

## 저장 조건에 따른 월동배추의 품질 변화

강은주 · 정석태 · 임병선 · 조재선\*  
농촌진흥청 원예연구소, 경희대학교 식품가공학과\*

### Quality Changes in Winter Chinese Cabbage with Various Storage Methods

Eun-Ju Kang, Seok-Tae Jeong, Byung-Sun Lim, Jae-Sun Jo\*  
National Horticulture Research Institute, RDA  
\*Department of Food Science and Technology, Kyung-Hee University

#### Abstract

This study was conducted to investigate the quality changes of Chinese cabbage with various storage methods. The V/H ratio, as reference of withering, of Chinese cabbage in PE film was high. Ethanol contents of Chinese cabbage packed with 0.06mm and 0.1mm PE film pouch were greater than that with 0.03mm PE film pouch. Organic acid and sugar contents in the Chinese cabbage were gradually decreased during storage. Chinese cabbage packed with 0.03mm PE film pouch was more adaptable than 0.06mm PE film pouch in winter Chinese cabbage during storage. The CO<sub>2</sub> contents in PE film pouch was increased during 15days of storage, and then not changed during storage. The change of O<sub>2</sub> contents in PE film pouch was opposed to tendency of CO<sub>2</sub> change. The 0.06mm and 0.1mm PE film pouch, high CO<sub>2</sub> contents and low O<sub>2</sub> contents during the storage, were less adaptable than 0.03mm PE film pouch in the winter Chinese cabbage storage.

Key words : Chinese cabbage, PE film, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, ethanol

#### 서 론

김치의 주원료인 배추는 생산수급에 따라 가격 변동이 심하고 저장성이 낮아 저장 및 유통 과정 중에 부패로 인한 품질 저하와 경제적 손실을 초래하여 김치 산업에 큰 어려움을 주고 있어 김치원료의 원활한 공급체계 확립이 절실히 요구되고 있다. 실제로 공장에서 연중 일정하게 김치를 생산하기 위해서는 안정적인 원료 공급이 필요하나 배추의 생산과 수확

에는 시기적 차이가 있기 때문에 같은 품종의 배추가 김치 생산을 위해 계속해서 공급되는 것이 어려운 실정이다(1-3).

배추의 경우 공장에서 대량생산을 위한 저장을 제외하고는 시중에 저장이나 포장된 상태로 유통되고 있지 않고, 시장 등의 점포에서 바로 유통되고 있기 때문에 아직까지 배추에 대한 저장연구는 매우 미비한 실정이다. 배추저장에 관한 연구를 보면은(4,5) 저장을 위한 포장 재료로 Polyethylene film(PE film) 포장과 Glassing지 포장이 좋으며, 저온(0±0.5℃)에서 약 2주간 보존 가능한 것으로 보고하고 있으며, 양등(4,6)은 바닥에 천공처리를 한 film을 이용하여 0-

Corresponding author : Seok-Tae Jeong, National Horticulture Research Institute, RDA, Sawon, 440-310, Korea

1°C에서 MA저장함으로써 봄배추는 저장수명을 60일 까지, 가을배추는 150일까지 연장할 수 있다고 보고 하였다. 또 Nawa 등(7)도 5mm 직경의 구멍을 뚫은 0.03mm PE film을 이용하여 배추를 날개 포장하여 1°C에서 저장하면 90일까지 수명을 연장할 수 있다고 보고하고 있다. 따라서 본 연구에서는 저장 조건에 따른 월동배추의 품질 변화를 구명하기 위하여 같은 품종의 원료 배추를 서로 다른 저장조건에서 저장기간 동안 시들음 정도, 이산화탄소, 에탄올, 유리당, 유기산 등을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 PE film처리

본 실험에 사용한 재료는 월동배추인 "동풍" 품종으로서 월동배추의 주산지인 해남군에서 98년 2월에 수확한 것을 사용하였다. 배추는 수확 후 5°C 저장고에서 하룻밤 방치한 후에 밀봉하지 않은 무처리구, 두께 0.03mm, 0.06mm, 0.1mm PE film pouch에 넣어 밀봉한 처리구로 나누어 2°C 저온 저장고에서 60일 동안 저장하였다.

### V/H Ratio

배춧잎을 눕혀서 전체 길이(vertical length)를 재고, 다시 수직으로 세워서 그 높이(horizontal length)를 잰 다음 그 비를 나타내었다.

### 배추 포장 pouch 내의 이산화탄소 및 산소측정

배추를 포장한 PE film 주머니내의 공기를 syringe로 1ml을 뽑아서 Gas Chromatography (SHIMADZU GC-14B)로 측정하였다. 시료공기 0.5ml에 포함된 CO<sub>2</sub> 함량은 active carbon(60/80mesh)으로 충전된 2.4mm (ID)×2m(L) column을 사용하였고, O<sub>2</sub>의 함량은 Molecular sieve 5A(60/80mesh)로 충전된 3mm(ID)×3m(L)의 stainless steel column을 사용하였다. Oven 온도는 110°C였으며, carrier gas로 helium을 30ml/min으로 흘려주었고, Thermal conductivity detector(TCD)로 검출하였다.

### Ethanol 분석

시료 50g을 갈아서 증류수로 250ml까지 mess up한 후 가열하여 나오는 초기 증류액 50ml을 받아서 Gas Chromatography (Hewlett packard SERIES II 5890)로 분석하였다. Column은 stavilwax 0.32mm (ID)×60m(L)

0.5 $\mu$ m의 capillary column을 사용하였다. Oven 온도는 150°C였으며 carrier gas로 helium을 30ml/min으로 흘려주었고 FID로 검출하였다.

### 유리당 분석

배추 시료 20g(겉잎, 중잎, 속잎을 합친 것)을 마쇄하여 거르로 착즙한 후 원심분리하여 그 상등액을 취해서 sep-pak C<sub>18</sub> cartridge와 0.45 $\mu$ m membrane filter를 통과시킨 후 HPLC로 분석하였다. Column은 Sugar-pak 1 (6.5×300mm)을 사용하였으며, Column temperature : 85°C, Mobile phase : Water (0.1mM Ca-EDTA), Flow rate : 0.5ml/min, Detector는 RI를 이용하였다.

### 유기산 분석

시료를 마쇄하여 거르로 착즙한 후 원심분리하여 그 상등액을 10배 희석하여 sep-pak C<sub>18</sub> cartridge와 0.45 $\mu$ m membrane filter를 통과시킨 후 HPLC로 분석하였다. Column은 DIONEX IonPac® ICE-AS6 P/N 46023을 사용하였고, Mobile phase : 0.4mM Heptafluorobutyric acid, Post column reagents : 5mM Tetrabutyl ammonium hydroxide, Suppressor : Anion - ICE MicroMembrane suppressor, Detector : Electro conductivity detector(ECD)를 사용하였고, Flow rate : 0.8ml/min였다.

## 결과 및 고찰

### V/H Ratio 변화

Table 1을 보면 PE film으로 포장한 배추가 포장되지 않은 control에 비해 V/H ratio가 더 높게 유지되고 있으며, 속잎이 겉잎에 비해 V/H ratio가 더 높게 유지되어 시드는 현상이 억제됨을 알 수 있다. Control의 경우 겉잎은 저장 15일만에 V/H ratio가 0.995에서 0.397로 떨어졌으며, 속잎도 0.875로 떨어졌으나 포장된 배추의 경우는 저장 30일까지 0.90이상을 유지하였으며, 30일 이후에도 0.85이상을 유지하였고, 속잎은 60일까지 0.90이상을 유지하였다. Film으로 포장하여 저장한 배추가 더 높은 V/H ratio를 유지하는 이유는 control에 비하여 수분증발에 의한 중량감소와 시드는 정도가 적었기 때문인 것으로 생각된다.

Film으로 포장한 배추의 경우 film의 두께별로 크게 차이는 나지 않았으나 0.03mm film 처리구의 V/H ratio가 조금 높게 유지되었으며, 중량 감소율은 비슷하게 나타났다.

Table 1. Changes in V/H Ratio of winter Chinese cabbage packed in pouch with various thickness of PE film during storage at 2°C

Samples	Portion	Storage period(Days)				
		0	15	30	45	60
Control	Outer leaf	99.5	39.7	33.3	35.8	30.4
	Inner leaf	99.5	87.5	87.3	87.2	40.0
0.03mm PE film	Outer leaf	99.5	96.8	90.2	88.5	88.0
	Inner leaf	99.5	95.8	95.9	95.8	95.7
0.06mm PE film	Outer leaf	99.5	96.3	87.7	86.2	85.2
	Inner leaf	99.5	97.9	97.9	89.6	91.8
0.1mm PE film	Outer leaf	99.5	96.6	90.4	89.7	88.3
	Inner leaf	99.5	96.0	93.9	95.8	92.3

배추 포장 pouch 내의 이산화탄소 및 산소 변화

Pouch내의 CO<sub>2</sub>의 농도를 살펴보면 저장기간이 길어짐에 따라 모든 처리구에서 그 양이 증가하였다. 처리구 모두 15일정도까지는 CO<sub>2</sub>량이 급격히 증가하고 그 이후부터는 거의 일정한 경향을 보였다. CO<sub>2</sub> 발생량이 모든 처리구에서 저장 15일 사이에 급격히 증가한 이유는 포장 film의 투과도보다 호흡량이 많음에 따라 CO<sub>2</sub>가스가 pouch내에 축적되다가 15일 이후에는 pouch내의 CO<sub>2</sub> 농도에 의한 배추의 호흡작용 억제로 CO<sub>2</sub> 발생량이 저장 초기보다 약간 줄어들면서 배추의 CO<sub>2</sub> 발생량과 포장 film의 투과도가 거의 평형을 이룬 것으로 생각된다.

본 실험의 결과에서 film이 두꺼울수록 pouch내의 CO<sub>2</sub>의 양이 많은 것으로 나타났는데, 이는 film이 두꺼울수록 기체 투과도가 낮아서 호흡에 의해 발생된 CO<sub>2</sub>가 저장기간이 길어질수록 film내에 많이 축적되기 때문이다. 한편 실험에 사용된 film의 CO<sub>2</sub> 투과도는 20°C에서 0.03mm는 19892.7ml/m<sup>2</sup>·24hr, 0.06mm는 9462.5ml/m<sup>2</sup>·24hr, 0.1mm는 5309.9ml/m<sup>2</sup>·24hr 였다.

Fig. 2에 나타난 pouch내의 O<sub>2</sub> 농도는 저장기간이 길어짐에 따라 그 양이 감소하는 것을 볼 수 있는데, CO<sub>2</sub>와 같이 15일까지 급격히 감소하다가 그 후에는 변화량이 적었다. O<sub>2</sub>의 농도는 CO<sub>2</sub>와 반대로 film이 두께가 얇을수록 pouch 내의 O<sub>2</sub> 농도가 높았으며, 0.1mm film의 경우 O<sub>2</sub>의 농도가 5% 미만으로 상당히 적음을 알 수 있었다.

결국은 0.1mm와 같이 film이 두껍고, 기체 투과도가 낮으면 저장기간이 길어질수록 pouch내에 공기조성이 크게 달라지기 때문에 저장된 식물의 호흡과 품질에 막대한 영향을 미치며, 특히 낮은 O<sub>2</sub>의 농도는 식물의 호흡에 있어서 조직 내에 ethanol이나 acetaldehyde와 같은 물질을 축적하는 등의 바람직하

지 않은 영향을 미친다(8, 9).

결과적으로 배추 포장 film은 두께가 0.06mm이나 0.1mm의 경우에 pouch 내에 고농도의 CO<sub>2</sub>가 축적되고 상대적으로 낮은 O<sub>2</sub>농도를 초래하기 때문에 바람직하지 않은 것으로 판단되었다.

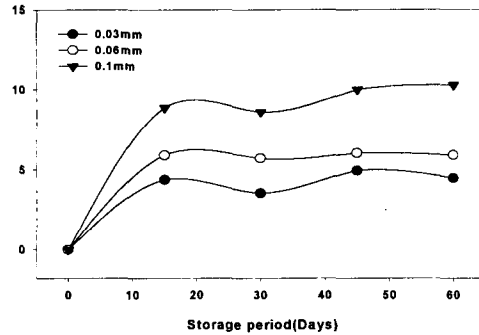


Fig. 1. Changes in CO<sub>2</sub> contents in pouch with various thickness of PE film packing of winter Chinese cabbage during storage at 2°C.

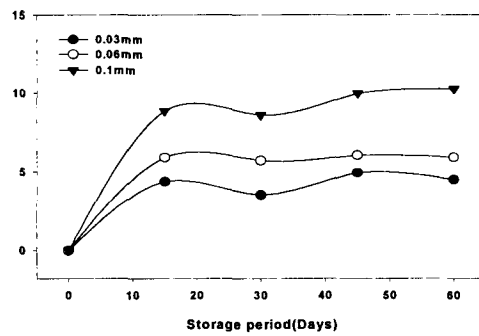


Fig. 2. Changes in O<sub>2</sub> contents in pouch with various thickness of PE film packing of winter Chinese cabbage during storage at 2°C.

Ethanol 함량

저장한 배추의 ethanol 생성량을 측정하여 배추의 노화 및 이취 발생의 척도로 사용하였으며 그 결과는 Fig. 3과 같다. Control의 경우 film으로 포장하지 않았기 때문에 수분이 빠져나가 많이 시들었지만 배추 조직은 film으로 포장한 시료에 비해 부패의 정도가 적었으며 ethanol 생성량도 적었다. 0.03mm PE film처리구의 경우는 다른 film에 비해서 ethanol 축적량은 많지 않았으나 0.06mm와 0.1mm film으로 포장한 배추는 저장 30일 이후부터 ethanol 생성량이 급격히 증가하여 0.03mm의 경우 10ppm 미만인 것에 비하여 0.06mm는 300ppm, 0.1mm는 800ppm으로 높은 ethanol 생성을 보였다.

Fig. 2의 저장배추의 O<sub>2</sub>농도의 변화에서 볼 수 있듯이 0.1mm film내부의 O<sub>2</sub>농도가 5%미만으로 비교적 낮았기 때문에 그에 따른 무기호흡의 결과로 ethanol 생성량이 증가한 것으로 생각되는데, 이는 Max 등(10)의 혐기적이거나 낮은 O<sub>2</sub> 농도의 CA저장조건에서 사과를 저장했을 때 ethanol과 acetaldehyde가 조직 내에 축적된다는 보고와 일치하였다. 또한 0.01mm PE film으로 포장한 배추가 이취 및 조직의 부패도가 가장 심하였는데 이것은 배추를 밀폐하면 고농도의 CO<sub>2</sub>와 수분에 의해 심한 장해를 받는다고 보고한 양 등(4, 6)의 결과와도 일치하였다. 그러나 저장 45일까지 급격히 증가했던 ethanol은 저장 45일 이후부터 감소하는데 이것은 조직 내에 축적된 ethanol이 세포막의 손상을 유발하고 이에 따른 세포의 파괴에 의한 물질대사의 감소 혹은 세포의 괴사에 원인이 있는 것으로 생각된다(11).

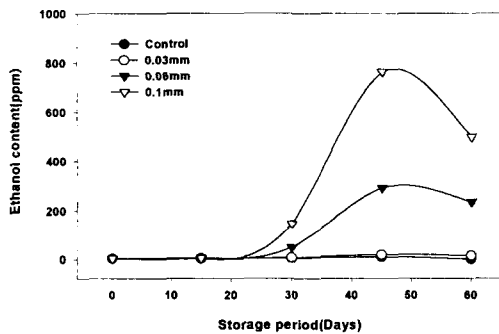


Fig. 3. Changes in ethanol contents in pouch with various thickness of PE film packing of winter Chinese cabbage during storage at 2°C.

#### 유리당 변화

Table 2는 저장중 배추의 유리당 함량을 HPLC로 분석한 결과이다. 배추의 주된 유리당은 glucose, fructose, sucrose이나 sucrose는 매우 소량 존재한다. Control의 경우는 저장초기 glucose 함량이 18.3 mg/g 이던 것이 저장 15일만에 반 이상 감소하였으며, 그 후에는 거의 비슷한 값을 유지하였다. PE film 포장의 경우는 저장 15일째 배추의 glucose함량이 0.03mm PE film pouch가 18.3 mg/g에서 9.3 mg/g, 0.06mm가 12.0 mg/g, 0.1mm가 18.3 mg/g에서 14.7 mg/g로 감소하였고, 그 이후에도 조금씩 감소하였다. fructose 역시 control의 경우 저장 15일 만에 18.0 mg/g에서 7.3 mg/g으로 급격히 감소하였으나 그후에는 거의 일정하였는데 전반적으로 0.1mm 두께의 film을 사용한 경우가 가장 감소량이 적었다.

배추의 유리당은 저장 0일에서 15일 사이에 당이 급격히 감소하고 그 이후에는 변화가 적었는데 이렇게 저장 15일만에 glucose와 fructose가 급격히 감소한 이유는 배추의 저장 초기 호흡률이 높았던 것이 그 원인인 것으로 보여진다.

#### 유기산 변화

Table 3은 저장중 배추의 유기산 함량을 HPLC로 분석한 결과로서 control의 경우 전체적으로 유기산의 감소량이 가장 적었는데, 이는 포장하지 않았기 때문에 점차 수분이 증발하면서 상대적으로 유기산이 많이 검출된 것으로 보여진다. 모든 처리구에서 malic acid는 저장 30일까지 조금씩 감소하다가 그 이후 조금 증가하는 경향을 보였다. PE film 포장 처리구에서는 저장 15일째를 기준으로 볼 때 0.03mm는 1.33 mg/g에서 1.23 mg/g으로 소량 감소되었으나 0.1mm는 1.33mg/g에서 0.63mg/g으로 급격히 감소되어 film이 두꺼울수록 malic acid의 감소량이 많았다.

Citric acid의 경우도 포장하지 않은 control이 가장 높은 값을 유지하였으며, film별로는 malic acid와 마찬가지로 두께가 두꺼울수록 감소량이 많았다.

Lactic acid와 acetic acid는 매우 소량 존재하였으며, lactic acid의 경우에는 저장 0일째 보다 저장기간이 길어질수록 약간 증가하였다. 이러한 현상에 대해 Chen 등(12)은 lactic acid bacteria의 존재하에서 malolactic enzyme에 의해 malic acid가 lactic acid와 CO<sub>2</sub>로 분해된다고 설명하고 있다.

Table 2. Changes in free sugar contents of winter Chinese cabbage packed in pouch with various thickness of PE film during storage at 2°C

Samples	Storage period(Days)				
	0	15	30	45	60
(Unit : mg/100g)					
Glucose					
Control	1830	670	670	700	730
0.03	1830	930	830	500	730
0.06	1830	1200	830	580	520
0.1	1830	1470	700	620	620
Fructose					
Control	1800	730	800	840	860
0.03	1800	1270	970	580	780
0.06	1800	1270	830	620	520
0.1	1800	1470	730	620	760
Sucrose					
Control	-	30	100	50	40
0.03	-	70	100	260	60
0.06	-	130	270	190	160
0.1	-	30	270	250	180

Table 3. Changes in organic acid contents of winter Chinese cabbage packed in pouch with various thickness of PE film during storage at 2°C

(Unit : mg/100g)

Samples	Storage period (Days)				
	0	15	30	45	60
Malic acid					
Control	133	163	81	115	152
0.03mm PE film	133	123	83	105	118
0.06mm PE film	133	103	63	87	107
0.1mm PE film	133	63	48	87	89
Citric acid					
Control	26	17	11	16	14
0.03mm PE film	26	13	9	13	9
0.06mm PE film	26	7	4	2	7
0.1mm PE film	26	4	5	1	11
Lactic acid					
Control	-	5	5	2	6
0.03mm PE film	-	5	3	-	2
0.06mm PE film	-	4	4	5	4
0.1mm PE film	-	-	4	5	0.1
Acetic acid					
Control	7	7	6	4	4
0.03mm PE film	7	4	5	5	6
0.06mm PE film	7	5	12	13	9
0.1mm PE film	7	4	22	10	7

## 요 약

배추의 V/H ratio는 PE film으로 포장한 배추가 포장하지 않은 control에 비해 더 높게 유지되고 있으며, 속잎이 겉잎에 비해 V/H ratio가 더 높게 유지되었다. Pouch내의 CO<sub>2</sub>의 농도는 처리구 모두 15일 정도까지는 CO<sub>2</sub>량이 급격히 증가하고 그 이후부터는 거의 일정한 경향을 보였다. pouch내의 O<sub>2</sub> 농도는 저장기간이 길어짐에 따라 15일까지 급격히 감소하다가 그 후에는 변화량이 적었다. O<sub>2</sub>의 농도는 CO<sub>2</sub>와 반대로 film의 두께가 얇을수록 pouch 내의 O<sub>2</sub> 농도가 높았으며, 0.1mm film의 경우 O<sub>2</sub>의 농도가 5% 미만으로 상당히 적었다. 무처리구의 경우 수분이 빠져나가 많이 시들었지만 조직은 PE film포장 시료에 비해 많이 부패하지 않았기 때문에 ethanol 생성량도 많지 않았으며, 0.03mm film의 경우도 다른 film 포장 처리구에 비해서 ethanol 축적량이 많지 않았다. 그러나 0.06mm와 0.1mm film으로 포장한 배추는 저장 30일 이후부터 ethanol 생성량이 급격히 증가하였다. 저온에서 저장한 배추의 유리당 함량을 HPLC로 분석한 결과, 저장 0일에서 15일 사이에 당이 급격히 감소하고 그 이후에는 변화가 적었다. 배추의 유기산 함량은 control의 경우 전체적으로 유기산의 감소량이 가

장 적었으며, film별로는 두께가 두꺼울수록 감소량이 많았다. Lactic acid와 acetic acid는 매우 소량 존재하였으며, lactic acid의 경우에는 저장 0일째 보다 저장기간이 길어질수록 약간 증가하였다.

## 감사의 글

본 연구는 '95~'98 선도기술개발과제인 '김치 제조공정의 개선 및 보존성 증대를 위한 신기술 개발'의 일환으로 수행되었으며 연구비 지원에 대하여 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 윤인화 (1994) "김치의 과학". 한국식품과학회, 심포지움발표논문집, p.36
2. 홍석인, 박노현, 김길환 (1994) 포장방법에 따른 김치의 품질변화. 한국식품과학회, 심포지움 발표논문집, p.384
3. 박완수, 구영조, 이명기, 이인선 (1994) 김치제조용 원료의 가공특성 및 역할. 한국식품과학회, 심포지움발표논문집, p.247
4. 양용준, 정진철, 장탁중, 이시열, 백운화 (1993) 온도 및 포장방법에 따른 저온 저장 봄배추의 호흡량 및 감모율. 한국원예학회지, 34(4), 267-272
5. 이동선, 신동화, 민병용 (1979) 배추가공저장시험. 농어촌개발공사 식품연구사업보고
6. 양용준, 정진철, 장탁중, 이시열, 백운화 (1993) 가을 배추의 장기 저온저장 중 저장성에 미치는 품종 및 포장방법의 효과. 한국원예학회지, 34(3), 184-190
7. Nawa, Y., H. Hosoda and M. Kurogi (1980) Biochemical studies on post-harvest quality changes in vegetables, Part 6. Effect of low temperature on leaf senescence of Chinese cabbage during storage. *Rept. Natl. Food. Res. Inst.*, 37, 25-37
8. Stumpf P. K. and E. E. Conn (1980) The Biochemistry of Plants. Volume 2. Metabolism and Respiration, Academic Press, 419-458
9. Michael K. and G. S. Stephen (1981) The Metabolism of Alcohols by Apple Fruit Tissue. *J. Sci. Food Agric.*, 32, 593-600
10. Max E. P. and W.C. Nichols (1988) Metabolic Response of 'Delicious' Apples to Carbon Dioxide in Anoxic and Low-oxygen Environments. *HortScience*, 23(5), 866-868

11. 최성진 (1997) '후지' 사과 과실의 과육 갈변과 관련된 생리적 특성. 한국원예학회지, 38(3), 250-254
12. Chen K. H., R. F. McFeeters and H. P. Flemings (1983) Bacteria in Green Bean Juice. *J. Food Sci.*, 48, 962-966
- 
- Fermentation Characteristics of Heterolactic Acid (1999년 3월 20일 접수)