은 89 μm 크기의 통기구 수이다.

그리고 또 통기구를 가진 포장에서 평형조건의 이산화탄소 농도($[CO_2]$)는 호흡상수(respiratory quotient)가 1인 조건에 대해서 $[O_2]$ 와 기율기 1에 가까운 직선적 관계를 가지며^{3,9,12)}, 이러한 관계는 온도에 무관하게 포괄적으로 적용될 수 있음이 실험적으로 확인되었다(Fig. 5). 즉 $[CO_2]$ (%)는 호기적 호흡이 유지되는 정상적 MAP 조건 하에서 $[O_2]$ (%)와 단순한 직선 관계가 성립하는 것으로 보고되었다.

$$[CO_2] = 1.008 \times (20.160 - [O_2]) \quad (8)$$

이러한 비슷한 접근이 밤의 마스터 포장에서도 확인된 바 있다¹³⁾. 따라서 판매온도 및 통기구 수와 포장기체조성의 상호관계를 확립하고, 이를 이용하여 포장설계와 함께 판매조건을 계획할 수 있을 것으로 생각된다.

다만, 마스터 포장 내의 기체조성에는 개별포장의 통기구 조건은 그다지 영향을 미치지 아니하고, 개별포장의 기체조성은 통기구의 수에 영향을 받는 점에 유의하여 저온 저장/수송 조건을 설계할 수 있을 것이다^{13,14)}. 즉, 마스터 포장 내에 위치한 개별포장에 대해서도 산소 농도와 이산화탄소 농도 사이에는 직선적인 관계가 있음이 확인된 바 있고, 이는 판매전 단계 저온저장에서도 포장설계 시에 도움이 될

수 있다.

마스터 포장 시스템의 이점과 한계

저온저장과 판매 단계에 적절히 맞추어서 설계된 마스터 포장 시스템에 의하여 유통의 전체 과정에서 농산물 주변에 바람직한 MA 조성을 유지할 수 있음이, 밤, 버섯, 단감, 딸기에 대해서 확인된 바 있다^{4,13-16)}. 그리고 이러한 조건은 중량감소, 생리장해, 색택, texture, 영양성분 보존, 미생물적 품질, 관능적 품질의 측면에서 품질변화를 억제하여 농산물의 신선도를 보존하는 데에 긍정적으로 기여할 수 있음을 확인시켜 주었다.

하지만 마스터 포장 시스템의 이러한 긍정적인 효과는 저온저장 및 판매단계의 온도 조건에 맞게 설계된 포장조건에 의해서 이루어질 수 있다는 점을 유념하여야 한다. 현재 많은 경우 농산물 유통체인에서 온도관리가 적절히 일정한 수준으로 관리되지 못하고 그때그때 달라지는 경우가 많은데, 이는 마스터 포장 시스템의 설계를 어렵게 한다. 그리고 마스터 포장 시스템의 적용을 위해서는 설계 개념에 맞는 유통관행의 변화와 조화가 필요하다. 해당 업계에서 이 시스템의 이점을 충분히 이해하고 적극적인 관행변화를 실현하여야 잠재적 이익의 실현이 가능할 것이다. 이를 위해서는 연구자 및 업계와의 지속적인 의사소통으로 개념이해, 문제점의 파악과 해결, 구체적 실천으로의 진전이 이루어져야 할 것으로 생각된다. 이런 점에서 현장과 접목된 대단위 실증연구가 도움이 될 것으로 생각된다. 즉, 대단위에서 산업현장에서의 적용성과를 포장업체와 유통업체 등 유통체인의 관련 당사자들이 경험한다면, 긍정적인 태도를 가지고 접근할 수 있을 것이다. 또한 수학적 모델을 이용한 설계에서의 체계적 접근도 마스터 포장의 적용범위를 확대시키는 데에 기여할 것이다. 이 부분에서는 농산물 품목에 대한 호흡 데이터의 지속적인 축적이 요구된다. 마스터 포장의 적용성을 확대시키는 데에 기체(O_2 , CO_2 , 휘발성분) 혹은 수분의 흡수제를 사용하여 추가적인 선도유지의 기능성을 부여할 수도 있을 것이다.

요 약

신선 농산물의 필름포장은 적정의 저온저장 시에는 적정 변형기체조건 유지로 품질유지가 양호하나, 상대적으로 온도가 높은 판매유통단계에서는 적정조건의 유지가 어려워 품질손실이 발생한다. 저온저장과 판매유통단계에서 농산물 주위에 적정 변형기체(modified atmosphere, MA)조성을 유지하는 개별(1차)포장/2차 포장의 결합 및 해체 개념을 설계한 마스터 포장 시스템이 최근에 제안되고, 단감, 큰느타리 버섯, 밤, 딸기에 대해서 적용된 바 있다. 온도에 따라 다른

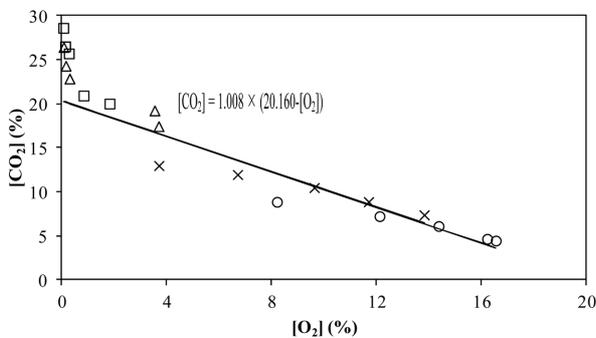


Fig. 5. Relationship between O_2 and CO_2 concentrations of strawberry packages (270 g unit) with different microperforation numbers. Different symbols denote different temperatures of simulated retail display. Adapted from Jo et al.¹¹⁾.

농산물의 호흡과 포장의 기체이동 현상의 상호관계를 이용한 마스터 포장 시스템의 개념을 체계화하고, 적정 MA 유지를 위한 설계변수의 조합을 살펴보았다. 바람직한 포장기체조성을 형성 유지할 수 있는 마스터 포장 시스템의 설계를 위한 수학적 모델이 제시되었다. 아울러 마스터 포장 시스템의 이점과 함께 적용을 위한 한계에 대해서 논의하였다. 마스터 포장 시스템의 적용 확대를 위한 미래의 연구방향을 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 융복합연구센터지원사업에 의하여 이루어졌음(Project #710003-1).

참고문헌

- Nunes, M.C.N., Emond J.P., Rauth M., Dea S. and Chau K. V. 2009. Environmental conditions encountered during typical consumer retail display affect fruit and vegetable quality and waste. *Postharvest Biol. Tec.* 51: 232-241.
- Rediers, H., Claes M., Peeters L. and Willems K.A. 2009. Evaluation of the cold chain of fresh-cut endive from farmer to plate. *Postharvest Biol. Tec.* 51: 257-262.
- Yam, K.L. and Lee D.S. 1995. Design of modified atmosphere packaging for fresh produce. In: *Active Food Packaging*. Rooney, M.L. (ed). Blackie Academic and Professional, London, pp. 55-73.
- Jeong, M., An D.S., Ahn G.H. and Lee D.S. 2013. Master packaging system for sweet persimmon applicable to produce supply chains. *Postharvest Biol. Tec.* 86: 141-146.
- Gill, C.O. and Jones T. 1994. The display life of retail-packaged beef steaks after their storage in master packs under various atmospheres. *Meat Sci.* 38: 385-396.
- McMillin, K.W., Huang N.Y., Ho C.P. and Smith B.S. 1999. Quality and shelf-life of meat in case-ready modified atmosphere packaging. In: *Quality Attributes of Muscles Foods*. Xiong, Y.L., Ho C.-T. and Shahidi F. (eds). Kluwer Academic, New York, pp. 73-93.
- Kwon, M.J., Jo Y.H., An D.S. and Lee D.S. 2013. Applicability of simplified simulation models for perforation-mediated modified atmosphere packaging of fresh produce. *Math. Probl. Eng.* 2013: Article ID 267629.
- González-Buesa, J., Ferrer-Mairal A., Oria R. and Salvador M.L. 2009. A mathematical model for packaging with micro-perforated films of fresh-cut fruits and vegetables. *J. Food Eng.* 95: 158-165.
- Paul, D.R. and Clarke R. 2002. Modeling of modified atmosphere packaging based on designs with a membrane and perforations. *J. Membrane Sci.* 208: 269-283.
- Sandhya. 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: current status and future needs. *LWT - Food Sci. Technol.* 43: 381-392.
- Jo, Y.H., An D.S. and Lee D.S. 2013. Gas composition of micro-perforated individual package in master packaging system of strawberries. *J. Food Agri. Environ.* 11(3&4): 289-293.
- Mannapperuma, J.D. and Singh R.P. 1994. Modeling of gas exchange in polymeric packages of fresh fruits and vegetables. In: *Minimal Processing of Foods and Process Optimization*. Singh, R.P. and Oliveira F.A.R. (eds). CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 437-458.
- Kim, H.K., An D.S., Lee S.J. and Lee D.S. 2012. Dependence of individual primary package atmosphere on retail display temperature and micro-perforations in a master packaging system for chestnuts. *J. Food Agri. Environ.* 10(3&4): 168-172.
- Jeong, M., An D.S., Lee S.J. and Lee D.S. 2011. A master packaging system for preserving strawberries in the fresh produce supply chain. *J. Food Agri. Environ.* 9(3&4): 114-117.
- Jeong, M., An D.S., Lee S.J. and Lee D.S. 2012. The quality of king oyster mushrooms stored with a master packaging system consisting of inner individual packs and an outer liner bag to be dismantled at a retail display. *Food Sci. Technol. Res.* 18: 535-541.
- Ahn, G.H., Jeong M., An D.S. and Lee D.S. 2012. Quality preservation of sweet persimmon by using master packaging system. In *Proceedings, Shelf Life International Meeting*. The Italian Scientific Group of Food Packaging, Changwon, Korea, 67-71.