

Cold chain 유통을 위한 절단신선채소류의 가공 및 포장방법 개발

이동선* · 권호령* · 박우포**

(*경남대학교 식품공학과, **마산전문대학 식품영양과)

Processing and Packaging of Precut Fresh Vegetables for Marketing in Cold Chain System

Lee, Dong-Sun* · Kwon, Ho-Ryoung* · Park, Woo-Po**

*Dept. of Food Engineering, Kyungnam Univ., 449 Wolyoung-dong, Masan City, 631-701, Korea

**Dept. of Food and Nutrition, Masan Junior College, Yongdam-ri,
Naeseo-myun, Changwon-kun, 634-850, Korea

Abstract

Effect of chlorine treatment in preparation of precut fresh vegetables was investigated, and then optimal packaging conditions of these products at 5°C were designed and tested. Chlorine treatment on cut water cress and onion could effectively reduce the initial microbial load of the produces without significant quality loss, however optimal chlorine concentration differed with produce. The effectiveness of chlorine treatment was limited to the short term storage of precut vegetables. Respiration characteristics of vegetables and gas permeabilities of available plastic films were used to design tentative optimal packages of prepared vegetables. In the storage of designed packages, package constructed of low density polyethylene showed 15 day shelf life for cut water cress, and tray packages wrapped with polyvinylchloride and linear low density polyethylene gave 15 day shelf life for cut onion. Shelf life determining quality factor depended on the produce and package conditions.

I. 서 론

세계적으로 건강에 대한 관심이 높아지고 신선식품에 대한 기호가 상승하면서 채소류 식품에 대한 소비는 꾸준히 증가하고 있다. 우리나라의 경우를 보더라도 1970년에 국민 1인당 연간 채소류 소비가 59.9kg이던 것이 1990년에는 129.9kg에 이르고 있다.¹⁾ 미국의 경우도 과일과 채소류의 소비가 늘고 있으며, 이중에서도 신선 채소류의 소비가 크게 증가하고 있다.²⁾

최근에 들어 소비자들은 채소류 소비에 있어 신선도와 함

께 편의성을 요구하고 있으며, 이로 인해 등장한 일련의 제품이 소위 '최소 가공 채소류'(minimally processed vegetables, partially processed vegetables)이다. 이들 제품은 채소류를 세척, 박피, 절단, 살균, 수세 등의 과정을 거친 후 포장하여 냉장 유통시켜서 채소류가 싱싱한 상태로 유지되게 하면서도 다른 처리 없이 가정에서 바로 조리, 혹은 소비하도록 하여 편의성을 부여한 제품으로서 여기서는 '절단 신선 채소류'(precut fresh vegetables)라고 이름하고자 한다. 이들 제품은 미국, 일본, 유럽 등에서 하나의 독립된 식품군으로 자리를 잡아가고 있으며 앞으로도 계속 신장이 기대되고 있다.³⁻⁵⁾ 특히 이런 채소류 제품에서는 신선도의 유지가 생명

이며 장거리 수송에 따른 선도 저하가 심하므로 생산지와 소비지가 가까워야 하고, 비교적 유통기간이 짧고 철저한 유통관리가 필요하기 때문에 국내 농산물이 이용되어야 하므로 수입 자유화의 앞 속에서도 외국 농산물에 대한 국내 산 채소류의 경쟁력을 제고시키는 기능이 있다.⁶⁾ 즉, 신선도 유지가 아주 중요하며 유통 기한이 짧은 절단 신선 채소류는 외국 농산물에 비하여 상대적으로 경쟁력이 있어서 국내 농산물의 경쟁력을 향상시켜줄 수 있을 뿐만 아니라 산지 농협 등에서 이에 필요한 가공 처리를 함으로써 신선 채소류의 부가가치를 제고시킬 수 있고 이는 농가소득 증대에 기여할 것이다.

하지만 이러한 절단 신선채소류는 여러가지 제한점과 문제점이 있다. 우선 소비의 편의성을 위해 채소를 절단함으로써 여러가지 생리적 변화속도를 빠르게 하고, 미생물에 대한 저항성을 저하시켜서 그대로의 채소에 비하여 품질 열화가 빠르고 유통기한이 짧다.⁷⁻¹⁰⁾ 이러한 문제를 해결하기 위해서는 채소류를 절단한 다음 살균 과정을 통하여 표면에 있는 미생물의 수를 줄이고, 절단후 일어날 수있는 여러가지 생리적 변화속도를 낮추기 위해서는 냉장 온도에서 유통시켜야 한다. 그리고 적절한 포장에 의하여 유통과정에서 외부로부터 오염을 막으면서 신선도가 오래 유지되도록 하여야 한다. 신선도가 유지되는 절단채소류 포장에는 적절한 투과성을 가진 포장필름을 선정하여 포장내부의 가스조성을 변형시키는 환경기체조절포장 (modified atmosphere packaging)이 많이 이용되고 또 그 가능성이 크다. 따라서 본 실험에서는 우리나라에서 절단채소로 많이 이용될 수 있는 가능성을 가진 품목에 대해서 가공 중 세척시 살균제의 처리 효과와 함께 신선도 유지를 위한 환경기체조절포장의 효과를 연구하였다.

여러 가지 요리의 부재료로 많이 사용되면서도 물이 많은 논에서 재배되므로 미생물의 오염도가 높아 저장성이 낮은 뿐만 아니라 다듬는 데 시간이 많이 걸리는 미나리와 여러 겹의 껍질이 있어서 요리에 사용하기 위해서는 껍질을 벗기고 자르는 등의 노력이 많이 드는 양파에 대해서는 세척공정에서 화학적인 살균의 효과와 함께 포장의 효과를 실험에 의해 검토하였다. 이외에 파 (대파, 옥파), 콩나물에 대해서는 호흡을 측정하고 이로부터 필름의 투과성 데이터를 결합하여 computer simulation에 의하여 적정포장조건을 제시하고자 하였다. 콩나물은 절단된 신선채소의 형태는 아니지만 정선채소로서 많이 이용되므로 본 연구에서 부분적으로 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용한 미나리, 양파, 파 (대파, 옥파)는 실험 당일 마산의 시장에서 구입하여 사용하였다. 콩나물은 풀무원식품 (주)에 의해서 판매되는 유태로부터 재배된 콩나물을 사용하였다.

미나리는 불순물을 제거하고 뿌리에서 2 cm 정도 윗부분을 자른 다음 2회 세척하고, 30분간 방치하여 물을 뺀 후에 5 cm의 길이로 자르고, salad spinner로 1분간 탈수하였다. 양파는 껍질을 벗기고 뿌리 부분을 제거한 후 흐르는 물에서 씻은 다음 paper towel로 물기를 제거하고 이등분한 다음 5mm의 두께로 잘랐다. 파는 불순물 제거 후 박피, 세척하고 1 cm 길이로 절단하고 salad spinner로 1분간 탈수시켰다. 콩나물은 이미 세척된 것으로 구입되어서 이물질을 제거한 후 그대로 사용하였다.

2. 절단신선채소의 염소살균 가공처리실험

가. 염소용액의 제조

증류수에 sodium hypochlorite를 용해시킨 다음 A. O. A. C. 의 방법¹¹⁾으로 available chlorine의 값을 측정하여 원하는 염소 농도로 조정하였다.

나. 염소처리 및 처리된 채소의 저장실험

절단 미나리와 양파를 각각 50g 씩 취하여 제조된 염소용액에 1분간 담근 후 탈수하였다. 처리된 채소에 대하여 총균수, ascorbic acid, 표면색도를 측정하였다.

염소처리된 채소의 저장 중 품질변화를 보기 위하여 염소처리를 끝낸 시료 50 g을 발포 polystyrene tray 용기 [크기: 16 cm x 12 cm (미나리), 7.5 cm x 13 cm (양파)]에 담고 LLDPE wrap 필름 (Clean Wrap, Table 7 참조)으로 stretch wrapping하여 5 °C에서 저장하면서 시간에 따라 품질을 측정하였다.

3. 절단신선채소의 포장실험

일반적인 슈퍼마켓의 냉장보관 온도가 5°C이므로 절단신선채소의 포장실험은 이 온도에서 수행하였다.

가. 절단신선채소의 호흡특성측정

포장의 설계에 필요한 5℃에서 채소의 호흡특성을 Haggard 등¹²⁾과 Yam 등¹³⁾의 방법에 의하여 폐쇄계 방법에 의하여 측정하였다. 이 방법에 의하면 산소 소비 및 이산화탄소 발생의 호흡속도를 O₂ 및 CO₂의 함수로 다음 식 (1)¹⁴⁾로 표현할 수 있으며 이 방정식에서 호흡특성 parameter인 V_m, K_m, K_i를 구할 수 있다.

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

나. 포장필름의 투과도 측정

절단신선채소류를 포장할 수 있는 포장필름으로서 시중에서 구할 수 있는 것에 대해서 5℃에서 산소와 이산화탄소의 투과도를 Karel 등¹⁵⁾의 준등압방법에 의하여 측정하였다. 즉, 포장필름을 투과하여 측정 cell 내부에 축적되는 가스의 양을 측정하고 이를 시간의 함수로 도시하여 얻은 기울기로부터 식 (2)에 의하여 투과도를 얻었다.

$$P = \frac{I_s}{\Delta p} \dots\dots\dots (2)$$

산소 및 이산화탄소 농도의 측정은 Hewlett Packard 5890A 가스크로마토그래피에 의하였다. 사용된 칼럼은 Alltech CTR 1 칼럼으로 헬륨을 carrier gas 로 사용하였다.

다. 절단신선채소 포장의 설계 및 저장실험

각 품목의 채소에 대하여 품질유지에 적절한 포장을 설계하고자 하였다. 5인단위의 가족이 한번의 조리에서 소비할 수 있는 양의 포장단위에 대하여 적정포장을 설계하고자 하였다. 적정포장이라함은 최적의 변형된 가스조성을 비교적 짧은 시간내에 포장내에 형성하는 포장을 의미한다. 포장내의 가스조성의 예측을 위하여 채소의 호흡특성과 포장필름의 투과도 데이터를 Hayakawa 등¹⁶⁾의 식 (3) 및 (4)에 대입하고 이를 풀었다. 포장의 평형 가스조성은 포장내 각각 산소 혹은 이산화탄소의 농도변화가 0.1%/d 이하로 되었을 때의 값으로 얻었고 이 때의 시간을 평형도달시간으로 얻었다.

$$\frac{d[O_2]}{dt} = 100 \left\{ \frac{SF_{O_2}(0.21 - [O_2]/100)p}{VL} - \frac{WR_{O_2}}{V} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{d[CO_2]}{dt} = 100 \left\{ \frac{SF_{CO_2}(0.00 - [CO_2]/100)p}{VL} - \frac{WR_{CO_2}}{V} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

위의 방정식 (3) 및 (4)에 필요한 빈공간 (free volume)을 알기 위해서 LDPE, CPP, OPP와 같이 파우치모양으로 사용될 수 있는 포장필름에 대해서는 해당되는 포장을 만들고 이에 1ml의 CO₂를 주사하고 곧바로 희석되는 비율을 가스크로마토그래프로 측정하였다. LLDPE와 PVC와 같이 tray에 wrap 필름으로 이용될 수 있는 포장에 대해서는 채소를 포함시킨 포장을 제조하고 tray에 물을 채워서 빈공간을 측정하였다.

방정식 (3) 및 (4)의 풀이로부터 환경기체조절포장이 유지시켜야 하는 목표가스조성을 얻고자 하였다. 본 연구에서 취급하는 채소품목에 대해서는 최적 가스조성이 문헌에 밝혀져 있지 아니하므로 일반적으로 정선채소류의 환경기체 조절포장에서 신선도 유지의 효과가 있고 채소류의 고 이산화탄소 장해 및 저 산소 장해를 받지 않는 O₂ 2~8%, CO₂ 2~5%에 가깝게 이르는 포장을 설계하고자 하였다.^{17,18)}

이렇게 얻은 포장설계로부터 미나리와 양파에 대해서 몇 개의 포장을 제조하고 이를 5℃, 습도 90%의 조건에서 저장하면서 시간에 따른 품질변화를 측정하였다.

4. 절단신선채소의 품질측정

가. 총균수

멸균한 Waring blender에 멸균 증류수 150ml을 붓고 처리한 시료를 넣은 다음 3분간 마쇄하고 500ml로 희석하였다. 0.1% peptone수로 필요한만큼 희석하고 PGA 배지 (Difco Laboratories)에 도말하여 35℃에서 48시간 혹은 25℃에서 72시간 배양한 후 총균수를 측정하였다.^{19,20)}

나. Ascorbic acid 함량의 측정

A.O.A.C.의 방법¹¹⁾으로 측정하였다. Waring blender에 metaphosphoric acid-acetic acid 혼합액과 증류수를 각각 75ml씩 부은 후 시료를 넣어 3분간 마쇄하고, 여과지 (Whatman No. 2)를 사용하여 여과한 후 250ml까지 희석한 용액중 20ml을 취하여 indophenol 용액으로 적정한 값을 ascorbic acid 함량으로 계산하였다.

다. 표면색도

시료를 색차계(Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 시료 표면의 L, a, b 값을 측정하였다. 측정은 10반복으로 수행하고 평균값으로 데이터를 보고하였다.

라. 당도

양파를 착즙하여 착즙액에 대해서 굴절당도계에 의하여 가용성 고형분을 Brix 농도로 측정하였다.

마. 관능검사

6명의 훈련된 관능요원에 의하여 5점 척도의 기호도 검사에 의하여 향미와 외관을 검사하였다. 유의성 검정은 Duncan의 다중비교법에 의하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 절단채소의 가공시 염소처리의 효과

미나리는 물이 많은 논에서 자라며 대부분이 물속에 잠겨 있으므로 미생물의 오염 정도가 심할 것으로 생각되나 양파는 여러 층의 껍질로 둘러싸여 있으며 실험을 하기 위하여 미생물의 오염 정도가 심한 바깥 껍질 부분을 제거하므로 시료에 남는 미생물의 수는 그다지 많지 않을 것으로 생각

Table 1. Total microbial count of cut produces treated with chlorine solutions of different concentrations.

Produce	Chlorine solution concentration (ppm)	Total microbial count [log(cfu/g)]
Water cress	0	7.5
	50	6.9
	100	6.7
	300	6.2
	500	6.6
	1,000	5.9
Onion	0	1.7
	10	<1.0
	30	<1.0
	50	<1.0
	100	<1.0

되었다. 따라서 양파에 비하여 미나리의 경우에 높은 농도의 염소용액으로 처리하였다.

여러 농도의 염소용액으로 처리한 미나리 및 양파의 총균수는 Table 1과 같았다. 염소용액을 처리하지 않은 미나리는 $10^{7.5}$, 양파는 $10^{1.7}$ 로 나타나 양파에 비하여 미나리에 있는 미생물의 수가 많음을 알 수가 있었다. 미나리는 염소 농도 50ppm으로 처리한 시험구부터 총균수가 감소하였으며, 염소의 농도가 높아짐에 따라 총균수는 대체적으로 줄어들었다. 양파는 무처리구의 총균수가 적었으므로 10ppm 정도의 염소 용액 처리만으로도 총균수는 10^1 이하로 줄어들었다.

Table 2. Ascorbic acid content of cut produces treated with chlorine solutions of different concentrations.

Produce	Chlorine solution concentration (ppm)	Ascorbic acid (mg/100g)
Water cress	0	8.77
	50	8.93
	100	9.15
	300	7.55
	500	7.75
	1,000	5.65
Onion	0	3.00
	10	2.73
	30	2.59
	50	2.47
	100	2.41

염소처리에 따른 ascorbic acid 함량은 Table 2와 같았다. 미나리는 염소 무처리시 8.77mg/100g에서 100ppm까지 처리시 약간 가하였으나, 그 이후에는 염소의 농도가 높을수록 대체적으로 비타민 C의 양이 작아지는 것으로 나타났다. 양파의 경우는 염소를 처리하지 않은 시험구의 값이 3.0mg/100g이었으며 염소의 농도가 높을수록 ascorbic acid의 양이 작아지는 것으로 나타났다. 이와 같이 염소를 처리할 경우 ascorbic acid가 줄어드는 것은 염소 자체가 강한 산화작용을 지니고 있기 때문에 염소용액에 시료를 담구었을 때 시료에 존재하는 ascorbic acid의 일부가 산화되기 때문이라 생각된다.

Table 3. Effect of chlorine treatment on surface color of cut produces

Produce	Chlorine solution concentration(ppm)	surface color		
		L	a	b
Water cress	0	43.73	-14.00	19.78
	50	43.12	-14.53	19.04
	100	43.37	-13.78	19.25
	300	46.10	-15.42	22.07
	500	46.74	-15.47	22.27
	1,000	46.18	-14.89	21.13
Onion	0	67.46	-3.75	5.07
	10	69.28	-3.10	4.93
	30	67.03	-2.99	4.69
	50	68.09	-3.81	5.17
	100	67.80	-2.98	4.38

염소처리에 따른 표면색도는 Table 3과 같았다. 미나리와 양파 모두 염소 처리구가 밝은 정도를 나타내는 L값이 약간씩 증가하였으나 염소의 양이 많아짐에 따른 뚜렷한 경향은 보이지 않았다. 이와 같이 L값이 증가하는 것은 염소가 갖는 표백작용 때문이라고 생각되며, 염소의 처리구간의 차이가 그다지 크지 않은 것은 이러한 표백작용의 영향보다는 시료가 가지는 본래의 색도 차이가 더 크기 때문이라 생각된다. 미나리는 염소 처리구가 갈색의 정도를 나타내는 b값이 약간씩 높게 나타났는데, 이는 염소 등의 작용에 의하여 엽록소가 나타내는 녹색의 일부가 퇴색했기 때문에 나타나는 현상이라고 생각된다. 양파의 경우는 염소의 처리로 b값이 감소한 것으로 나타났는데 염소의 표백작용으로 양파의 표면이 희어졌기 때문이라 생각된다.

이상의 절단 미나리와 양파의 염소처리 결과로 볼 때 적정농도의 염소처리에 의하여 품질에 큰 손실없이 초기의 미생물 오염도를 줄일 수 있는 것으로 판단된다. 염소처리의 적정농도는 절단 미나리에서 100 ppm이며, 절단 양파에서는 10 ppm으로 나타났다. 즉, 채소의 초기 미생물 오염도와 염소에 대한 민감성에 따라 최적 염소농도는 채소품목에 따라 달라지게 된다.

2. 염소처리가 절단채소의 저장 중 품질변화에 미치는 영향

5℃에서 저장하면서 측정된 절단 미나리의 총균수 변화는 Fig. 1과 같았다. 저장 초기에는 대체적으로 염소 농도가 높은 용액으로 처리한 시험구일수록 총균수가 작게 나타났으나, 시간이 경과함에 따라 시험구간의 차이가 점점 줄어들었으며 5일경에는 염소의 처리 농도와 관계없이 모든 시험구의 총균수가 거의 비슷하게 되었다. 그 이후에는 염소 처리구의 총균수가 오히려 염소를 처리하지 않은 시험구에 비하여 높았다. 절단 양파의 저장 중 총균수 변화는 Fig. 2와 같았다. 염소를 50ppm 처리한 시험구의 경우는 저장 5일에도 무처리구에 비하여 총균수가 작았으나 다른 시험구는 높게 나타났으며, 그 이후에도 염소 처리구의 총균수가 무처리구에 비하여 높았다. 미나리와 양파의 염소 처리 후 저장 시의 총균수 변화를 보면 저장 초기에는 염소의 살균작용으로 시료의 표면에 있는 미생물이 어느 정도 죽기 때문에 무처리구에 비하여 총균수가 작았으나 저장 기간이 길어지면 오히려 많게 나타났다. 이는 염소 용액에서 채소를 처리할 때 염소에 의해 채소 조직의 일부가 손상되어 미생물의 증식에 유리한 조건이 되었기 때문이라고 생각된다. 이것은 처리염소의 농도가 높은 절단 미나리의 경우 5일 이후에 염소의 농도가 높은 시험구일수록 총균수가 높게 나타난 결과로도 뒷받침될 수 있다.

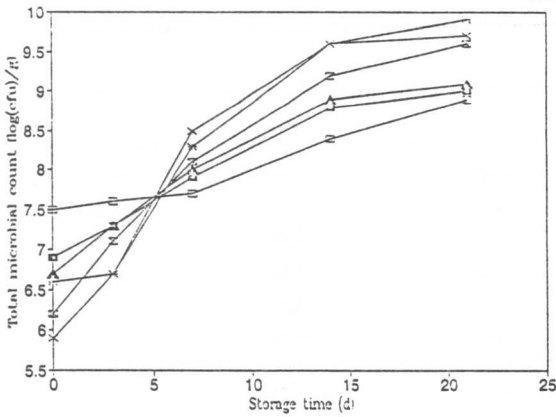


Fig. 1. Effect of chlorine treatment on total microbial count of cut water cress stored at 5°C. Chlorine concentrations of treated solution: \square —, control; \blacksquare —, 50ppm; \blacktriangle —, 100ppm; \times —, 300ppm; $*$ —, 500ppm; $*$ —, 1,000ppm.

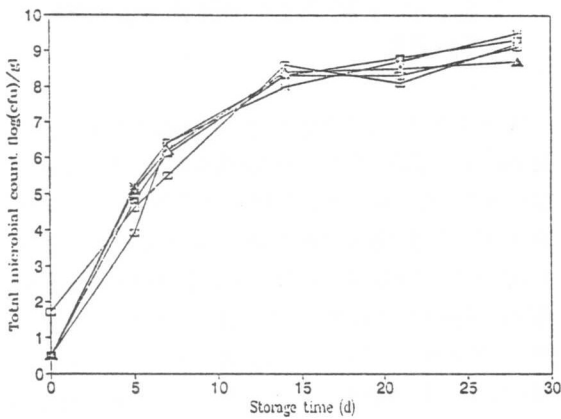


Fig. 2. Effect of chlorine treatment on total microbial count of cut onion stored at 5°C. Chlorine concentrations of treated solution: \square —, control; \blacksquare —, 10ppm; \blacktriangle —, 30ppm; \times —, 50ppm; $*$ —, 100ppm.

Marlatt등²¹⁾은 당근을 sodium hypochlorite로 처리한 후 저장하면 원래 당근의 표면에 존재하는 상처와 같은 자국 부분이 표백되어 희어졌다가 결국에는 우묵하게 들어가면서 검게 변하고, sodium hypochlorite의 조직손상작용으로 인하여 당근이 미생물의 침입을 막을 능력이 저하되어 무처리구에 비하여 sodium hypochlorite의 처리구가 부패가 더 심하였다고 보고하였다. 그러나 長谷川등²²⁾의 절단된 양배추에 대한 실험에서는 sodium hypochlorite의 처리 농도가 높은

시험구의 세균수가 저장 중에도 적은 것으로 나타나 실험조건과 실험에 사용하는 시료에 따라 그 효과는 조금씩 다르게 나타남을 알 수가 있었다.

절단 미나리의 저장 중 ascorbic acid 함량 변화를 보면 전반적으로 염소의 처리 농도가 높을수록, 저장기간이 길어질수록 ascorbic acid의 함량은 낮게 나타났다 (Fig. 3). 저장 3일경까지는 염소 50ppm, 100ppm 처리구가 무처리구와 큰 차이를 나타내지는 않았으나 그 이후에는 100ppm 처리구의 값이 급격하게 감소하였다. 또한 300ppm 이상 처리구는 7일경에 이르면 무처리구에 비하여 약 1/2정도의 ascorbic acid만 남게 되었다. 반면에 절단 양파의 ascorbic acid 함량 변화는 Fig. 4와 같이 저장기간이 길어짐에 따라 ascorbic acid의 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 염소 처리직후에는 무처리구의 함량이 가장 많았으나 저장 기간이 길어짐에 따라 시험구간의 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았다. 이러한 증가경향은 저장 21일경까지 지속되었으나 그 이후에는 줄어드는 것으로 나타났다. 신선 채소류의 저장 중 ascorbic acid의 증가현상은 꽃고추에 대해서도 나타나며²³⁾ ascorbic acid 함량 변화는 채소의 품목 및 숙도 등에 따라서 달라지는 것으로 보인다.

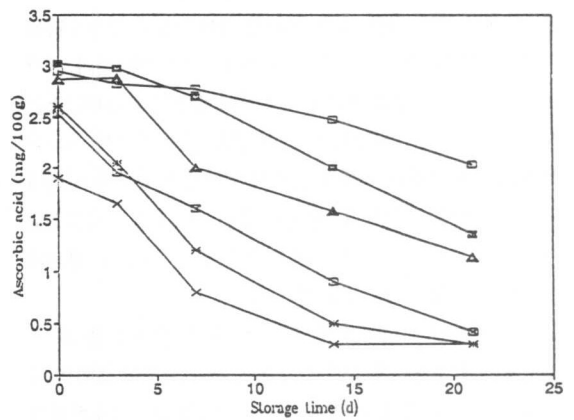


Fig. 3. Effect of chlorine treatment on ascorbic acid content of cut water cress stored at 5°C. Chlorine concentrations of treated solution: \square —, control; \blacksquare —, 50ppm; \blacktriangle —, 100ppm; \times —, 300ppm; $*$ —, 500ppm; $*$ —, 1,000ppm.

저장 중 절단 미나리의 표면색도 변화는 Table 4와 같았다. 염소 100ppm 처리까지는 저장 기간이 경과함에 따라 L값이 대체적으로 증가하였으나 300ppm 이상 처리구에서는 저장 기간이 경과하면 오히려 L값이 대부분 감소하는 것

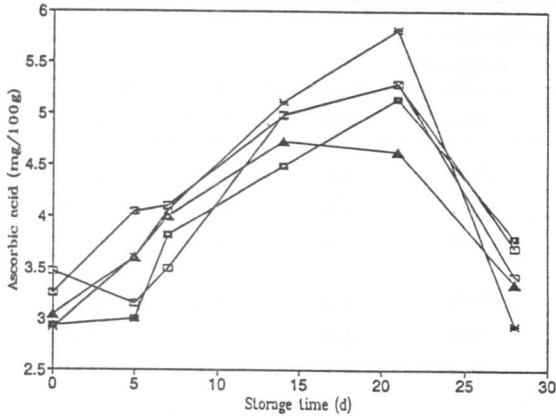


Fig. 4. Effect of chlorine treatment on ascorbic acid content of cut onion stored at 5°C. Chlorine concentrations of treated solution: □, control; ■, 10ppm; ▲, 30ppm; ◻, 50ppm; *, 100ppm.

으로 나타났다. 이는 고농도의 염소 처리에 의한 염소의 조직손상작용의 결과로 미나리의 일부가 변질되었기 때문

이라 생각된다. L값이 감소함과 더불어 a값이 증가하는 것으로 보아 미나리의 원래 녹색이 퇴색한다는 것을 알 수가 있다. 절단 양파의 저장 중 표면색도 변화는 Table 5에 나타나 있다. 처리구간의 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았으나 저장 21일까지는 대체적으로 모든 시험구의 L값이 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 28일에는 L값이 급격하게 낮아지는 것으로 나타나 ascorbic acid 변화의 결과와 더불어 양파의 품질이 현저하게 저하되는 시기임을 알 수가 있었다. 시험구간에 약간의 차이는 있으나 b값은 저장 기간 중에 계속적으로 증가하는 것으로 나타나서 절단 후 저장하면 계속적으로 갈변이 진행됨을 보여주고 있다.

염소처리된 절단 미나리와 양파의 저장 실험 결과로 볼 때 적정농도의 염소처리에 의하여 품질에 큰 손실 없이 초기의 미생물 오염도를 줄일 수 있지만 이러한 효과는 저장초기에 국한되며, 저장기간이 길어지면 오히려 미생물 번식과 화학적 품질변화에서 나쁜 영향을 주는 것으로 생각된다. 그리고 이러한 경향은 염소처리농도가 높을수록 현저하였다.

Table 4. Change in surface color of cut water cress treated with different concentration chlorine solutions during storage at 5°C.

Chlorine concentration (ppm)	Surface color index	Surface color index for storage time				
		Initial	5 days	7 days	14 days	21 days
0	L	51.87	52.29	54.47	55.24	51.83
	a	-14.01	-14.01	-12.58	-14.64	-14.16
	b	26.87	27.12	27.12	27.67	24.78
50	L	50.78	53.80	55.49	56.30	54.43
	a	-14.71	-13.67	-14.03	-14.70	-14.34
	b	28.52	29.17	29.30	29.15	27.18
100	L	51.34	54.84	51.61	54.61	55.44
	a	-14.43	-14.47	-13.17	-13.73	-12.36
	b	28.20	29.53	27.11	27.31	26.74
300	L	54.68	52.27	54.09	48.86	46.24
	a	-15.10	-12.78	-12.71	-9.28	-7.98
	b	28.50	26.96	27.97	23.91	20.87
500	L	54.82	52.19	50.08	46.75	43.19
	a	-15.47	-13.86	-9.53	-3.99	-1.25
	b	28.11	27.50	23.87	19.11	19.31
1,000	L	54.77	52.66	50.95	45.20	42.71
	a	-14.90	-13.84	-8.49	-3.45	-5.33
	b	28.83	28.73	25.78	18.74	21.36

Table 5. Change in surface color of cut onion treated with different concentration chlorine solutions during storage at 5°C.

Chlorine concentration (ppm)	Surface color index	Surface color index for storage time					
		Initial	5days	7days	14days	21days	28days
0	L	72.29	74.77	71.15	75.22	73.56	65.47
	a	-1.84	-1.96	-1.78	-1.70	-2.26	-2.49
	b	4.82	5.10	5.31	5.62	6.79	8.50
10	L	70.66	73.28	71.05	71.10	72.36	62.32
	a	-2.29	-1.86	-1.82	-2.07	-2.05	-1.37
	b	6.34	4.83	6.04	6.76	8.06	7.67
30	L	70.18	74.82	73.18	73.81	72.34	65.66
	a	-1.96	-1.82	-1.71	-2.18	-1.94	-1.88
	b	5.34	4.91	5.75	7.70	7.29	8.72
50	L	71.90	73.82	73.94	74.44	74.24	63.40
	a	-1.92	-1.81	-1.99	-1.81	-2.05	-1.93
	b	5.59	4.94	6.40	6.00	7.53	9.26
100	L	72.35	74.98	72.26	73.94	73.05	60.17
	a	-2.11	-1.67	-1.87	-1.99	-2.11	-1.91
	b	6.04	4.75	6.30	6.46	7.64	8.10

3. 절단신선채소의 호흡특성

여러 절단 및 정선 채소의 호흡특성을 앞의 방정식 (1)로 표현되게 구한 호흡 parameter들을 Table 6에 제시하였다. 이 호흡 parameter를 식 (1)에 대입함으로써 포장내의 환경에서의 O₂ 및 CO₂ 농도의 변화에 따라 절단 및 정선 채소의 호흡속도를 예측할 수 있고 이로부터 포장내 적정 가스 조성을 얻기 위한 포장을 설계할 수 있다. Yam등¹³⁾과 Lee등²⁾은 두개의 closed system에 의해서 측정된 호흡특성을 환경 기체조절포장의 포장내 가스조성의 예측에 이용할 수 있음을 보인 바 있다. 따라서 본 연구에서는 Table 6의 parameter에 의해 표현되는 호흡특성을 포장설계에 이용하고자 하였다.

4. 절단신선채소의 포장설계

품질유지에 적당한 절단 채소류의 포장을 설계하기 위하여 우선 시중에서 구입하여 사용할 수 있는 포장재의 투과도를 측정한 결과는 Table 7과 같다. LDPE, CPP, OPP는 파우치 형태의 포장으로 사용할 수 있으며, PVC와 LLDPE는 tray 포장위에 stretch wrapping 하는 형태로 이용된다. 파우치형으로 이용될 수 있는 포장재 중에서는 LDPE가 가장 가스 투과성이 높은 필름이고 stretch wrapping용 필름으로는 PVC와 LLDPE가 투과도가 비슷하게 높다.

Table 6의 호흡특성과 Table 7의 포장재의 투과도의 특성을 식 (3) 및 (4)에 대입하고 주어진 포장조건에 대해서 이 방정식들을 풀어서 평형가스조성을 얻어서 포장의 설계조건을 얻었다 (Table 8). 절단 미나리의 경우 simulation에서 파우치 포장에 대해서는 모두 산소농도 1%이하의 혐기적인

전을 유발시키는 것으로 나타났으며 PVC wrap포장에 대해서도 혐기적인 조건인 0%의 산소농도가 얻어지는 것으로 예측되었다. 다만 LLDPE 에 대해서는 혐기적인 조건이 유발되지 않는 것으로 나타났다. LDPE와 PVC wrap에 의한 포장 이 비록 혐기적인 조건을 유발시키는 것으로 나타나나 설계된 포장으로서 실험에서 검토하였다. LDPE에 의한 Pack W1은 산소 0%에 도달하는 데 181 시간의 장시간이 소용되므

로 비교적 단기간의 저장에서는 혐기적인 상태에 도달되지 않아서 변형된 환경기체의 저장성 향상의 효과를 기대할 수 있는 것으로 생각되었다. 그리고 stretch wrap 포장은 tray와 wrap 사이의 밀봉이 완벽하지 않으므로 공기조성에 상당히 가까운 가스조성을 가지므로²⁴ 실험적으로 검토할 필요가 있다.

Table 6. Respiration model parameters of Equation (1) for the cut and prepared vegetables at 5°C.

Produce	Respiration expression	Vm (mL/kg h)	Km (%O ₂)	Ki (%CO ₂)
Water cress	O ₂ consumption	19.0769	0.0042	4.2035
	CO ₂ evolution	11.4869	0.2316	5.9791
Onion	O ₂ consumption	4.0216	0.4107	28.6047
	CO ₂ evolution	3.7472	0.6419	4.8476
Bean sprouts	O ₂ consumption	90.3653	0.2116	0.6181
	CO ₂ evolution	25.5398	1.4573	1.4829
Green onion	O ₂ consumption	42.9017	1.1222	4.7096
	CO ₂ evolution	32.8534	0.9531	3.9265
Green onion (small type)	O ₂ consumption	42.3197	4.7814	1.4183
	CO ₂ evolution	26.9011	2.0441	2.0499

Table 7. O₂ and CO₂ permeabilities of packaging films at 5°C.

Film *	Thickness (μm)	Gas permeability (mL μm/m ² hr atm)		Manufacturer
		O ₂	CO ₂	
LDPE	27	2264	11462	Daekyung Ind.
CPP	30	825	2113	S.T.C
OPP	20	696	1585	S.T.C
OPP	30	597	1502	S.T.C
PVC	13.7	3262	17151	Lucky
LLDPE	10.9	3972	14478	Clean Wrap

* Abbreviation-LDPE:low density polyethylene; CPP:cast polypropylene; OPP:oriented polypropylene; PVC:polyvinylchloride; LLDPE:linear low density polyethylene.

양과의 포장에서는 Pack O1, O2, O3에 대해서 혐기적인 상태를 유발시키지 않고 낮은 산소농도와 약간의 CO₂ 축적을 포장내에서 얻을 수 있는 것으로 예측되었고 이들 세 포장을 설계포장으로 선정하여 저장실험을 수행하였다.

Table 8에서는 미나리와 양파 외에도 파 (대파, 옥파)에 대해서도 가능한 설계포장을 제시하고 있다. 이러한 채소들

에 대해서는 CO₂ 장해를 받는 CO₂ 농도에 대한 정보가 없는 형편이다. 따라서 CPP, OPP에 의한 파우치 포장에 의한 6.4~8.1%의 CO₂ 농도는 경우에 따라서는 CO₂ 장해를 유발할 수 있으며 이는 실험에 의해서 검증되어야 할 것으로 생각된다. 다만 짧은 시간 동안의 노출은 해롭지 아니하므로 단기간의 저온유통을 위해서는 문제가 없을 것으로 생

각된다.

본 연구에서 검토한 채소 품목 중 콩나물 200 g 단위의 포장에 대해서도 공기조성을 예측하여 포장설계를 시도하였으나 모든 필름에 대해서 다 혐기적인 조건을 발생시키므로 포장설계로 제시할 수 없었다. 현실적으로는 콩나물의 플라스틱 필름 포장이 많이 사용되는데 이는 평형에 이르기전 단기간 동안에 CO₂ 장해를 유발하지 않는 조건으로 사용되는 것으로 판단된다.

절단 채소로서 비교적 많은 가능성을 가진 미나리와 양파에 대해서 Table 8의 설계 포장의 조건으로 포장을 제조하고 이를 5°C, 습도 90%의 조건에서 저장하면서 내부가스조성 변화를 측정한 결과, Table 9와 같았다. LDPE 필름을 이용한 파우치 형태의 포장인 Pack W1과 O1에서 저장 8일까지는 Table 8에 나타난 예측 평형가스조성과 근접된 값을 보여주고 있다. 하지만 Pack W1에서는 저장 22일 까지 비교적 예

측치와 가까운 값을 보여주고 있으나 저장 22일에서 이취가 약간 발생되었고 이는 앞의 Table 8에서 예측된 바와 같이 낮은 산소농도로 인하여 장기저장에서 혐기적 호흡이 진행되었음을 나타내었다. 절단 양파의 Pack O1에서도 저장 15일후부터 예측치보다 훨씬 높은 CO₂ 농도를 보여주고 강한 이취가 발생되어서 혐기적 호흡이 진행됨을 보여주었다. 절단 양파의 경우 당분이 많고 Pack O1에서 초기에 비해서 활발한 미생물의 성장으로 인한 미생물 호흡에 의해서 유발되는 2%이하의 저산소상태로 인하여 혐기적 호흡을 일으킨 것으로 생각된다 (Table 11). Pack W1에서는 Table 8에서 혐기적인 상태의 발생이 예측되었지만 양파의 Pack O1에서는 예측되지 않았으나 이러한 현상이 나타난 것은 절단 채소포장의 장기 저장시 미생물의 증식과 이의 호흡이 포장내부의 가스조성변화에 영향을 주고 아울러 품질변화에도 영향을 주게 됨을 보여주고 있다.

Table 8. Designed packages of cut vegetables with respective estimated package atmospheres.

Produce	Package conditions				Estimated package atmosphere ^c			package Number
	Weight (g)	Packaging film ^a	Package type	Dimension (cm × cm) ^b	Free volume (mL)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	
Water cress	200	LDPE(27)	Pouch	20 × 25	930	0.0(181)	3.4 (69)	Pack W1
		PVC(13.7)	Tray	20 × 25	890	0.0(388)	2.5 (50)	Pack W2
		LLDPE(10.9)	Tray	20 × 25	890	7.8(234)	2.4 (47)	Pack W3
Onion	200	LDPE(27)	Pouch	15 × 15	390	3.4(377)	2.5 (62)	Pack O1
		PVC(13.7)	Tray	15 × 15	350	7.7(286)	1.8 (42)	Pack O2
		LLDPE(10.9)	Tray	15 × 15	350	12.1(194)	1.8 (40)	Pack O3
Green onion	70	LDPE(27)	pouch	21 × 16	420	0.9(133)	4.1 (45)	
		PVC(13.7)	Tray	21 × 16	400	1.9(153)	3.2 (33)	
		LLDPE(10.9)	Tray	21 × 16	400	6.0(170)	3.1 (33)	
Green onion (small type)	50	LDPE(27)	Pouch	20 × 15	420	7.9(307)	2.3 (46)	
		CPP(30)	Pouch	20 × 15	420	3.4(617)	6.8(192)	
		OPP(20)	Pouch	20 × 15	420	5.4(568)	6.4(178)	
		OPP(30)	Pouch	20 × 15	420	1.9(628)	8.1(246)	
		PVC(13.7)	Tray	20 × 15	480	10.2(261)	1.8 (37)	
		LLDPE(10.9)	Tray	20 × 15	480	13.5(261)	1.7 (36)	

^a Number in parenthesis is thickness in μm .

^b Surface area of package is two sides for pouch type package and one side for tray type package.

^c Number in parenthesis is equilibration time(h).

Table 9. Gas composition of cut produce packages during storage at 5°C.

Produce	Package	Gas	Gas composition(%)			
			Initial	8 days	15 days	22 days
Water cress	Pack W1	O ₂	20.9	1.6	1.8	1.4
		CO ₂	0.0	4.4	3.8	3.6
	Pack W2	O ₂	20.9	17.0	15.5	12.3
		CO ₂	0.0	2.2	2.5	3.0
	Pack W3	O ₂	20.9	17.0	16.8	13.7
		CO ₂	0.0	2.1	2.8	2.8
Onion	Pack O1	O ₂	20.9	2.9	1.5	1.8
		CO ₂	0.0	4.9	6.8	7.5
	Pack O2	O ₂	20.9	18.4	18.6	16.3
		CO ₂	0.0	1.4	2.5	2.7
	Pack O3	O ₂	20.9	18.7	17.0	15.5
		CO ₂	0.0	1.3	3.0	3.2

Table 10. Weight loss of cut produce packages during storage at 5°C.

Produce	Package	Weight loss(%)			
		Initial	8 days	15 days	22 days
Water cress	Pack W1	0	1.1	1.8	2.2
	Pack W2	0	3.3	5.6	8.6
	Pack W3	0	2.2	3.3	4.6
Onion	Pack O1	0	0.3	0.5	1.4
	Pack O2	0	4.3	5.8	9.1
	Pack O3	0	1.5	2.1	2.5

Table 11. Total microbial count on cut produces in the packages during storage at 5°C.

Produce	Package	Microbial count[log(cfu/g)]			
		Initial	8 days	15 days	22 days
Water cress	Pack W1	5.0	6.2	7.3	8.4
	Pack W2	5.0	5.9	7.1	8.2
	Pack W3	5.0	6.0	7.3	8.8
Onion	Pack O1	3.1	6.7	7.1	8.1
	Pack O2	3.1	5.3	5.7	7.3
	Pack O3	3.1	5.6	6.2	7.6

Stretch wrapping 된 포장들 (Pack W2, W3, O2, O3)에서는 Table 8의 예측 평형가스조성보다는 높은 O₂농도, 낮은 CO₂농도를 보여주고 있으나 시간이 지남에 따라서 O₂농도는 낮아지고, CO₂농도는 점차 높아지고 있다. 이는 Lee 등²⁴⁾에 의해 지적된 바와 같이 tray와 wrap film의 밀착이 완벽하지 못하므로 공기에 가까운 가스조성을 취하게 되는 데 따른 것으로 보인다. 다만 저장시간이 길어지면 내부의 증산수분에 의하여 이러한 밀착성이 향상되므로 저 O₂농도와 고 CO₂농도로 점차 변하는 것으로 생각된다.

5. 절단신선채소의 포장이 품질에 미치는 영향

Table 8의 절단 미나리와 양파의 설계 포장을 제조하고 이를 5℃, 습도 90% 의 조건에서 저장할 때 일어나는 중량손실은 Table 10과 같았다. 미나리와 양파 모두 똑같이 LDPE필름으로 파우치 포장된 Pack W1과 O1이 각각 stretch wrap 된 Pack W2, W3와 Pack O2, O3보다 중량감소가 적었으며 PVC 필름으로 wrap된 Pack W2와 Pack O2가 중량감소가 가장 많았다. 이는 stretch wrap 포장은 밀봉이 완벽하지 못하기 때문에²⁴⁾ 누설구를 통하여 수분이 손실되기 때문에 중

량감소가 많은 것으로 판단된다. 그리고 일반적으로 PVC가 폴리에틸렌계보다는 수증기 투과도가 높으므로²⁵⁾ 같은 조건 하에서는 PVC wrap tray포장의 중량감소가 LLDPE보다는 높게 나타난 것으로 생각된다.

앞의 Table 1에서 본 바와 같이 보통 미나리가 양파에 비해 초기부터 오염도가 심하게 나타나고 전반적으로 이러한 저장기간 동안을 통하여 계속되고 있다 (Table 11). 미나리의 경우는 초기의 높은 오염도로 인하여 저장 중 미생물의 증식에 있어서 포장조건간에 큰 차이는 보이지 않고 있다. 그리고 절단 양파에서는 LDPE로 밀봉포장된 Pack O1에서 미생물 수의 증가가 현저하였다. 이에 비해 stretch wrap포장인 Pack O2와 O3 는 각각 비슷한 범위를 나타내나 PVC 포장된 Pack O2가 LLDPE포장된 O3에 비해 약간 낮은 미생물 증식을 보여주고 있다. Table 10의 중량감소의 결과와 연관지어 보면 포장외로 수분의 배출이 충분치 못하여 내부에 수분의 응축이 일어난 LDPE 파우치 포장에서 미생물의 증식이 심하게 나타난 것으로 평가된다. 포장내의 너무 높은 고습도와 수분의 응축은 미생물의 증식을 촉진하게 된다.²⁶⁾ 따라서 절단 양파와 미나리에서 모두 수분의 배출이 비교적 원활한 PVC 포장에서 미생물의 증식이 가장 낮게 나타나고 있다.

Table 12. Organoleptic appearance and flavor of cut produces in the packages during storage at 5℃.

Produce	Quality attribute	Package	Average sensory score *			
			Initial **	8 days	15 days	22 days
Water cress	Appearance	Pack W1	5	4.3 ^a	3.3 ^{ab}	1.3 ^a
		Pack W2	5	3.3 ^b	2.0 ^{bc}	2.3 ^a
		Pack W3	5	1.8 ^c	1.8 ^c	2.0 ^a
	Flavor	Pack W1	5	3.8 ^a	3.3 ^a	1.0 ^b
		Pack W2	5	4.0 ^a	2.3 ^a	2.3 ^a
		Pack W3	5	2.7 ^a	2.5 ^a	2.2 ^{ab}
Onion	Appearance	Pack O1	5	4.3 ^a	2.3 ^{bc}	1.7 ^c
		Pack O2	5	3.7 ^a	3.0 ^b	2.7 ^a
		Pack O3	5	3.7 ^a	3.8 ^a	2.2 ^b
	Flavor	Pack O1	5	4.5 ^a	1.0 ^b	1.2 ^a
		Pack O2	5	3.5 ^a	3.0 ^a	2.3 ^a
		Pack W3	5	4.0 ^a	2.8 ^{ab}	1.8 ^a

* A 5 point hedonic scaling was used. Different superscript means the significant difference at 95% confidence level for the same quality attribute and storage time (Duncan multiple range test).

** Panel were trained to give the initial sample 5 point.

Table 13. Change in sugar content for cut onions in the packages during storage at 5°C.

Package	sugar content(Brix)			
	Initial	8 days	15 days	22 days
Pack O1	9.9	9.0	8.5	7.6
Pack O2	9.9	9.6	8.9	8.3
Pack O3	9.9	9.4	8.8	7.7

절단 양파에서는 저장 8일까지는 Pack O1 이 우수한 관능적인 외관과 향미를 보이나 저장 15일에 이르러서는 아주 나빠졌다(Table 12). 이는 초기의 변형기체조성 Table 9이 저장 8일까지는 품질보존에 효과적이나 저장 15일부터 높은 CO₂ 와 낮은 O₂ 로 인한 생리장해로 이취가 발생하고 또한 높은 미생물 성장으로 인하여 신선도가 완전히 상실된 것으로 해석된다. 반면에 Pack O2와 O3는 저장 15일 가까이 관능성이 유지되고 있음을 보여주고 있다. 절단 양파에 있어서는 수분손실에 의한 중량손실이 비교적 관능적 품질에 영향을 적게 미치고 미생물 증식과 혐기적 호흡에 의한 이취발생이 결정적인 영향을 주는 것으로 판단된다. 이러한 경향은 절단 양파의 저장 중 당도의 변화와도 관계가 있어서 Pack O2와 O3가 비교적 높은 당도를 유지하고 있었다(Table 13).

환경기체조절포장된 정선 채소류의 유통기한은 일반적으로 미생물 증식이 10⁷~10⁸/g에 도달할 때까지이다.⁴⁾ 이러한 기준으로 보면 절단 미나리에서는 포장조건에 상관없이 약 15일의 유통기한을 보일 것으로 보이나 (Table 11), 관능검사의 결과에 의하면 Pack W1은 15일까지의 유통기한을 보여주고 있으나 다른 포장은 중량손실로 인한 품질손실로 인하여 8일이하의 유통기한을 보여주는 것으로 나타난다. 반면에 절단 양파에서는 미생물적 기준으로 stretch wrap 포장인 Pack O2와 O3는 22일정도의 유통기한을, LDPE 포장인 Pack O1은 15일정도의 유통기한을 보일 것으로 나타나나 (Table 11), 관능검사결과에 의하면 각각 약15일, 8일의 짧은 유통기한을 보여서 미생물 증식과 함께 혐기적인 호흡에 의한 이취발생이 유통기한을 결정하는 것으로 나타났다. 따라서 절단신선채소류의 유통기한은 포장조건에 의해 지배되는 그 채소의 품질열화특성에 영향을 받으며 cold chain을 위한 절단채소포장의 설계와 유통시 이를 고려하여야 할 것이다.

IV. 결 론

우리나라에서 절단채소로 많이 이용될 수 있는 가능성을 가진 품목에 대해서 가공 중 세척시 염소 살균제의 처리와 함께 신선도 유지를 위한 환경기체조절포장의 설계와 그 효과를 연구하였다.

1. 절단 미나리와 양파에 대한 염소처리와 저장실험의 결과로 볼 때 적정농도의 염소처리에 의하여 ascorbic acid와 설택 등의 품질에 큰 손실 없이 초기의 미생물 오염도를 줄일 수 있지만 이러한 효과는 저장초기에 국한되며, 저장기간이 길어지면 오히려 미생물 번식과 화학적 품질변화에서 나쁜 영향을 주게 된다. 품질을 고려한 최적 염소처리농도는 절단 미나리에서 100 ppm, 절단 양파에서는 10 ppm으로 나타나 채소의 품질특성에 따라 달랐다.
2. 5°C에서 절단 미나리, 절단 양파, 절단 파 (대파, 옥파)의 호흡특성과 시중에서 이용가능한 포장필름의 투과도 데이터를 이용하여 몇가지의 적정 포장이 설계되어 제시되었고 미나리와 양파에 대해 실험적으로 검증하였다. 절단 미나리에서는 LDPE를 사용한 파우치 포장이 유통기한 15일을 가지며 가장 양호하였고 절단 양파에 대해서는 PVC와 LLDPE에 의한 stretch wrap한 tray포장이 유통기한 15일을 가지며 가장 효과적이었다.
3. 절단신선채소류의 가공시 필요한 염소처리의 조건과 포장, 그리고 이로부터 얻어지는 유통기한은 그 채소의 품질특성에 따라 달라지므로 cold chain을 위한 절단채소의 가공 및 포장의 설계시 이를 고려하여야 한다.

기 호 설 명

- [O₂] 산소 농도 (%)
- [CO₂] 이산화탄소 농도 (%)
- A 측정 필름의 면적 (m²)
- Km 방정식 (1)의 parameter (% O₂)
- Ki 방정식 (1)의 parameter (% CO₂)
- L 포장필름의 두께 (μm)
- P 가스 투과도 (mL μm/m² h atm)
- p 대기압 (atm)
- △p 포장필름내외의 가스분압의 차이 (atm)
- Po₂ 포장필름의 산소 투과도 (mL μm/m² h atm)
- Pco₂ 포장필름의 이산화탄소 투과도 (mL μm/m² h atm)
- r 호흡속도 (mL/kg h)
- ro₂ 산소 소비의 호흡속도 (mL/kg h)
- rc_{o2} 이산화탄소 발생의 호흡속도 (mL/kg h)
- V 포장의 빈 공간 (mL)
- Vm 방정식 (1)의 parameter (mL/kg h)
- S 포장의 표면적 (m²)
- s 투과도 측정 cell에서 농도증가의 기울기
- t 시간 (h)
- W 포장내 채소의 무게 (kg)

인 용 문 헌

- 1) 농수축산신문사: 한국식품연감, Pp. 149-151(1992)
- 2) Pearl, R. C.: Trends in consumption and processing of fruits and vegetables in the United States. Food Technology, **44** (2), 102~104 (1990)
- 3) Huxsoll, C. C. and Bolin, H. R. : Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. Food Technology, **43**(2), 124~128 (1989)
- 4) O'Beirne, D. : Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. in "Chilled Foods, the State of Art", Gormley, T. R. (Ed.), Pp. 183~199, Elsevier Applied Science, London (1990)
- 5) 武田清一: Cut 野菜의 技術的 問題. 農產物流通技術年報, 農產物流通技術研究會編, 株式會社流通システム研究センター, Pp. 153~162 (1989)
- 6) 岩元陸夫: 일본에 있어서 농산물 유통기술의 현황과 전

- 망. 1992년도 제 1차 학술발표회 강연집, 한국농산물저장유통학회, Pp. 1~16 (1992)
- 7) King, A. D. and Bolin, H. R. : Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. Food Technology, **43**(2), 132~135 (1989)
- 8) Shewfelt, R. L. : Quality of minimally processed fruits and vegetables. Journal of Food Quality, **10**, 143~156 (1987)
- 9) Barmore, C. R. : Packing technology for fresh and minimally processed fruits and vegetables. Journal of Food Quality, **10**, 207~217 (1987)
- 10) Rolle, R. S. and Chism III, G. W. : Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables, Journal of Food Quality, **10**, 157~177 (1987)
- 11) Williams, S. : Official Methods of Analysis, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Inc., Washington, D. C. U. S. A. (1984)
- 12) Hagggar, P. E., Lee, D. S. and Yam, K. L. : Application of an enzyme kinetics based respiration model to closed system experiments for fresh produce. Journal of Food Process Engineering, **15**, 143~157 (1992)
- 13) Yam, K. L., Hagggar, P. E. and Lee, D. S. : Measuring respiration of low CO₂ tolerance produce with closed system experiment. Foods and Biotechnology, **2**, 22~25 (1993)
- 14) 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. Journal of Food Science, **56**, 1580~1585 (1991)
- 15) Karel, M., Issenberg, P., Ronsivalli, L. and Jurin, V. : Application of gas chromatography to measurement of gas permeability of packaging materials. Food Technology, **17**, 91~94 (1963)
- 16) Hayakawa, K. I., Henig, Y. S. and Gilbert, S. G. : Formulae for predicting gas exchange of fresh produce in polymeric film package. Journal of Food Science, **40**, 186~191 (1975)
- 17) Ballantyne, A., Stark, R. and Selman, J. D. : Modified atmosphere packaging of shredded lettuce. International Journal of Food Science and Technology, **23**, 267~274 (1988)
- 18) Myers, R. A. : Packaging consideration for minimally processed fruits and vegetables. Food Technology, **43**(2), 129-131 (1989)

- 19) King, A. D., Magnuson, J. A., Torok, T. and Goodman, N. : Microbial flora and storage quality of partially processed lettuce. *Journal of Food Science*, **56**(2), 459~461 (1991)
- 20) Priepke, P. E., Wei, L. S. and Nelson, A. I. : Refrigerated storage of prepackaged salad vegetables, *Journal of Food Science*, **41**, 379~382 (1976)
- 21) Marlatt, R. B., Tucker, H. and Stewart, J. K. : Evaluation of chemical dips for control of decay in packaged carrots. *Plant Disease Reporter*, **43**(7), 7411~744 (1959)
- 22) 長谷川ゆかり, 中村優美子, 外海泰秀, 大島辰之, 伊藤譽志男: 生鮮魚類及び野菜に對する亞鹽素酸ナトリウムと次亞鹽素酸ナトリウムの鮮度保持效果の比較, *食品衛生學會誌*, **31**(3), 261~265 (1990)
- 23) Wang, C. Y. : Effect of CO₂ treatment on storage and shelf life of sweet peppers. *Journal of American Society of Horticultural Science*, **102**, 808~812 (1977)
- 24) Lee, K. S., Woo, K. R. and Lee, D. S. : Modified atmosphere packaging for green chili peppers. *Packaging Technology and Science*, **7**(1), 51~58 (1994)
- 25) Brandrup, J. and Immergut, E. H. : *Polymer Handbook*. 2nd Ed. John & Wiley Sons, New York, Pp. III-229~III-240 (1975)
- 26) Robertson, G. L. : *Food Packaging*. Marcel Dekker, Inc., New York, Pp. 470~506 (1993)