

## Recommendation of Storage Condition for Maintaining Good Quality of Broccoli Supply

### Summary

This study was conducted to develop practical storage technology for maintaining good quality of Broccoli. Broccoli has high respiration and transpiration rates and a short shelf life. Rapid cooling after harvest is reducing metabolic activities that can result in deterioration. In order to investigate changes in quality of broccoli and to determine an optimum level of pre-cooling temperature to prolog the freshness, Broccoli were stored in four different pre-cooling temperature of  $-2^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $2^{\circ}\text{C}$  and room temperature for 24 hours. After pre-cooling it stored at  $0^{\circ}\text{C}$  and room temperature. A broccoli storage life at  $0^{\circ}\text{C}$  was 30 days and yellowing was effectively inhibited at  $0^{\circ}\text{C}$ .

The effect on keeping quality according to different packing material in broccoli were evaluated. LDPE(0.03mm low density polyethylene), HDPE(0.03mm high density polyethylene), HDPE with pin holes were used as package films. Weight loss was the lowest at LDPE but off-flavar was severe 60 storage days after. HDPE with pin holes treatment was more weight loss than LDPE but off-flavar was not severe compared with LDPE. Broccoli was able to storage 50days in LDPE, HDPE and able to storage 60 days in HDPE with pin holes at  $0^{\circ}\text{C}$  condition.

## I. 서 언

브로콜리는 영양가가 높고 항산화 능력 및 항암효과가 높은 고기능 식품으로 생산과 소비가 급격하게 증가되고 있다. 브로콜리는 식용부위가 미성숙된 화퇴 부분으로 화퇴의 지름(12~13cm)과 소화의 크기, 밀도(compactness) 등으로 화퇴의 성숙도를 파악하여 수확한다. 품질은 색도(진녹색 또는 녹색), 밀도(손으로 눌렀을 때 견고도), 화경의 길이, 소화의 크기, 신선도, 곰팡이나 세균병 등의 발생여부 등에 의하여 종합적으로 판단된다(김 등, 2003).

수확된 브로콜리는 수확후 처리, 선별, 저장, 포장 및 수송의 과정을 거쳐 소비자에게 전달되는데 이 과정에서 브로콜리 저장에 부적합한 환경에 처하게 되면 빠른 속도로 품질의 저하가 일어난다. 품질 저하의 원인으로서는 황화, 색택의 변화, 시들음 증세, 곰팡이병 및 무름병의 감염, 이취 증가 등이 있다. 브로콜리는 수확 후 시들음과 황화가 빠르게 진행되어 상온에서 1~2일 안에 상품성이 급격히 떨어지게 된다(Wang, 1979). 이는 호흡 및 증산에 의한 시들음과 에틸렌발생에 의한 황화 때문이다. 브로콜리는 수확 후 매우 적은 에틸렌을 생성하지만, 낮은 에틸렌 농도에서도 빠르게 황화가 진행된다. 따라서 수확 후 선별 시 마찰이나 상처로 인한 에틸렌이 발생되지 않도록 매우 세심한 선별작업이 필요하며, 입고 전 화퇴가 부스러진 것이나 찢긴 것 등 물리적 상처를 받은 브로콜리는 철저히 선별을 해야 한다. 온도가 높은 봄철이나 10월 외 기온도가 20도 이상 되었을 때에는 황화 현상이 더 심하게 발생하므로 이를 해소하기 위한 예냉 기술이 필요하다.

제주지역에서 브로콜리는 10월부터 3월까지 주로 생산되고 4월부터 5월 상순까지는 저장에 의해 출하가 이루어진다. 이시기는 국내에서 생산이 이루어지지 않기 때문에 매년 높은 가격대를 유지하고 있다. 그러나 저장 후 출하 시 가장 문제되는 것은 증산에 의한 시들음 증세와 곰팡이 등 저장병해의 발생, 증산작용을 억제하기 위하여 PE필름을 피복하였을 경우 발생하는 이취 등 이다. 따라서 본시험은 제주지역에서 4~5월 출하를 위한 장기 저장 시 적합한 포장재를 선발하는 데 목적을 두고 시험을 실시하였다.

## II. 연구사

브로콜리는 다른 채소에 비해 호흡속도가 빠르다. 브로콜리는 수확한 후 호흡, 증산, 에틸렌 생성과 같은 생명활동을 지속적으로 유지하게 되며, 이런 현상들은 저장조건 특히 온도에 지배적으로 영향을 받게 되며, 습도, 가스농도, 미생물, 광, 바람 등에 의해서도 영향을 받는다.

브로콜리 저장을 위한 적정온도는 0°C이며, 이보다 낮은 온도에서는 저온피해를 입고, 높은 경우에는 감모율이 증가한다(Smith, 1940; Wang and Hrushka, 1977). 수확과 동시에 식물체의 품온을 빠르게 떨어뜨리고 0°C에서 저장을 하면 2~4주간 저장이 가능하다(Ryall and Lipton, 1970).

저장을 위한 적정 상대습도는 95%이며(Smith, 1958; Perrin, 1981) 습도가 낮으면 증산작용에 의한 시들음 증세가 발생하고, 습도가 너무 높으면 부패 발생이 증가한다(Smith, 1940).

저장과 운송 시 브로콜리 저장조건이 최적 온도와 습도를 유지하기 어려울 때 수확 후 브로콜리 포장에서 수확과 동시에 얼음 채우기(Ice packing)를 함으로써 품온을 낮추고 습도를 유지하는 방법이 미국에서 주로 사용되고 있다. (Ryall and Lipton, 1979). 이러한 빙냉 예냉방식은 비용이 많이 들고 얼음이 녹으면서 박테리아의 발생이 많아지는 단점을 가지고 있다(Brackett, 1989; Klieber and Will, 1991).

채소의 시들음을 최소화하기 위한 방법으로 플라스틱 필름 포장이 사용되고 있으며 브로콜리인 경우 0°C 저온 저장 조건에서 LDPE 30 $\mu$ m 피복 시 38일간 상품성이 유지되었다(조 등, 2006).

브로콜리는 수확 후 빠른 시간 내에 예냉을 통해 품온을 낮춘 후 저장고로 옮겨지는데 이때 저장고의 온도 및 습도가 위조, 황화 등 품질에 많은 영향을 미친다. 온도가 10°C 상승함에 따라 호흡량이 2~4배가 되어 품질저하가 심하므로 수확 후 자체의 품온을 떨어뜨린 후 저장 및 유통하는 것이 저장수명을 연장하는데 효과적이다. 온도가 높아질수록 원예산물의 호흡률이 높아지고 탄수화물, 단백질 등을 기질로 사용함으로써 저장수명이 짧아지게 된다.

브로콜리 화퇴의 황화는 적정온도보다 높은 온도에서 저장되었거나 에틸렌에 노출된 반응으로서 숙기가 지나 수확된 브로콜리에서 발생할 수 있다. 브로콜리는 20°C에서 0.1 $\mu$ l kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> 이하의 매우 낮은 에틸렌 발생량을 가지는 비호흡형급등형 작물이다. 그러나 브로콜리는 에틸렌에 대단히 민감하여 아주 낮은 농도의 에틸렌에 노출되어도 빠르게 황화를 일으킨다. 10°C에서 2 $\mu$ l kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>의 에틸렌에 노출되면 브로콜리 저장수명은 50%가 줄어든다(Tian et al., 1994).

### III. 재료 및 방법

#### 1. 브로콜리 예냉처리 온도에 따른 저장성 구명

제주지역 봄 재배에 주로 재배되고 있는 ‘그레이스’ 품종을 공시재료로 사용하였으며 화뢰의 밀도가 높고 직경이 10~12cm, 상처와 감염이 없는 깨끗한 것을 선별하여 사용하였다. 5월 20일 수확한 브로콜리를 사용하여 시험을 실시하였다. 제주지역에 많이 보급되어 있는 강제통풍 저장고를 이용시 적정 예냉온도를 구명하고자 상온, -2℃, 0℃, 2℃ 4처리의 예냉온도를 두어 24시간 동안 예냉처리를 하였으며 예냉후 상온과 0℃ 저장고에서 저장기간 중 중량감소율, 화색변화 등을 측정하였다. 저온저장고의 습도는 가습기를 설치하여 95% 이상 되도록 유지하였다. 색도는 미놀타 CR-300을 이용하여 측정하였고, Hue angle값으로 환산하였다.

#### 2. 브로콜리 포장재에 따른 저장성 구명

제주지역에서 겨울철 생산되는 시기는 10~3월까지이고 4월부터 5월 상순까지는 저장에 의해 출하가 이루어진다. 이시기에 주로 생산되는 품종인 ‘만생그린돔’ 품종을 이용하여 무게가 300g 내외인 것을 선별하여 사용하였으며 2월 28일 수확한 브로콜리를 이용하여 실시하였다. 포장재 종류에 따른 선도유지 기간을 구명하기 위하여 무처리, 80×90cm 규격의 LDPE(0.03mm), HDPE(0.03mm), HDPE(0.03mm, 미세천공) 4처리를 두어 시험을 실시하였다. 비닐 피복 전 브로콜리는 0℃에서 24시간 예냉 처리 하였고, 비닐 피복 후 20ℓ 규격의 사각 플라스틱 컨테이너를 이용하여 0℃ 저온저장고에 입고하여 저장기간 중 중량감소율, 부패발생, 이취발생 등을 10일 간격으로 측정하였다. 저온저장고의 습도는 가습기를 설치하여 95% 이상 되도록 유지하였다. 색도는 미놀타 CR-300을 이용하여 측정하였고 Hue angle 값으로 환산하였다.

#### IV. 결과 및 고찰

##### 1. 예냉처리 온도에 따른 저장성 구명

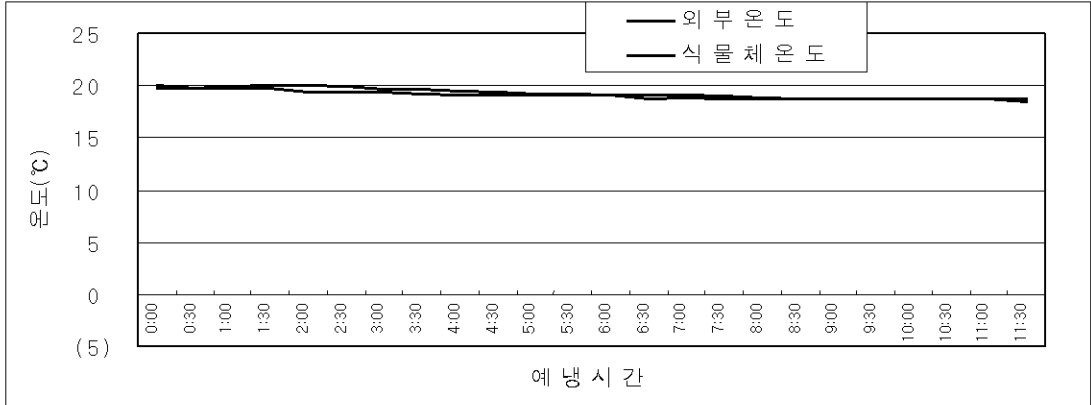


그림 1. 상온 저장시 식물체 및 저장고 온도변화

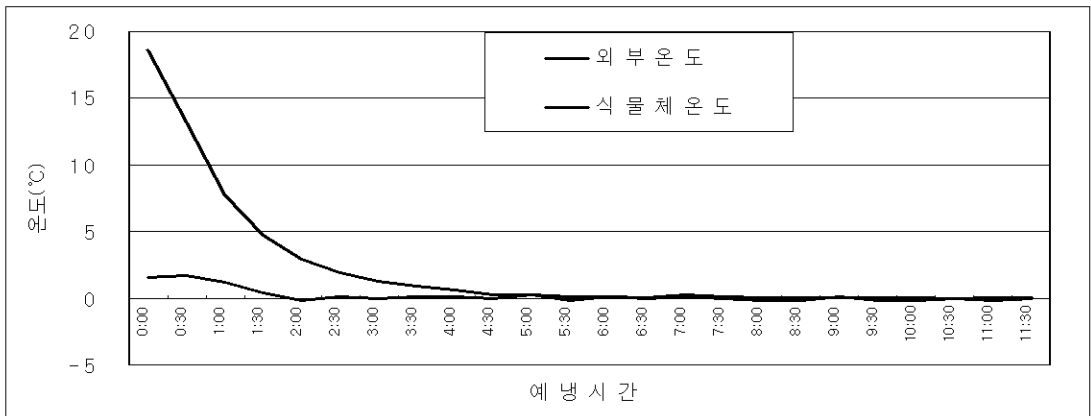


그림 2. 0°C 예냉시 식물체 및 저장고 온도변화

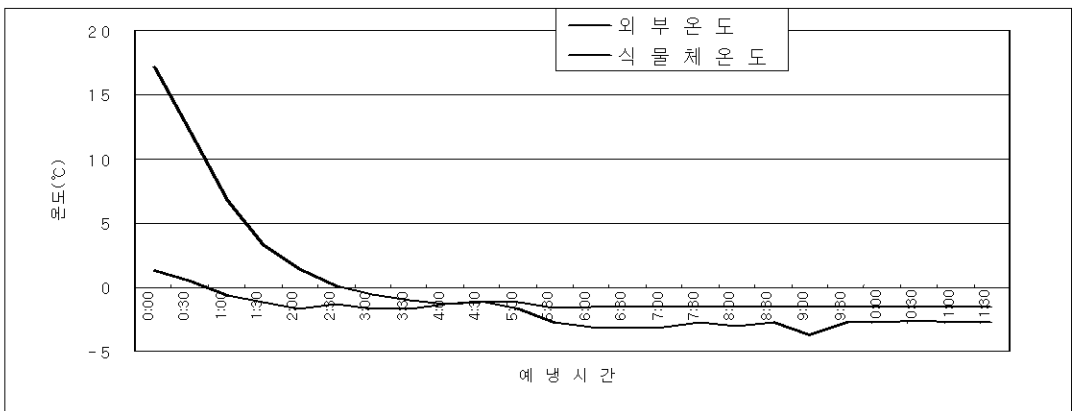


그림 3. -2°C 예냉시 식물체 및 저장고 온도변화

그림 1, 2, 3은 브로콜리 예냉기간 동안의 저장고 및 식물체 온도변화를 나타내었다. 상온처리의 경우 화퇴의 온도는 외기 온도보다 0.5℃정도 높았으며, 브로콜리 예냉처리 는 -2℃저장고에서 4시간후 -1.5℃에 도달하였고, 더 이상 시간이 경과하여도 변화가 없었다. 0℃ 저장고에서는 6시간 후 0℃에 도달하였다.

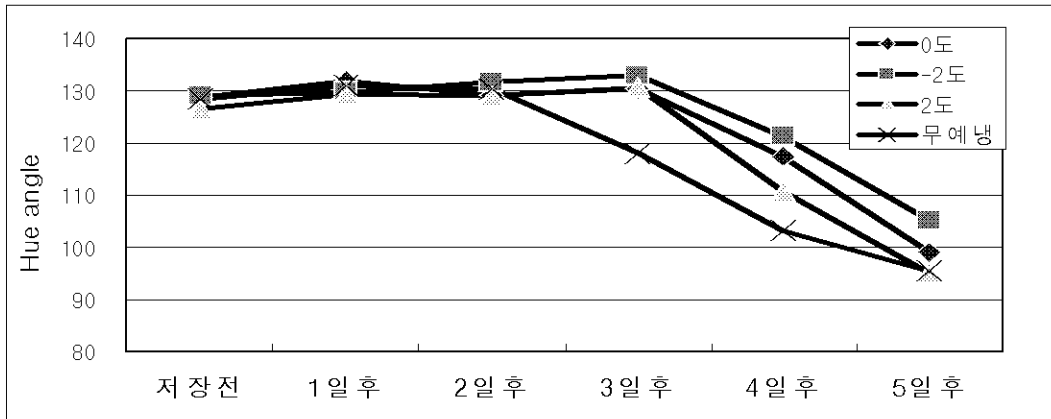


그림 4. 브로콜리 예냉 후 상온 저장시 시간경과에 따른 색도변화

브로콜리를 24시간 예냉처리 후 상온 저장시 시간경과에 따른 색도변화는 그림 4와 같으며 Hue angle 값으로 나타내었다. 소화퇴의 황화는 상온처리의 경우 3일 후부터 나타나기 시작하였고, -2℃, 0℃, 2℃ 처리인 경우 4일 후부터 나타났다.

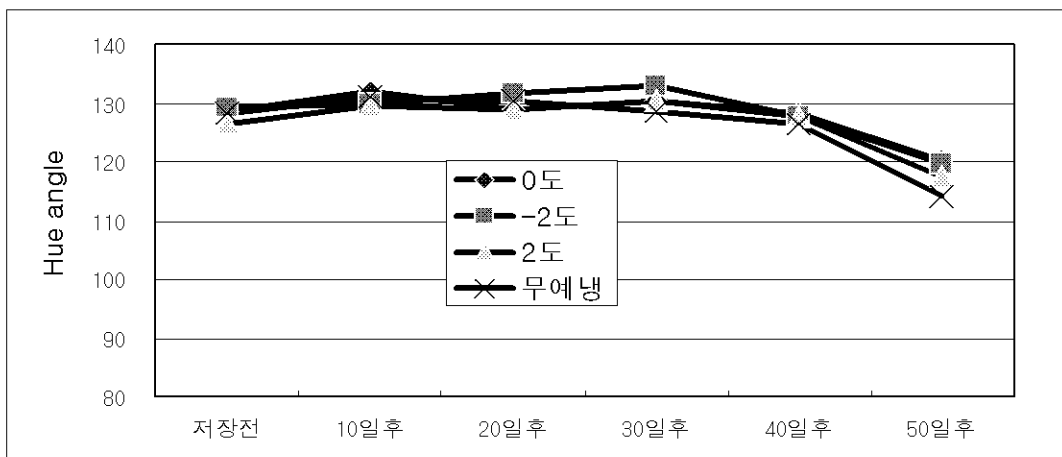


그림 5. 브로콜리 예냉 후 저온 저장시 시간경과에 따른 색도변화

저온 저장시에는 처리 간 색도의 변화가 크지 않았으며, 저장40일 이후부터 값이 다소 낮아지는 경향이였다.

표 1. 브로콜리 예냉 후 상온 저장시 시간경과에 따른 중량 감소율 (단위 : %)

처리내용	입고시	1일후	2일후	3일후	4일후	5일후
무예냉	0	5.2	7.7	10.5	12.6	15.5
-2℃	0	1.4	3.1	6.2	8.4	11.6
0℃	0	1.2	5.2	7.4	9.7	12.2
2℃	0	1.2	5.2	7.5	9.7	12.6

표 1은 예냉후 상온 저장시 중량 감소율을 나타내었다. 무예냉시 예냉처리구에 비해 감모율이 높았으며, 예냉처리 간에는 큰 차이를 보이지 않았다.

표 2. 예냉 처리 온도에 따른 상온저장시 상품유지 가능기간

처리내용	무예냉	-2℃	0℃	2℃
저장기간(일)	2일	2일	3일	3일

표 2는 예냉처리 온도에 따른 브로콜리 상품유지 가능기간을 나타내었다. 무예냉시에는 2일간 상품성 유지가 가능하였고, -2℃인 경우 예냉 기간동안 화경 및 화뢰가 인 증세를 보였는데, 저장기간 동안 화경부위에 부패 증세가 나타나 상품성이 없어졌으며 0℃, 2℃예냉 처리인 경우 3일간 상품성 유지가 가능하였다.

표 3. 브로콜리 예냉 후 저온 저장시 시간경과에 따른 중량감소율 (단위 : %)

처리내용	입고시	10일후	20일후	30일후	40일후	50일후
무예냉	0	8.4	11.2	15.1	19.8	22.9
-2℃	0	6.2	10.2	12.7	16.4	19.1
0℃	0	5.1	8.3	11.3	14.4	17.4
2℃	0	5.9	9.6	13.4	17.1	20.9

표 3은 예냉처리 후 0℃ 저온저장시 시간경과에 따른 중량 감소율을 나타내었다. 무예냉처리구와 2℃ 예냉처리구에서 감모율이 다소 높은 경향이였으며, 0℃ 예냉처리구에서 감모율이 낮은 경향이였다.

표 4. 예냉 처리 온도에 따른 저온저장시 상품유지 가능기간

처리내용	무예냉	-2℃	0℃	2℃
저장기간(일)	20	15	30	25

표 4는 브로콜리 예냉처리 후 0℃ 저온 저장시 색도변화, 감모율 등을 고려한 상품성 유지 가능기간을 나타내었다. 브로콜리는 저온 저장시 무예냉인 경우 20일간 상품성 유지가 가능하였고, -2℃ 예냉처리의 경우 부패가 발생하여 15일간 상품성 유지되었으며, 0℃처리인 경우 30일간 상품성 유지가 가능하였다. 따라서 브로콜리 수확 후 예냉을 위한 적정온도는 0℃인 것으로 판단되었다.

## 2. 브로콜리 포장재에 따른 저장성 구명

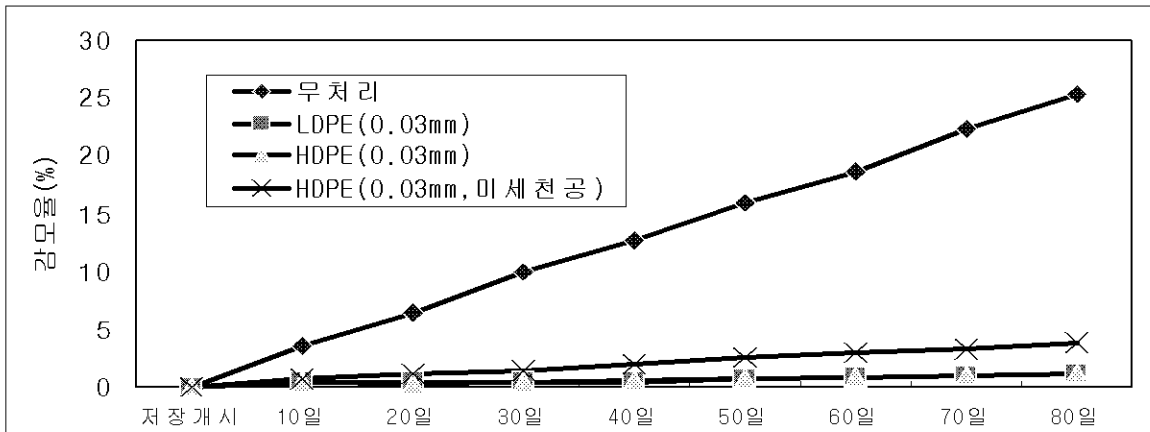


그림 6. 브로콜리 포장재에 따른 저장기간 동안 중량감소율 변화

그림 6은 브로콜리 포장재에 따른 저장기간 동안 중량감소를 나타내었다. 무피복시 중량 감소율이 뚜렷하게 높아졌으며, 저장 30일후 상품성을 상실하는 10% 중량 감소율에 도달하였다. HDPE(0.03mm, 미세천공) 처리구에서 타포장재 보다 중량 감소율이 다소 높았으나, 저장 80일후 까지도 3%이내의 낮은 중량 감소율을 나타내었다.

그림 7은 저장기간 동안 발생하는 부패율을 나타내었다. 저장기간 중 부패는 화퇴의 표면에 발생하는 잿빛곰팡이병균에 의해서 주로 발생하였으며, 이외에도 줄기 일부분이 찢어들어가는 무름증세 등이 발생하였다. 처리별 저장 50일까지 부패 증상은 나타나지 않았으나 저장 60일 후 부터는 모든 처리에서 부패 증상이 발생하기 시작하였고, 저장 80일후에는 처리간 부패율에 차이를 보였으며, 저장기간이 길어짐에 따라 부패율 차이는 더 뚜렷하였다.

저장기간 80일 후 부패율은 LDPE(0.03mm) > HDPE(0.03mm) > HDPE(0.03mm, 미세천공) > 무피복 순이었다.

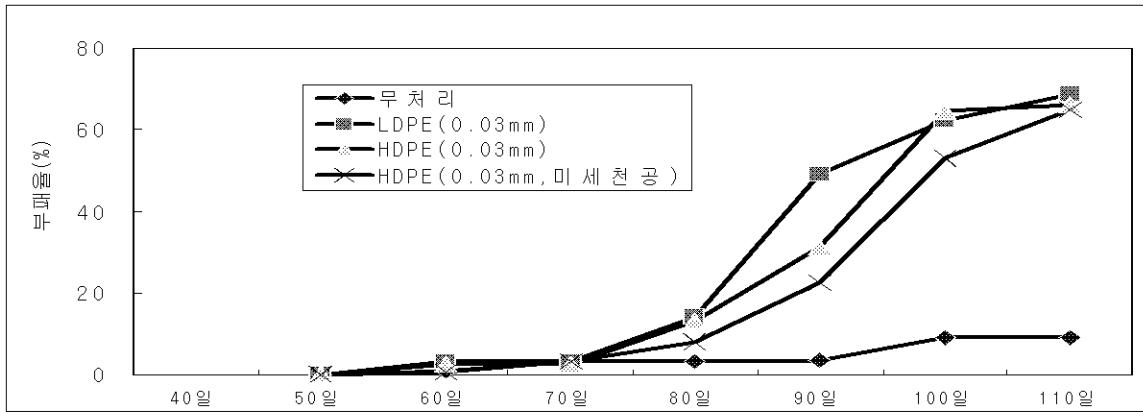


그림 7. 브로콜리 포장재에 따른 저장기간 동안 부패율

표 5. 포장재에 따른 이취발생정도

처리내용	30일 후	40일 후	50일 후	60일 후	70일 후	80일 후	90일 후
무처리	-	-	-	-	-	-	-
LDPE	-	-	+	++	++	++	+++
HDPE(무공)	-	-	+	++	++	++	+++
HDPE(미세천공)	-	-	-	+	+	++	++

※ 이취 - : 없음, + : 약함(개봉후 쉽게 사라짐), ++ : 중간(개봉후 약간잔재하나 상품성 있음)  
 +++ : 강(개봉후 시간 경과시에도 계속 잔재)

표 5는 브로콜리 저장기간 중 발생하는 이취 정도를 나타내었다. 브로콜리 특유의 이취발생은 저장 50일 후 LDPE(0.03mm)와 HDPE(0.03mm)처리구에서 약하게 발생하였으며, 개봉 후에는 쉽게 사라지는 정도였고, 저장 60일부터는 다소 발생하는 정도였다. HDPE(0.03mm, 미세천공) 처리구에서는 저장 60일 후부터 이취가 발생하였으나 LDPE(0.03mm) 처리구에 비하여 이취발생 정도가 낮은 경향이였다.

표 6. 포장재에 따른 저온저장시 상품유지 가능기간

처리내용	무처리	LDPE(0.03mm)	HDPE(0.03mm)	HDPE(0.03mm, 미세천공)
저장기간(일)	30	50	50	60

표 6은 브로콜리 포장재에 따른 감모율, 부패율, 이취발생율 등을 고려한 상품유지가능기간을 나타내었다. 무피복 처리구에서는 부패 발생율은 낮으나 감모율이 높아 30일간 저장이 상품성이 유지되었고, LDPE(0.03mm), HDPE(0.03mm) 피복처리구는 50일동안 상품성이 유지되었으며, HDPE(0.03mm, 미세천공)처리구에서는 60일간 상품성이 유지되어 브로콜리 장기 저장을 위한 적정 포장재는 HDPE(0.03mm, 미세천공)인 것으로 판단되었다.

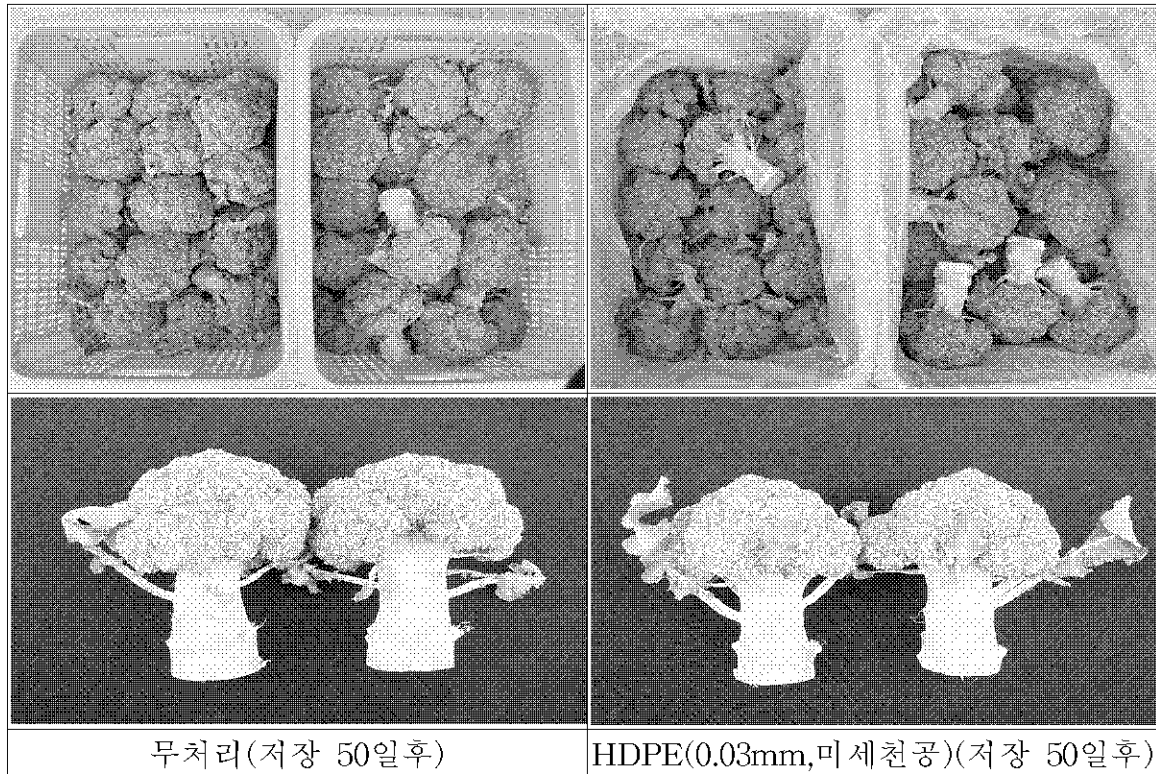


그림 8. 무처리 및 HDPE(0.03mm, 미세천공)피복 후 50일 저장시 브로콜리 품질

## V. 적 요

본 시험은 브로콜리 수확 후 적정예냉온도 설정과 피복재를 구명하기 위하여 실시하였다.

- 가. 브로콜리 예냉온도는 0℃에서 24시간 처리하여 0℃저장하였을 경우 30일간 상품성이 유지되었다. -2℃의 낮은 온도에서는 동해 증상이 발생하여 저장 중 부패가 발생하였다.
- 나. 무피복시 중량 감소율이 뚜렷하게 높아졌으며 저장 30일후 상품성을 상실하는 10% 중량 감소율에 도달하였다. HDPE(0.03mm, 미세천공) 처리구에서 타포장재 보다 중량 감소율이 다소 높았으나, 저장 80일후 까지도 3%이내의 낮은 중량 감소율을 나타내었다.
- 다. 중량감소율, 부패율, 이취발생을 등을 고려하였을 경우, 무피복시에는 0℃ 저온저장시 30일간 저장이 상품성이 유지되었고, LDPE(0.03mm), HDPE(0.03mm)피복시에는 50일, HDPE(0.03mm, 미세천공)피복시에는 60일간 상품성이 유지되었다.