

최 종  
연구보고서

## 김치의 고품질 상품화 기술개발

A Comprehensive Study on Production  
of Kimchi Products with High Quality

고품질 김치 상품 유통을 위한 발효적응형  
김치포장기법 개발

Development of Improved Packaging Systems for  
Fermentation and Distribution of Kimchi Products

협동연구기관

부 산 대 학 교

농 립 부



# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “김치의 고품질 상품화 기술개발” 과제 (협동과제 “고품질 김치상품 유통을 위한 발효적응형 김치 포장기법 개발에 관한 연구”)의 최종보고서로 제출합니다.

2000. 10. 7.

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 박완수

협동연구기관명 : 부산대학교

협동연구책임자 : 최홍식

연 구 원 : 이동선 (경남대학교)

연 구 원 : 전영수

연 구 원 : 송영옥

연 구 조 원 : 엄수현

연 구 조 원 : 김진순

연 구 조 원 : 김현영

연 구 조 원 : 황정희

연 구 조 원 : 전정태

연 구 조 원 : 임수선

연 구 조 원 : 신동혁(경남대학교)

연 구 조 원 : 김영민(경남대학교)

여 백

# 요 약 문

## I. 제 목

(협동과제명) :

**고품질 김치상품 유통을 위한 발효적응형 김치포장기법 개발**

(세부과제연구책임자: 부산대학교 김치연구소 최홍식)

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

본 연구과제 개발의 목적은 김치포장상품에서 일어나는 부피팽창과 그로 인한 품질 손상을 최소화 할 수 있는 고품질 김치 상품 유통을 위한 발효적응형 김치포장기법을 개발하는 데 있다. 이를 위하여 i) 기존 김치포장방법의 발효폐턴을 검토하고, ii) 김치포장내 압력변화 및 가스조성 변형의 원리를 규명하며, iii) 내압 및 통기포장(용기)검토, iv) 내압 및 통기조절 포장기법 v) 이에 대한 다양한 식품학적 평가를 실시하고자 한다. 최근 국내외적으로 고품질의 김치 상품이 크게 요청되고 있으며, 이러한 경향은 일본 등 수출용 상품에서 더 요청된다. 김치의 포장은 일반적으로 유리병이나 플라스틱 성형용기 또는 파우치(pouch)형태의 포장재가 주로 유통되고 있다. 이러한 김치포장은 유통과정중 김치의 지속적인 발효로 인하여 김치가 숙성되고 내부에 CO<sub>2</sub>가 발생되며 이로 인하여 유리병과 같은 성형용기에서는 내부에 압력이 발생하고 파우치 포장의 경우는 부피가 팽창하게 된다. 유리병 포장의 김치는 유통과정 중 내부 압력의 증가로 뚜껑이 벌어지게 되어 김치 국물이 누출되고, 플라스틱 성형용기나 파우치 포장의 경우 포장 용기의 팽창과 이에 따른 파손으로 인하여 상품성이 저하되고 있다. 이러한 현상은 김치의 숙성과정에서 발생하는 CO<sub>2</sub>에 의한 내

부 압력의 증가에 기인하는 것으로 김치 자체의 품질저하보다는 포장의 파손으로 인하여 상품성을 저하시킨다. 따라서 최근 포장상품 및 포장방법 개선에 대한 산업계의 요구가 크게 증대되고 있다. 본 연구결과에서 기대되는 효과는 여러 가지 면에서 획기적일 것으로 사료되며 특히, 저장성 있는 고급품질의 김치상품공급, 수출상품의 포장고급화, 김치산업의 유통조절가능, 그리고 국민건강증진 등의 파급효과를 창출할 수 있을 것으로 사료된다. 결과적으로 김치에 대한 안정적인 수요창출로 농가소득향상에 기여하고 김치의 수출증대를 이룩하게 되며 내압과 통기조절 포장기법의 개발이 성취됨으로써 유통관리의 조정이 가능하고 상품의 질을 크게 향상시킬 수 있다. 또한 김치의 포장과 유통에 관련된 기술개발에 의하여 양질의 김치상품을 공급함으로써 김치의 대량유통 및 소비가 가능하며 김치관련 산업계의 발전과 성장은 물론 농가소득증대에 기여할 것으로 판단된다. 한편 학술적인 면 그리고 산업적인 응용면에 이어, 결과적으로 국민의 건강 증진과 국민보건에 크게 이바지할 수 있으며, 더 나아가 민족 전통 식품인 김치를 지속적으로 계승발전시킬 수 있는 계기가 될 것으로 기대된다.

### Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

위에서 제시된 연구목적을 달성하기 위하여 본 연구는 다음과 같은 내용과 범위로써 연구를 진행하였다.

- 시판김치 포장의 특성 및 현황 분석 : 시판되고 있는 김치 상품의 포장현황을 조사하고 그 중 포장용기로 선정된 유리병 포장(특히 감압 및 내압조절형 병포장)과 nylonPE(60 $\mu$ m두께) 포장 김치의 발효패턴을 검토하였다 또한 이들의 향미와 보존성을 검토하기 위해 저장중 색도의 변화 특히 L값, a값의 변화를 규명하였으며 또한 외관(appearance), 신내(acidic flavor), 신맛(acidic taste), 군덕내(moldy)등과 전반적인 맛, 풋내, 경도 등에 대한 관능검사를 실시하였다.

- 김치의 발효특성 및 CO<sub>2</sub> 발생특성 규명 : 김치중 맛김치, 깍두기, 갓김치, 백김치, 나박김치등의 5종을 대상으로 하여 4℃와 15℃조건으로 하여 발효중 pH변화, 산도의 변화와 함께 CO<sub>2</sub>발생특성을 살펴보았다.
- 김치 포장의 압력발생 및 부피팽창에 미치는 변수 규명 : 김치의 강성용기포장과 유연포장에 대해서 CO<sub>2</sub> 발생과 투과성 필름을 통한 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>의 투과를 포함시킨 수학적 모델을 확립하고 여러 조건에 따른 압력 및 부피의 변화를 예측하였다. 염도 3%인 김치를 15℃에서 저장시에 여러 변수가 포장의 압력이나 부피에 미치는 영향을 살펴본 다음, 온도가 적숙 및 과숙상태인 김치의 포장에서 압력과 부피에 미치는 영향을 분석하였다.
- 포장조건에 따른 김치의 발효특성 : 병포장 김치를 충전량과 진공도를 다르게 포장하고 15℃에서 저장하면서 pH, 총산, 이산화탄소 발생을 측정하였다.
- 김치포장용 유연포장필름의 발굴 : 높은 이산화탄소 투과도를 갖는 무정형 나일론 적층필름인 P71197이 김치의 유연포장에서 김치발효시 생성되는 CO<sub>2</sub>의 효과적인 방출과 N<sub>2</sub> 및 O<sub>2</sub>로 이루어진 외부 기체의 유입을 최소화함으로써 부피팽창을 방지하는 효과를 기대할 수 있어서 이의 김치포장에서의 적용가능성을 실험적으로 평가하였다.
- 김치포장용 불리직 이산화탄소 흡수 포장소재의 개발 : 제올라이트와 활성탄과 같은 불리직인 이산화탄소 흡착제가 김치포장에서 이산화탄소 발생으로 인한 압력상승과 부피팽창을 완화시키는 수단으로서 연구하였다.
- 내압조절 김치포장 시스템 개발 : 김치포장 내에서 생성되는 이산화탄소를 화학적 반응에 의하여 제거할 수 있는 여러 가지 화합물의 이산화탄소 제거특성과 그 능력을 비교검토하였다. 기존에 상업적으로 사용되는 탄산칼슘 (Ca(OH)<sub>2</sub>)에 비교하여 다양한 조건으로 사용될 수 있는 이산화탄소 흡수제로서 탄산나트륨 (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

을 발굴하였고 이의 김치포장에의 적용방법을 고안하였다.

- 통기조절 김치포장 시스템 개발 : 통기조절의 수단으로서 핀홀을 이용한 포장김치의 저장실험을 수행하였다. 950ml의 유리병에 직경과 길이를 다르게 한 핀홀을 장착시키고 600g의 김치를 포장하고 15℃에서 저장하면서 포장내 기체조성의 변화, 총산 및 pH를 측정하였다. 또 여러 가지 필터를 이용하여 핀홀의 효과를 증진시키고자 하였고 실제 병포장에 부착시킬 수 있는 원형으로된 모형을 만들어 실험에 적용을 시켜 이화학적 실험, 관능검사, 미생물 실험등을 행하였다.

#### IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 시판김치 포장의 특성 및 현황 분석의 분야에서는 현재 시판되고 있는 김치 상품들의 활용빈도등을 고려해 볼 때 유연포장의 경우는 Al-laminated film계열이, 강성포장재로서 수출용은 유리병, PET병이 주를 이루고 국내용은 주로 PET병이 이용되고 있다. 따라서 유통과정중 가스발생에 의한 부피팽창과 과열의 문제점이 있으며 일부 업체에서는 진공포장과 가스흡수제를 사용하고 있으나 생성되는 가스 처리에 한계가 있음을 알 수 있다. 고품질 김치상품의 유통을 위해서는 발효적응형 김치포장기법이 보다 적극적으로 연구개발되어야 할 것으로 생각된다.
2. 김치의 발효특성 및 CO<sub>2</sub> 발생특성의 분야에서는 김치중 맛김치, 깍두기, 갓김치, 백김치, 나박김치등의 5종을 대상으로 4℃와 15℃조건으로 하여 발효중 pH변화, 산도의 변화와 함께 CO<sub>2</sub>발생특성을 살펴보았다. 발효진행에 따라 CO<sub>2</sub>생산은 빠른 속도의 1단계와 느린속도의 2단계 발효 경향(맛김치, 깍두기)과 일정속도의 발생경향(갓김치)등 각각 달리 나타내고 있다. 또한 물김치류에서는 나박김치에서 더 많았고(높았고) 풀의 첨가는 제품종류 간의 차이를 줄였고 지속적인 CO<sub>2</sub>발생 경향을 보였다. 깍두기가 가장 먼저 급격한 pH저하를 보여주고 pH3.5부근에서 거



의 평행한 수준으로 유지하였고 맛김치는 pH3.8~4.0까지는 급격한 저하현상을 보이다가 약 5일 이후에 pH3.7~4.0의 범위를 나타내고 있어서 발효진행중 맛김치와 깎두기의 pH변화는 상이하였다. 산도는 깎두기와 맛김치는 발효 5일째까지 급격한 증가를 보였다. 맛김치는 pH와 총산의 변화에서 가장 느린 발효의 진행을 보여주었다. 백김치, 나막김치와 같은 물김치에서의 pH는 큰 차이가 없었고 총산에 있어서는 풀을 첨가한 김치에서 총산의 증가가 더욱 컸다. 이것은 풀의 첨가가 꾸준하고 지속적인 CO<sub>2</sub>발생을 보일뿐 아니라 양념 등의 차이에 의한 김치간의 CO<sub>2</sub> 발생에서의 차이를 없애는 역할을 하는 것으로 해석된다.

3. 김치 포장의 압력발생 및 부피팽창에 미치는 변수 규명의 분야에서는 김치의 강성용기포장과 유연포장에 대해서 압력 및 부피의 변화를 예측할 수 있는 수학적 모델을 확립하고 여러 조건의 영향을 분석한 결과, 400 g 단위의 강성용기에 대해서 CO<sub>2</sub> 투과도가 높은 시트와 초기 진공포장의 적용에 의하여 압력완화의 목적을 얻을 수 있으며, 추가적으로 충전량을 작게 하면 압력발생을 줄일 수 있었다. 3 kg 단위의 유연포장에 대해서 LDPE 및 PP와 같은 기체투과성이 큰 플라스틱 필름에 의하여 부피 팽창을 줄일 수 있으며, 특히 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>에 비해 CO<sub>2</sub>의 투과가 큰 필름이 이에 효과적이었다. 기체투과도가 큰 유연포장의 표면적을 증가시킴에 의해서 부피팽창을 줄이는 효과는 거의 없었다. 비투과성 강성용기 및 유연포장에서 과숙상태에서 (총산 1.0%) 얻어지는 압력과 부피는 저온일수록 증가하였으나, 적숙상태에서는 (총산 0.6%) 온도의 영향은 아주 경미하였다. LDPE의 투과성 강성용기포장에서 모든 숙성단계에서 얻어지는 압력은 온도증가에 따라 약간 증가하였으며, 유연봉지에서는 온도의 영향이 미미하였다.
4. 포장조건에 따른 김치의 발효특성을 측정 비교한 결과, 부피 950 mL의 병에 충전 포장된 김치에서 총산 0.4% 이하의 발효초기에는 충전량이 작을수록 pH가 낮고 총산이 높아서 김치발효가 약간 빨랐으나, 그 이후에는 pH, 총산 모두에서 비슷

한 수준을 보였다. 김치로부터의 단위중량기준 CO<sub>2</sub> 생산은 충전량 300g 단위가 유의하게 빨랐으나, 500g 충전과 700g 충전은 서로간에 뚜렷한 유의성있는 차이를 보이지는 않았다. 일반적인 충전량이 950 mL 용기에 600g 이상임을 고려한다면 현실적인 포장조건에서의 충전량이 CO<sub>2</sub> 생산속도에 미치는 영향은 크지 않을 것으로 평가되었다. 1 L 유리병 용기에 600g 단위로 포장된 김치에서 진공도가 낮을수록 CO<sub>2</sub>발생은 유의하게 높았고, pH와 총산의 변화에서는 낮은 진공도에서 약간 빨랐다. 높은 진공도 조건에서 CO<sub>2</sub> 발생이 크므로 압력상승이 상대적으로 크지만, 진공포장을 하면 저장 초기에 1기압 이하로 유지할 수 있는 이점으로 인하여 진공포장은 압력발생을 완화시킬 수 있는 좋은 보조수단이 될 수 있는 것으로 판단된다.

5. 김치포장용 유연포장필름의 발굴의 분야에서 높은 이산화탄소 투과도를 갖는 무정형 나일론 적층필름인 P71197의 김치포장에서의 적용가능성을 실험적으로 평가하였다. 염도 2.5%의 김치를 3 kg, 1 kg, 500g, 80g 단위로 포장하여 30℃, 22℃, 13℃, 5℃에서 저장하면서 포장 부피, 포장내 기체조성, pH, 총산의 변화를 측정함에 의하여 그 적용성을 평가하고 가능한 이용범위를 제시하고자 하였다. 포장단위가 클수록 무게대비 표면적 비율이 낮음으로 단위 중량당 부피팽창이 컸으며, 80g의 경우는 모든 온도에서 큰 부피 팽창이 발생하지 않았고, 500g의 경우 13℃이하의 온도에서 비교적 부피팽창이 작아서 현실적인 유통에 적합한 것으로 나타났다. 1 kg과 3 kg 단위는 5℃를 제외한 모든 온도에서 상당한 부피 팽창을 보였다. 모든 조건에서 공통적으로 발효 초기에 급격한 팽창을 보이고, 그 이후에 완만해지거나 감소하는 경향을 보였다. 포장내 기체조성의 경우 3 kg 및 1 kg 단위의 포장에서는 CO<sub>2</sub>가 계속 높게 유지되었고, 500g과 80g의 포장에서는 저장기간이 오래 경과함에 따라 CO<sub>2</sub> 농도가 감소하는 경향이 보였다. pH와 총산도로 대표되는 발효진행속도에 있어서는 포장 단위간에 큰 차이를 보이지 않았지만, 소포장의

경우가 약간 빨랐으며, 특히 80g 단위의 경우 다른 포장단위에서보다 빨랐다. 따라서 이산화탄소 투과도가 높은 무정형 나일론 적층필름을 사용함에 의하여 작은 포장단위의 김치를 비교적 저온에 유통하는 경우에 현실적으로 큰 부피팽창 없이 이용할 수 있고, 외부로의 냄새등의 유출문제는 없었다.

6. 김치포장용 물리적 이산화탄소 흡수 포장소재의 개발의 분야에서는 물리적인 이산화탄소 흡착제를 이용한 김치포장의 압력상승과 부피팽창을 완화시키는 방법에 대하여 연구한 결과, 제올라이트가 활성탄에 비해 이산화탄소 흡수 능력에서 우수하였고, 수증기로부터 보호되는 경우 이산화탄소 흡착평형을 유지하였다. 높은 이산화탄소 투과도와 제한된 수증기 투과도를 갖는 플라스틱 필름이 제올라이트 흡수속도를 제어할 수 있었다. 제올라이트에 대한 수분보호성을 향상시키기 위하여 실리카겔이 봉지내에 함께 사용되는 것도 효과적이었다. 플라스틱 필름봉지에 밀봉된 제올라이트계 기체 흡착시스템은 15℃에 저장된 김치포장의 내부 압력과 부피의 증가를 유의하게 낮추어 줄 수 있었다. 그리고 이는 또 초기 진공의 일부도입과 병용함으로써 김치의 병포장이나 반강성 플라스틱 포장에서 김치 품질이 적정하게 유지되는 범위내에서의 압력발생이나 부피팽창의 문제를 완화시킬 수 있었다.

7. 내압조절 김치포장 시스템 개발의 부문에서는 이산화탄소를 화학적 반응에 의하여 제거할 수 있는 여러 가지 화합물에 의한 김치포장의 압력발생과 부피팽창의 완화를 연구한 결과, 기존에 상업적으로 사용되는 탄산칼슘 ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )에 비교하여 다양한 조건으로 사용될 수 있는 이산화탄소 흡수제로서 탄산나트륨 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )을 발굴하였고 이의 김치포장에의 적용방법을 고안하였다. 탄산나트륨은 적절한 수분 투과성을 갖는 플라스틱 봉지에 담아서 김치 포장에 장착시키면, 포장내에서 발생하는 이산화탄소를 원하는 속도로 제거할 수 있었다. 또한 필요에 따라서 탄산나트륨을 수산화칼슘이나 제올라이트와도 함께 혼합하여 사용하면서 상호보완적이

고 상승적인 이산화탄소의 제거효과를 얻을 수도 있었다. 그리고 목적에 따라서는 이러한 혼합소재들을 플라스틱 봉지에 담은 형태나 플라스틱 시트로 제작하여 포장내에 장착시킬 때, 김치 포장에서 압력발생이나 부피팽창을 완화시킬 수 있었다.

8. 통기조절 김치포장 시스템 개발의 부문에 있어서는 통기조절 장치로서 핀홀이 존재할 때 그리고 15℃, 염도는 2.5%내외로 하여 특성을 파악하고자 하였다. 핀홀을 장착시킨 포장내 기체조성의 변화는 밀폐된 포장과 다른 양상을 보였다. 즉, 핀홀을 가진 포장에서 이러한 기체조성의 변화는 통기성으로 인한 것이며, 전체압력도 1기압 수준을 유지시켜 주었다. 또한 김치가 적숙상태로 익었을 때 포장내에 높은 CO<sub>2</sub>분압을 형성시켜 이때 탄산미가 나는 김치로 익게하는 장점을 가졌다. 핀홀로 인한 불쾌한 냄새의 유출을 막는 데 효과가 좋은 필터로는 활성탄(active carbon) sheet 였다. 충전량에 따른 적정 핀홀의 크기는 직경 0.1mm~0.3mm, 길이 10mm 이상의 것으로 높은 CO<sub>2</sub>분압을 형성시키며 압력발생을 완화시키는 용도로서 적당한 것으로 판단되었다. 이러한 것을 종합해서 compact한 원형의 모형을 제작하여 실제 병포장등에 이화학적 실험, 관능검사와 미생물 실험등을 행하였더니 효과가 있는 것으로 나타났다.

결론적으로 본 연구에서는 다양한 발효조건에서 김치의 품질을 효과적으로 보존하면서 압력발생과 부피팽창이 없는 김치포장의 설계와 제작에 대하여 몇가지 방안(위 3~8항)을 제시하였고, 앞으로 이의 실용적인 적용을 위하여 관련 업계와 지속적인 접촉과 기술이전과정이 필요하며, 본 연구팀은 이를 위해 지속적으로 노력할 것이다. 또한 본 연구 결과를 보다 적극적으로 활용하기 위하여 계속적으로 정책적인 경제적인 지원이 필요할 것이다.

## V. 주요실적 및 성과

### 가. 특허출원 등 (3건)

- ① 최홍식, 이동선 : 압력발생 및 부피팽창을 완화시키는 김치의 포장 기법  
특허출원 제 10-1999-15324호 (1999. 4. 29)
- ② 최홍식, 이동선, 신동혁 : 이산화탄소 흡수속도를 제어할 수 있는 탄산나트륨을 유효성으로 하는 이산화탄소 흡수제  
특허출원 제 10- 2000-0052332호 (2000. 9. 6)
- ③ 최홍식, 이동선, 임수선 : 발효식품에서 가스발생에 의한 팽창방지 간이 시스템  
실용신안출원 준비중

### 나. 학술발표

- ① 제 목 : 포장단위 및 저장온도가 투과성 유연 김치포장의 팽창에 미치는 영향  
발 표 자 : 박은숙, 임지원, 최홍식, 이동선  
발표학회 : '99 춘계 식품관련학회 연합학술대회 (고려대학교, 1999년 6월 5일 발표)
- ② 제 목 : 불리적 CO<sub>2</sub> 흡착제에 의한 김치포장에서의 압력 및 부피 팽창의 완화  
발 표 자 : 이동선, 신동혁, 전정태, 최홍식  
발표학회 : '99 춘계 식품관련학회 연합학술대회 (고려대학교, 1999년 6월 5일 발표)
- ③ 제 목 : Characterizing CO<sub>2</sub> production from *kimchi*, a Korean fermented vegetable for designing its package without volume expansion and pressure build-up  
발 표 자 : Dong Sun Lee, Dong Hyuk Shin and Hong Sik Cheigh

발표학회 : 2000년 미국 식품공학회 (IFT) 연차대회

장 소 : 미국 Dallas, Dallas Convention Center

일 시 : 2000. 6. 10. ~ 2000. 6. 14.

- ④ 제 목 : 유연포장김치의 발효변수에 따른 부피변화와 CO<sub>2</sub>발생특성

발 표 자 : 최홍식, 전정태, 이동선

발표학회 : 제23회 한국생명과학회 학술발표회 (창원대학교 1999년 3월 29일 발표)

- ⑤ 제 목 : Pinhole을 사용한 김치병포장의 CO<sub>2</sub>분압조절 및 최적화

발 표 자 : 임수선, 최홍식, 이동선

발표학회 : 한국식품영양과학회 제47차 학술발표회 (강원대학교, 2000년 6월 3일 발표)

#### 다. 논문게재 (국내 3건, 해외 3건)

- ① 전정태, 최홍식, 신동혁, 이동선 : 김치포장의 압력 및 부피변화에 영향을 미치는 인자의 분석, 한국식품영양과학회지, 28권 2호, 429-437 (1999)

- ② 전정태, 최홍식, 이동선 : 김치종류별 CO<sub>2</sub> 발생 특성, 한국식품영양과학회지, 작성중

- ③ 임수선, 최홍식, 이동선 : 통기성 김치포장이 김치품질에 미치는 영향, 한국식품영양과학회지, 작성중

- ④ 박은숙, 임지원, 최홍식, 이동선 : Effect of Packaging Unit and Temperature on the Flexible Permeable Packaging of *Kimchi* during Fermentation. Package Technology and Science, 투고중 (2000)

- ⑤ 이동선, 신동혁, 최홍식 : The Use of Physical Carbon Dioxide Absorbents to Control Pressure Buildup and Volume Expansion of *Kimchi* Packages, Journal of Food Engineering, 인쇄중 (2000)

- ⑥ 이동선, 신동희, 최홍식 : The Use of Sodiuml Carbonate as a Carbon Dioxide Absorbent to Control Pressure Buildup and Volume Expansion of *Kimchi* Packages. Journal of Food Science, 작성중 (2000)

라. 홍보사항 (2건)

- ① “팽창방지 세포장기법” - 국제신문 (1999. 5. 15)  
② “팽창방지, 세 김치포장기법 개발” - 식품음료신문(1999. 5. 17)

여 백



# SUMMARY

## Subtitle 11:

### Development of Improved Packaging Systems for Fermentation and Distribution of *Kimchi* Products

(PI: Prof. Hong-Sik Cheigh, *Kimchi* Research Institute, Pusan National University)

Studies were carried out for the development of improved packaging systems controlling pressure and volume expansion inside of package of *kimchi* products during fermentation, distribution and marketing. For these studies overall survey on the present status of packaging technology for commercialized *kimchi* products was conducted and it was concluded that the present packaging systems had a serious problems including the poor quality and external appearance of product package. Especially the over pressure and volume expansion of package from continuous fermentation during distribution and marketing were considered as the most serious problem at the present time. In a survey on the current status of *kimchi* packaging it was found that there are common packaging process of Al-laminated film bag and glass bottle or PET vessel in export market and in domestic market. With this packaging system, some vacume treatment and gas absorbent are also used in a part of products. However, those treatments were considered not to have positive solution for in the indicated problems above in a sense. Therefore, improved packaging system was seriously needed for the

*kimchi* products with high quality. The research results in this project were summerized as follows.

In the study on the characteristics of CO<sub>2</sub> production and volume change in packages during *kimchi* fermentation, followings were investigated. The CO<sub>2</sub> production, pH and total acidity during storage at 4°C and 15°C of different types of *kimchi* were studied by comparison method. The CO<sub>2</sub> production of *kimchi* could be analysed to consist of two stage types of constant rate. *Kimchis*, cut *Korean cabbage kimchi* and *kaktugi* were sensitive to temperature and there were the first stage of fast increase rate and the second stage of regular increase rate. However, mustard leaf *kimchi* was only one stage type of constant increase. This *kimchi* with starch solution as a part of ingredients was higher values than that with water solution in total acidity during fermentation. Although there was sensitive to temperature for CO<sub>2</sub> production, the stage was changed from fast increase rate to regular increase rate but those had only constant increase of CO<sub>2</sub> production.

In the study of the analysis of variables influencing the pressure buildup and volume expansion of *kimchi* package, a mathematical model was established for estimating changes in pressure and volume of permeable *kimchi* packages. The model comprises the CO<sub>2</sub> gas production from *kimchi* and permeation of O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> through the permeable film or sheet. Using the developed model, the effects of various packaging variables on the pressure and volume changes were analyzed for rigid and flexible packages of *kimchi* (3% salt content) at 15°C, and then effect of storage temperature was also looked into. In case of rigid pack of

400 g, using the plastic sheet of high CO<sub>2</sub> permeability and initial vacuumizing can help to relieve the problem of pressure buildup. The lower fill weight can further reduce the pressure, but will result in higher packaging cost. For the flexible package of 3 kg, highly permeable films such as low density polyethylene (LDPE) and polypropylene can reduce the volume expansion. Higher ratio of CO<sub>2</sub> permeability to O<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> permeabilities are effective in reducing the volume expansion. Increased surface area cannot contribute to reduction of volume expansion for highly permeable flexible packages of *kimchi*. For the impermeable packages, pressure and volume at over-ripening stage (acidity 1.0%) increase with decreased temperature, while those at optimum ripening stage (acidity 0.6%) change little with temperature. Pressure of permeable rigid LDPE package increases with temperature at any ripening stage, and temperature affects the volume of flexible LDPE package very slightly.

In the study of the characterizing CO<sub>2</sub> production and fermentation of *kimchi*, the product of 2.5% salt content was packaged in 950 mL glass jars under different conditions of fill-weight and vacuum, and stored at 15°C. Headspace CO<sub>2</sub> concentration and product acidity were measured through the storage to see the degree of CO<sub>2</sub> production and fermentation progress in *kimchi*. CO<sub>2</sub> production was obtained as sum of CO<sub>2</sub> gas in headspace and that dissolved in *kimchi*, which could be calculated by Henry's law. The CO<sub>2</sub> production rate data was then used for deciding adequate amount of CO<sub>2</sub> adsorbing sachet, which was applied to the rigid and semi-rigid packages of *kimchi*. Smaller fill weight and higher degree of initial vacuum in *kimchi* package resulted in significantly higher rates of CO<sub>2</sub> production. Acidity increased slightly faster for very smaller fill

weight (300g) and higher degree of initial vacuum only in initial stage of fermentation.

In the study of the exploration of suitable plastic film for flexible *kimchi* package, effect of package unit and temperature on the package volume expansion was investigated when P71197, a high CO<sub>2</sub> permeability film of amorphous nylon laminate structure, was applied to packaging *kimchi*. The volume expansion, after a lag period of initial stage, reached a maximum rapidly, and then decreased or stayed there. Higher temperature and larger package unit caused greater volume expansion within the experimental time span. Based on the criterion of 0.8 mL/g as tolerable volume change, the applicable window of package size and temperature has been suggested. The expanded volume was analysed to consist mainly of CO<sub>2</sub> produced from *kimchi*, resulting in higher CO<sub>2</sub> concentration for higher temperature and larger package unit. Effect of package unit on the volume expansion and gas composition can be explained by the difference in ratio of surface area to fill weight among the packages. The effect of storage temperature can be explained by the difference in activation energy between CO<sub>2</sub> production from the *kimchi* and gas permeation through the film.

In the study of the use of physical carbon dioxide absorbents to control pressure buildup and volume expansion of *kimchi* packages, CO<sub>2</sub> absorption by zeolite and active carbon was investigated as a tool to alleviate the pressure buildup and volume expansion that results from carbon dioxide production in *kimchi* packages. Zeolite was more effective than active carbon in terms of CO<sub>2</sub> absorption capacity, and could also maintain CO<sub>2</sub> adsorption equilibrium as long

as it was protected from water vapour. A plastic film with high CO<sub>2</sub> transmission rate and limited water vapour permeability was able to control the CO<sub>2</sub> absorption rate of the zeolite sachet. Zeolite sealed in 10 μm thick high density polyethylene could significantly reduce pressure and volume increases when included inside *kimchi* packages at 15°C. Silicagel could also be applied as water absorption aid to improve the CO<sub>2</sub> absorption rate of the zeolite in the sachet.

In the study of the development of *kimchi* packaging system controlling pressure and volume change, various chemical CO<sub>2</sub> absorbents were compared for use in the packages. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> was shown to have a potential of absorbing CO<sub>2</sub> in the *kimchi* packages under variety of conditions by its nature of chemical reaction with CO<sub>2</sub>, which needs water. The properties of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> as CO<sub>2</sub> absorber was characterized and then used for designing a new CO<sub>2</sub> absorbent system in *kimchi* package. Water transmission rate of the sachet film containing Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> could be used as a useful design variable to control its CO<sub>2</sub> absorption rate. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> can also be combined with zeolite or Ca(OH)<sub>2</sub> for accelerated rate of CO<sub>2</sub> absorption depending on its use conditions. The combined CO<sub>2</sub> absorbing material can be fabricated as a sachet or incorporated into a plastic sheet. When the material was attached inside the *kimchi* package, it could reduce the pressure buildup and volume expansion.

In the study on the use of pinhole to control pressure buildup and volume expansion of *kimchi* packages, the application of pinhole in packages was investigated as a tool to alleviate the pressure buildup and volume expansion.

Pinhole could maintain appropriate pressure (about 1.0 bar) and increased amounts of CO<sub>2</sub> production inside of packages. In order to improve the defect of pinhole package, an outflow of unpleasant *kimchi* smell was filtered by the use of active carbon sheet. The optimum condition of pinhole according to fill weight ratio in packages were also observed. In the different ratio to fill weight among the packages, generally good results were obtained with the proper pinhole size of length (more than 10mm) and diameter (0.1mm ~ 0.3mm). From these results a real compact prototype system was designed and fabricated. When this developed system was attached to the inside of *kimchi* packages, it was shown to have a positive effect for controlling the pressure buildup and volume expansion.

# CONTENTS

<b>Chaper 1. General Introduction</b> .....	27
1. Background and purpose of research .....	27
2. Contents and scope of research project .....	33
<b>Chapter 2. Indentification of Characteristics and Status of Commercialized     <i>Kimchi</i> Packaging Systems</b> .....	37
1. Introduction .....	37
2. Survey methods .....	38
3. Results and discussion .....	39
4. Conclusion .....	62
<b>Chapter 3. Characteristics of CO<sub>2</sub> Production and Volume Change in Packages     during <i>Kimchi</i> Fermentation</b> .....	65
1. Introduction .....	65
2. Theory, <i>kimchi</i> preparation and methods .....	66
3. Results and discussion .....	73
4. Conclusion .....	110
<b>Chapter 4. Indentification of Variables of Pressure Buildup and Volume     Expansion of <i>Kimchi</i> Packages</b> .....	113
1. Introduction .....	113
2. Theory and methods .....	114

3. Results and discussion .....	119
4. Conclusion .....	133
<b>Chapter 5. Characteristics of CO<sub>2</sub> Production and Fermentation of <i>Kimchi</i> Products by Packaging Condition .....</b>	<b>137</b>
1. Introduction .....	137
2. Materials and methods .....	137
3. Results and discussion .....	139
4. Conclusion .....	149
<b>Chapter 6. Exploration of Suitable Plastic Films for Flexible <i>Kimchi</i> Packages .....</b>	<b>151</b>
1. Introduction .....	151
2. Materials and methods .....	152
3. Results and discussion .....	155
4. Conclusion .....	168
<b>Chapter 7. Use of Physical CO<sub>2</sub> Absorbents to Control Pressre and Volume of <i>Kimchi</i> Packages .....</b>	<b>171</b>
1. Introduction .....	171
2. Materials and methods .....	171
3. Results and discussion .....	176
4. Conclusion .....	192



<b>Chapter 8. Development of Simple Systems for the Control of Pressure and Volume in <i>Kimchi</i> Packages</b> .....	195
1. Introduction .....	195
2. Materials and methods .....	196
3. Results and discussion .....	204
4. Conclusion .....	243
<b>Chapter 9. General Conclusions</b> .....	247

여 백

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	27
제 1 절 연구개발의 배경과 목적 .....	27
제 2 절 연구개발의 내용 및 범위 .....	33
제 2 장 시판김치 포장의 특성 및 현황 분석 .....	37
제 1 절 서설 .....	37
제 2 절 조사 및 방법 .....	38
제 3 절 결과 및 고찰 .....	39
제 4 절 결론 .....	62
제 3 장 김치의 발효특성 및 CO <sub>2</sub> 발생특성 .....	65
제 1 절 서설 .....	65
제 2 절 이론, 김치제조 및 방법 .....	66
제 3 절 결과 및 고찰 .....	73
제 4 절 결론 .....	110
제 4 장 김치포장의 압력 및 부피 변화에 영향을 미치는 변수의 규명 .....	113
제 1 절 서설 .....	113
제 2 절 이론 및 방법 .....	114
제 3 절 결과 및 고찰 .....	119
제 4 절 결론 .....	133

제 5 장 포장조건에 따른 김치의 발효특성 .....	137
제 1 절 서설 .....	137
제 2 절 재료 및 방법 .....	137
제 3 절 결과 및 고찰 .....	139
제 4 절 결론 .....	149
제 6 장 김치포장용 유연포장필름의 발달 .....	151
제 1 절 서설 .....	151
제 2 절 재료 및 방법 .....	152
제 3 절 결과 및 고찰 .....	155
제 4 절 결론 .....	168
제 7 장 김치포장용 물리적 이산화탄소 흡수 포장소재의 개발 .....	171
제 1 절 서설 .....	171
제 2 절 재료 및 방법 .....	171
제 3 절 결과 및 고찰 .....	176
제 4 절 결론 .....	192
제 8 장 통기조절 김치 포장 시스템 개발 .....	195
제 1 절 서설 .....	195
제 2 절 재료 및 방법 .....	196
제 3 절 결과 및 고찰 .....	204
제 4 절 결론 .....	243
제 9 장 결 론 .....	247

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구개발의 배경 및 목적

우리나라 전통식품인 김치는 전형적인 발효식품으로 색깔·향미·조직감에서 우리 음식의 걸작품이라고 할 수 있다. 오늘날 도시화·산업화로 인하여 식생활도 경제력 향상과 외래음식문화의 도입과 함께 우리의 먹거리 생활에 많은 변화를 초래하였다. 특히 자연발효식품에 관한 새로운 인식이 서서히 대두되어 전통발효식품인 김치는 가장 자연적인 건강식품으로 우리민족의 우수한 먹거리서 새롭게 평가되고 있다(1,2). 김치는 발효과정 후 살균과정을 거치지 않고 소비되는 발효식품으로서 저장 및 유통과정중 젖산균 등의 미생물에 의한 발효가 계속 진행되는 식품이다(4). 그리고 김치 내부에서는 미생물상이 동적으로 변하며 이로인해 화학적, 관능적 품질이 변화하여 저장성이 짧으며 포장된 김치의 경우 포장의 물리적인 변화를 일으켜서 심한 경우 용기의 파손과 내용물 유실을 가져오게 된다. 지금까지 김치의 품질과 유통 기술 저장성에 관한 많은 연구와 조사보고가 이루어져 왔으나 김치를 장기간 저장유통하면서 김치 고유의 상쾌한 맛을 제공하고 소비자들에게 수용될 수 있는 상태로 유지시키는 방법은 냉장저장 방법이외에는 만족 할만한 방법이 제시되지 못하고 있다(3). 한편 저온저장 역시 미생물에 의한 발효가 지속적으로 일어나므로 관능적 품질변화와 함께 포장의 변형 등 여러 가지 문제점을 안고 있다.

현재 유통되고 있는 김치포장재는 일반적으로 유리병이나 플라스틱 성형용기 또는 파우치(pouch) 형태의 것이다. 이러한 김치포장은 유통과정중 김치의 지속적인 발효로 인하여 김치가 숙성되고 내부에 CO<sub>2</sub>가 발생되며 이로 인하여 유리병과 같은 성형용기에서는 내부에 압력이 발생하고 파우치 포장의 경우는 부피가 팽창하게 되고 있다(5). 유리병 포장의 김치는 유통과정 중 내부 압력의 증가로 뚜껑이 벌어지게 되

어 김치 국물이 누출되고, 플라스틱 성형용기나 파우치 포장의 경우 포장 용기의 팽창과 이에 따른 파손으로 인하여 상품성이 저하되고 있다. 이러한 현상은 김치의 숙성과정에서 발생하는 CO<sub>2</sub>에 의한 내부 압력의 증가에 기인하는 것으로 김치 자체의 품질저하보다는 포장의 파손으로 인하여 상품성을 저하시킨다. 김치의 발효 숙성으로부터 압력발생이나 부피팽창을 가져오는 젖산균의 변화를 보면 발효초기에는 편성 이상젖산발효균 (obligate heterofermentative lactic bacteria)인 *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis*가 많이 번식하여 젖산, 에탄올, CO<sub>2</sub> 등을 생성하고, 이들 발효산물에 의해 김치가 산성화되고 발효조건이 혐기상태로 되어 호기성균의 성장을 억제하는 중요한 역할을 한다. 그리고 김치 발효시의 CO<sub>2</sub> 발생은 이상 젖산발효균에 의해 주로 일어나며 일부가 발효후기에 나타나는 통성정상젖산발효(facultative homofermentative) 균인 *Lactobacillus plantarum*에 영향을 받는 것으로 판단되어 진다. 김치발효로부터의 CO<sub>2</sub> 발생은 상당히 많은 부분이 이상젖산발효균인 *Leuconostoc mesenteroides*에 기인할 것으로 추정되며 이는 저장 유통 중 포장의 팽창이나 압력 발생을 유발시키는 부정적인 점과는 반대로 김치에 탄산미와 함께 좋은 풍미를 주게 된다(6). 김치의 맛과 풍미에 좋은 효과를 주는 젖산균이 바로 *Leuconostoc mesenteroides* 이라는 점에서도 김치발효에서 CO<sub>2</sub>발생과 용액에서의 용해의 중요성이 강조되고 있다. 따라서 *Leuconostoc mesenteroides* 등의 젖산균에 의한 CO<sub>2</sub> 발생이 품질에 긍정적인 기여를 함에도 불구하고 김치포장용기에서 압력발생 및 부피팽창을 유발하는 부정적인 면을 어떻게 해결하고 조화시키느냐 하는 것이 김치포장 설계의 중요한 과제 중의 하나이다. 그러므로 이에 관련된 기초적인 연구와 함께 김치상품포장의 합리적인 내압과 통기조절 포장기법의 개발이 필수적으로 요청되고 있다. 한편 식품에 비가열 원적외선방사세라믹스를 이용하여 미량의 원적외선을 식품에 흡수시키면 선도 유지, 악취제거, 숙성, 풍미향상 등이 효과적인 것으로 알려져 있다. 최근, 식품공업 분야에 원적외선방사세라믹스를 포장재료나 저장용기 재질에 적당량의 혼합하거나 코팅함으로써 가공공정의 경제성 물론 본 연구 목적에서와 같은 제품의 품질을 향상

시키기 위한 연구가 활발히 진행될 것으로 보인다(7).

김치는 비록 우리 고유의 제품이고 김치의 섭취가 우리의 건강을 유지하는데 상당히 기여해 온 것이 틀림없으나 김치담는 과정의 번거러움으로 인해 점점 젊은 사람들은 김치담는 것을 기피하게 되었고 김치담는 법도 잘 모르게 되어가고 있다. 이에 우리나라 사람들이 전통식품으로서의 김치를 애용하고 우리의 식습관을 유지하며 지켜나가기 위해서는 김치에 대한 과학적 설명이나 이의 대국민적 홍보도 필요하지만 김치를 쉽게 담글 수 있는 형태로 발전시키지 않으면 안될 것으로 보인다. 김치발효 기술은 전통적으로 주부들에 의해 전해져왔으나 최근에는 산업화가 추진되어 공장김치의 사용도가 증가되었다. 그러나 가정에서 김치를 담가먹는 전통을 지키고 김치담그는 방법이 번거롭지 않다는 것이 입증되면 김치음식의 소비가 더욱 늘 것으로 판단되어 진다. 그리고 가정에서 간단히 김치를 버무려 먹을 수 있는 형태로 개발하면 김치담그기의 어려움을 최소화할 수 있다. 이러한 가공방법이 일부 시도되고 있으나 현재의 기술수준이 품질유지를 할 수 있는 규모는 아니다(8).

김치는 발효 및 보존성에 있어서도 많은 문제점을 가지고 있으므로 저온유통시스템을 개발하여야 하며 주요 발효균인 김치 젖산균 균종을 분리하여 양념류개발의 starter로 쓴다면 맛있고 품질이 좋은 김치를 얻을 수 있을 것으로 보인다. 따라서 김치의 다양성 및 기능성을 부여하기위해 기본적인 양념류를 포장양념류 및 포장절임배추형태를 달리하여 다양한 형태의 김치를 이용할 수 있도록 해야할 것이다. 한편 김치의 발효특성에 적합한 저온 시스템의 연구는 아직 미흡하며 살아있는 효소와 젖산균의 유지를 위해서는 저온보관 및 저온유통방법 개발이 절실하다. 따라서 김치의 고품질 유지를 위한 최적의 온도환경 제어 시스템을 갖춘 저온시스템 개발이 필요하다. 특히 김치는 젖산균이 발효를 주도하기 때문에 우수한 젖산균의 탐색 및 개량 그리고 이들을 조합한 김치 starter의 개발이 절대적으로 필요한 실정이다. 실제 수출용 김치의 대부분은 김치를 잘 숙성시킨후에 유통시키지 않고 절인 배추에 갖은 양념을 버무린 후 숙성시키지 않은 채 유통시키고 있는 상황이므로 김치의 저온저장

성 시스템에서 김치의 보존성을 연장시킬 수 있는 김치의 발효환경조정기술 개발이 필요하다.

오늘날 김치는 가정단위의 제조 소비형태에서 점진적으로 상품화김치 소비체제로 전환되고 있으며 상품김치수요도 크게 늘어나고 김치수출은 2만톤에 이르고 있다. 그러나 김치산업과 관련된 경제환경의 어려움으로 성장의 한계가 있으며 이를 극복하기 위해서는 김치의 고품질유지와 기능성포장 및 유통합리화가 절실하게 요구되어지고 있다(9). 생산된 김치 상품이 소비자에게 최상의 맛을 제공하기 위해서는 적절한 포장 및 유통관리가 합리적이어야 하지만 현재의 포장방법 및 유통관리는 많은 문제점을 안고 있다. 또한 기존의 포장방법에 의한 유통은 품질 변패는 물론 과도한 발효와 부피팽창에 대한 조정의 불가능으로 포장용기의 변형과 내용물 유출등의 위험이 따른다. 따라서 내압과 통기조절 포장기법의 개발이 성취됨으로서 유통관리의 조정이 가능하고 특히 상품의 질을 크게 향상시킬수 있을 것으로 보여진다. 그럼에도 불구하고 김치포장 분야는 거의 미개척분야이며, 수개 산업체에서 알루미늄 파우치 진공포장 또는 가스 흡수체 등을 적용하는 단계에 지나지 않고 있다. 한편 김치용기의 경우에서도 기존의 포장용기를 원용하고 있는 실정이며 김치특성을 고려한 우수한 포장기법이 이용되고 있지 않다. 한편 최근 특수세라믹스의 각 분야에서의 활용이 이미 연구단계를 거쳐 실제 산업분야에 응용되어 많은 제품이 시장에서 유통되고 있고, 더우기 2~3년 전만 하여도 국내에서는 바이오세라믹스의 이해와 활용은 그 전망에 어떤 확실한 예측을 하기 어려웠던 것이 이제 각 산업분야의 선도적 대기업등의 미래전략 품목으로서의 과감한 계획과 우수 상품의 출현이 기대되고 있다. 또한 소비자의 기대가 상호공감됨으로써 앞으로의 추세는 특수세라믹스의 포장부분 이용 또는 김치용기 활용산업은 그 성장이 가속화될 것으로 보여진다. 한편, 경제 성장과 산업화 추세 그리고 생활환경변화에 의하여 김치는 가정내 주부들의 제조 형태에서 산업화 규모로 확대되고 있으나 김치상품은 포장 및 유통상의 변패에 대한 우려와 공장제품이라는 우려가 함께 공존하고 있다. 이러한 우려를 불식시키기 위하여



기본적인 포장기법의 개발에 의한 우수한 포장제품형태로 제시한다면 국내 소비뿐만 아니라 수출상품으로 각광을 받을 수 있을 것으로 보이고, 이는 또한 주부의 인력을 절감하고 간단하면서도 김치의 과학화, 다양화, 고급화, 기능성화를 이룩하므로 수요 증대를 크게 촉진할 것으로 예상되어 진다. 이와같은 일련의 기술에 의거 양질의 김치상품 공급에 의하여 김치의 대량소비가 가능하면 김치담금에 사용되는 원부재료의 소비가 크게 늘어나게 되고 김치관련 산업계의 발전과 성장은 물론, 국민건강 증진에 이어 결과적으로 농민소득 증대의 결과를 가져오게 될 것이다.

김치는 우리고유의 제품이고 단순한 먹거리가 아니라 생활문화의 하나로 인식되고 있다. 그러나 김치담는 과정이 복잡하여 젊은 사람들은 김치담는 것을 기피하게 되었고 김치담는 법도 잘 모르게 되는 추세에 있다. 그러나 공급되고 있는 김치상품은 그 품질에서 한계가 있으며 특히 포장 기법 및 유통체계기술이 낙후되어 있으므로 김치상품은 질적인 면에서 소비자의 요구에 부응하고 있지 못하다. 특히 어린이들은 김치를 가장 기피하는 음식으로 꼽게 되었다니 전통음식으로서의 김치음식을 계승발전시켜야 할 막대한 책무가 우리에게 있다. 한편 우리나라의 김치가 국제적으로는 건강식품이나 스테미나식으로서 또는 김치의 맛에 매료되는 사람들이 늘어나고 있고 특히 일본인들의 김치에 대한 관심과 애용은 점차 높아지고 있다(8,9). 또한 외국에서의 김치 소비량은 점차 증가하고 있고 특히 외국에서의 김치생산은 일본계열의 김치산업이 주도하고 있어서 김치 종주국으로서 우리나라는 심각한 위협을 느끼지 않을 수 없다(10). 이에 우리나라 사람들이 전통식품으로서의 김치를 애용하고 우리의 식습관을 유지하며 지켜 나가기 위해서는 김치에 대한 과학적규명이나 이의 대국민적 홍보도 필요하지만 김치를 고품질의 제품으로 생산공급하며 양질의 식품형태로 유지시키지 않으면 안된다. 우리 나라 전통식품의 발전 계승을 위해서도 김치의 다양화와 고급화가 요구되고 있으며 특히, 김치를 외면하는 어린이들이 증가하는 최근의 현상은 필히 주목해야 하며, 이는 전통식문화의 올바른 계승 측면에서도 문제가 되지 않을 수 없는 실정이다(11). 김치는 우리나라 전통 발효 식품으로서 당연히 국

제화되어야 하나, 이는 우리가 주도해서 성취되어야 하며, 김치가 기무치로서 국제사회 및 국제 식문화 현장에 등장해서는 안될 것으로 사료되어 진다. 따라서 우리 전통 문화에 대한 각별한 애정이 발현되어야 하고 정부, 국민이 이를 적극적으로 추진해야 한다. 또한 우리의 전통 식문화의 대표적인 김치의 우수성을 한 단계 더 높여 줄 수 있는 귀중한 학술적 기초자료를 축적할 수 있게 해야한다. 김치산업의 발전은 UR을 대비한 농산물수급에의 기여는 물론 농가소득 증대, 주부의 인력절감, 고품질 김치의 공급, 아파트 주거공간의 효용 등에도 크게 기여할 것으로 보인다.

최근 국내외적으로 고품질의 김치 상품이 크게 요청되고 있으며, 이러한 경향은 일본 등 수출용 상품에서 더 요청된다. 김치의 포장은 유통과정중 김치의 지속적인 발효로 인하여 김치가 숙성되고 내부에 CO<sub>2</sub>가 발생되며 이러한 현상은 김치의 숙성 과정에서 발생하는 CO<sub>2</sub>에 의한 내부 압력의 증가에 기인하는 것으로 김치 자체의 품질저하보다는 포장의 파손으로 인하여 상품성을 저하시킨다. 따라서 최근 포장상품 및 포장방법 개선에 대한 산업계의 요구가 크게 증대되고 있다. 오늘날 김치포장에서 일어나는 부피팽창 현상을 막기 위하여 사용되는 방법의 하나로 CO<sub>2</sub> 흡수제인 Ca(OH)<sub>2</sub>를 포장내에 넣는 방법이 있다. 그러나 이 경우 발효로부터 얻어지는 김치의 시원한 맛이 사라지는 결점을 가지고 있을 뿐만 아니라 계속되는 CO<sub>2</sub>생성물의 처리에는 한계가 있다. 또한 진공 포장방법은 지속적인 발효작용에 의하여 생성되는 가스의 처리능력에는 한계가 있으며, 따라서 팽창 등의 우려가 있다. 따라서 새 포장기법의 개발은 전년도 사업신청시보다 훨씬 강도 높게 요청되고 있다. 실제 수출용 김치의 대부분은 김치를 잘 숙성시킨 후에 유통시키지 않고 절인 배추에 갖은 양념을 버무린 후 숙성시키지 않은 채 유통시키고 있는 상황이므로 김치의 저온저장성 시스템에서 김치의 보존성을 연장시킬 수 있는 김치의 발효환경조정기술 개발이 필요하다.

오늘날 세계화, 개방화 추세에 따라 우수한 젓산발효 식품인 김치도 세계 식품화 되고 있으며 앞으로 더욱더 이러한 경향이 가속화 될 것으로 전망된다. 이와 함께

일본 등 외국회사 및 기술자에 의한 김치포장관련 기술의 개발이 가속화될 것으로 전망되며 이들에 의해 특허 취득 등의 기술소유권 확보가 많아질 것으로 생각된다. 우수한 특성의 김치를 한국식품으로서 발전시키고 세계시장으로 수출하기 위해서는 포장유통 관련분야의 기술을 조속히 개발하고 공업소유권으로 확보하는 것이 시급하다. 앞으로 산업용 분야에 응용될 포장기법 및 특수포장 용기의 개발은 김치를 비롯한 기타 식품가공분야, 건강, 생명공학 등으로 광범위하게 발전할 수 있을 것으로 기대하고 있고 보다 섬세하고 수요자의 구미에 맞는 성능개발의 저변확대가 되기 위해서는 개발기술의 활용장치의 설계 외에도 신 김치포장용기에 대한 응용기술이 절실히 요구되어 진다.

## 제 2 절 연구개발의 내용 및 범위

기존의 상품으로 유통되고 있는 플라스틱계, 일반유리질계, 레토르트 파우치계 김치저장용 용기의 장단점 및 문제점에 대한 screening을 통하여 이들 용기의 문제점을 개선하고 장점을 살린 포장용기를 개발하고자 하였다. 기존 김치 방법에서 김치 발효 주젖산균이 좋은 조건으로 발효에 관여하여 맛의 증진과 보존력을 증진시키며 발효 또는 유통기간 중 포장용기의 팽창 또는 변형을 가능한 방지할 수 있는 포장기법을 개발하는 데 목표가 있다.

통기혐기성균인 젖산균의 발효가 최소한으로 지속될 수 있는 포장(용기), 김치의 종합적인 맛(Pancl taste) 및 flavor를 증진시킬 수 있는 용기, 김치의 외관상 품질 향상(색깔 등)을 위한 포장(용기), 용기로서의 인체 건강에 안전성 확보와 유해하지 않는 용기의 선정하여 고품질 김치상품 유통을 위한 발효적응형 김치 포장기법 개발하고자 하였다. 이를 성취하기 위하여 먼저 기존시제품(플라스틱, 유리병, 레토르트 파우치)의 온도조절에 따른 미생물 발효에 미치는 영향연구( *Leu. mes.*, *Lac. plantarum* 등)를 행하였고, 김치의 관능적 test, 주요 유기산함량검사, pH, 산도 측정

등을 이용한 보존성 증진 및 관능적 특성 연구도 병행하였다. 그리고 김치 종류별 배추맛김치, 깍두기, 갓김치등의 보통김치 3종과 백김치, 나박김치등의 불김치 2종등 저장으로 일어나는 이화학적 변화들과 CO<sub>2</sub> 발생 특성을 비교 검토하였고 발효진행에 따라 CO<sub>2</sub> 생산은 빠른속도를 단계별로 분석하였다. 또한 김치포장에서의 CO<sub>2</sub> 발생이 압력발생과 부피팽창에 미치는 영향을 살펴보기위해 유리병 포장에서의 김치발효진행에 따른 O<sub>2</sub> 및 N<sub>2</sub> 분압을 검토하였고 GC로부터 얻은 각 기체분압을 향한 전압과 Bourdon관 압력계를 측정하여 검토하였고 용기 개봉후의 양상, 제어변수에 따른 발생 특성으로부터 압력 발생이나 부피 팽창이 예측 가능성이 검토하였다. 유통중 김치상품의 포장내에서 발효숙성과정에서 생성되는 CO<sub>2</sub> 등에 기인하는 압력이나 이에 의한 부피 팽창에서 오는 여러 가지 문제점을 제어하고 김치 상품의 품질을 유지하기위한 내압과 통기조절 포장기법을 개발하고자 하였다. 따라서 김치 종류별 압력 및 부피 팽창 현상을 해명할 필요가 있으며 이를 위해 김치종류에 따른 CO<sub>2</sub> 발생특성을 염도 및 온도의 함수로서 측정하여 김치포장의 압력 및 부피변화를 예측할 수 있는 모델로 설정하였고, 실험과 함께 미생물 군집의 변화를 측정하여 이가 CO<sub>2</sub> 발생에 미치는 영향을 규명하며 다음과 같은 내용에 대해서 연구하였다. 배추김치의 염도와 발효온도 등의 변수에 따른 CO<sub>2</sub> 발생정도, 김치발효 과정 중의 CO<sub>2</sub>발생에 의해서 나타나는 포장에서의 압력발생과 부피팽창의 관계, 용기의 충전율, 진공도, 용기의 종류 등의 포장조건에 따른 압력 발생과 부피팽창율, 압력발생 및 부피팽창에 미치는 포장조건 및 저장조건의 여러 영향변수의 상관관계, 포장조건에 따라 제어가능한 포장의 범위에서 발생하는 압력의 발생과 부피팽창을 측정하고 이에 미치는 여러 요인을 분석하였다. 한편 몇가지의 진공포장 용기에서 진공도의 조절등에 의해 포장의 압력을 측정하고 내압조절의 가능성, 포장내에 가스 흡수포장소재를 장치할 때 압력변화를 측정하고 내압조절 가능성, 실용적으로 가능한 몇가지의 통기조절 포장 소재의 선택하여 모형을 제작하였고, 제작된 통기조절 김치포장소재의 압력조절 등의 특성을 보았다. 압력 및 부피 팽창이 제어가능한 포장시스템의 설계 및

특성 규명이 필요함. 따라서 김치의 맛과 향미를 향상시키면서 포장의 압력 및 부피 변화를 제어할 수 있는 여러 가지 활성포장 시스템을 설계하고 그 특성을 실험적으로 검증하였다. 실험적 검증사항으로는 활성포장시스템이 포장내 가스조성, 김치의 미생물 성장, 숙성정도에 미치는 영향을 측정하였다. 이를 위해 현실적으로 이용성이 높으면서 내압 및 통기 조절이 가능한 간이시스템규명, 내압 및 통기조절 포장에 의해 김치를 포장할 때의 압력변화를 측정, 1차제작된 통기조절포장 시스템에서 김치를 포장할 때 압력 및 기체조성의 변화를 측정, 시작품상태의 내압 및 통기 조절 포장에 저장된 김치의 물리화학적 품질변화를 측정, 시작품상태의 내압 및 통기 조절 포장하에서 김치의 발효중 유산균 군락의 변화를 측정압력발생 및 부피팽창이 제어된 최적김치포장기법 확립을 위해 압력 및 부피팽창을 제어정도를 검토하였다.

## 참 고 문 헌

1. Chiegh, H.S. and Park, K.Y. : Biochemical, microbiological and nutritional aspects of *kimchi* (Korean fermented vegetable products). *Critical Reviews in Food Sci. and Nutr*, 34(2), 109 (1994).
2. 최홍식 외 25인 : 농산자원효용과 국민건강 증진을 위한 기능성 김치 개발 및 상품화연구 (I), 부산대학교 김치연구소 보고서. 과학기술처.(1996)
3. 최홍식 외 25인 : 농산자원효용과 국민건강 증진을 위한 기능성 김치 개발 및 상품화연구 (II), 부산대학교 김치연구소 보고서. 과학기술처.(1995)
4. 임득렬: 김치산업의 현황과 문제점, 한국김치, 절임식품공업협동조합, (1991)
5. 백운화 : 김치의 포장과 유통. 식품과학, 21(1), 33(1988)
6. 박현근, 임종락, 한홍희 : 각 온도에서 김치 발효 중 미생물의 천이과정. 인하대학교 기초 과학연구소 논문집, 제11집, p 161(1990)
7. 홍석인, 박노현, 김길환: 포장방법에 따른 김치의 품질변화, 한국식품과학회 심포

- 지움발표 논문집, 김치의 과학, 384, (1994)
8. 최신양: 김치산업의 현황, 한국식문화학회지, 6:527, (1991)
  9. 박건영 외 30인 : 항암 및 항노화 기능성 김치무리의 개발에 관한 연구, 부산대학교 김치연구소 연차보고서. 농림부 (1997)
  10. 김기호: 김치의 세계화를 위한 마케팅 전략, 포장세계 68:14, (1994)
  11. 전영수 외 18인 : 전통김치의 과학화 및 김치의 기능성에 관한 연구, 부산대학교 김치연구소 보고서. 부산대학교. (1995)

## 제 2 장 시판김치 포장의 특성 및 현황 분석

### 제 1 절 서 설

근래 주거양식의 변화 및 여성의 사회활동 증대와 식생활의 인스턴트화, 국제화로 인하여 김치의 상품화가 크게 늘어나고 있다. 산업화의 초기에는 대량 유통되는 김치를 중심으로 시장이 형성되어 있으나 최근 들어 소포장 제품이 급격히 증가하고 있다(1,2,3). 또한 국내에서는 김치담는 과정이 복잡하여 젊은 사람들은 김치담는 것을 기피하게 되었고 김치담는 법도 잘 모르게 되는 추세가 되어 가고 있다(3). 따라서 공장에서 생산되는 김치상품의 이용이 크게 늘어나고 있다. 그러나 공급되고 있는 김치상품은 그 품질에서 한계가 있으며 특히 포장기술 및 유통체계기술이 낙후되어 있으므로 김치상품은 질적인 면에서 소비자의 요구에 부응하고 있지 못하고 있다(4).

따라서 현재 유통되고 있는 김치포장을 살펴보고 좀 더 나은 포장기법을 개발하는 것이 중요한 과제가 아닐 수 없다. 그러므로 시판되고 있는 김치 상품의 포장현황을 조사하였다. 그리고 그 중 포장용기로 선정된 유리병 포장(특히 감압 및 내압조절형 병포장)과 nylonPE(60 $\mu$ m 두께) 포장 김치의 발효패턴을 검토하였다. 또한 선정된 감압 및 내압조절형 병포장 김치제품 및 nylon/PE포장제품의 저장중(발효와 저장) 김치의 향미와 보존성을 검토하였고, 저장중 색도의 변화 특히 L값 a값의 변화를 규명하였으며 또한 외관 (apperarance), 신내(acidic flavor), 신맛(acidic taste), 균덕내(moldy)등과 전반적인 맛, 풋내, 경도 등에 대한 관능검사를 실시하였다. 이러한 관능적 특성변화를 이용하여 보존성을 검토하였고 이에 대한 기초연구는 발효적응형 김치포장방법 개선에 기초자료로 활용할 수 있도록 하였다.

## 제 2 절 조사 및 방법

### 1. 기존 시판 포장제품 현황 조사

현재 시판되고 있는 김치 상품의 포장현황을 살펴보기 위하여 1998년 2월 및 1998년 7월 현재 기준으로 2회 실시하였고 조사방법은 부산 전역으로 백화점의 식품코너 5개소, 슈퍼마켓 10개소 및 시장 5개소등을 지정해서 상품을 구매하여 다음과 같은 내용을 조사하였다. 김치 상품별 포장재료 재질, 용량, 상품명(제조회사)를 조사하고 이어 이들의 김치상품별 재질별 포장소재 특성을 조사하고 조사한 결과를 정리하였다.

### 2. 선정된 중요 시판 포장제품(용기)별 포장김치의 발효 페턴 검토

1차 조사에서 가장 많이 활용되고 있는 시판 유연포장 상품인 Al laminated flexible film포장(PET+Al+CPP, 두께 60 $\mu$ m) 1종과 강성 포장용기인 특수디자인된 갑압 및 내압 조절형 병포장(용기) 1종을 포장김치의 발효페턴 연구 대상으로 선정하였다. 유연포장용기(PEE+Al+CPP)는 두께 60 $\mu$ m, 크기 10.4 $\times$ 13.5cm로서 김치 주입 중량은 180g이었다. 또한 강성포장용기인 특수 유리병은 내부 압력이 걸리는 경우 내부 공기가 자연 유출되게 뚜껑이 고안된 것(Great Northern Nekoosa. Co., 미국)으로 250 ml용량이며 김치 주입 중량은 180g이었다. 김치(배추김치 및 갓김치) 담금 방법은 앞에서 설명한 본 과제의 연구수행방법의 “제3장의 김치제조방법”과 같으며 담근 김치를 유연포장용기 및 강성포장용기에 각각 180g씩 주입한 후 밀봉하였다. 단, 강성포장용기의 경우 부분진공포장과 상압포장처리를 하였다. 부분진공포장의 경우 초기 갑압 정도는 21 inHg로 하였다. 다음 유연포장의 제품은 국내 실정을 감안하여 15 $^{\circ}$ C에, 강성포장의 경우는 일본수출을 고려하여 5 $^{\circ}$ C에 보관하면서 발효저장중 발효페턴을 살펴보았다.



강성포장중 진공도 변화의 측정은 포장유리병 뚜껑에 vaccum guage(USG, 미국)를 직접 삽입하여 측정하였고, CO<sub>2</sub>발생량은 앞에서 설명한 바와 같이 행하였다. 또한 pH는 상법에 따라 pH meter(Suntex, SP-701, 일본)를 이용하였고(5), 총산도는 AOAC법으로 측정하였다. 젖산균수는 평판계수법으로 행하고, 특히 *Lactobacillus* 배지(LBS배지) 및 *Leuconostoc* 배지(PES 배지)를 이용하여 상법에 따라 측정하였다(6). 한편 환원당은 Schrool법으로 행하였다(7).

### 3. 기존 시판 포장제품별 김치상품의 향미 및 보존성 검토

위 “2”항의 방법에 따라 포장하여 보존된 유연포장 및 강성포장 제품의 관능검사를 부산대학교 김치연구소의 잘 훈련된 관능검사원에 의하여 실시하였다. 이때 묘사 항목은 외관, 종합적인 냄새, 종합적인 맛, 종합적인 질감, 종합적인 품질 등을 검사하였고, 필요에 따라 신내, 곰삭은내, 풋내, 신맛, 곰삭은맛, 덜익은맛, 경도 등을 검사하였다. 각 항목에 대한 점수는 종합적인 경우는 1점(극도로 싫음)~9점(극도로 좋음)으로 나타냈으며 단일 항목인 신내, 곰삭은내 등은 1점(감지불가능)~9점(극도로 강하게 감지) 등으로 하였다. 관능검사 결과는 Quantitative descriptive analysis(QDA)로 분석하고 Dbstat program에 의하여 t-test를 행하여 통계처리 하였다(8).

이를 바탕으로 포장용기, 제품, 처리방법에 따른 보존성을 비교하고 장단점을 살펴 보았다.

## 제 3 절 결 과 및 고 찰

### 1. 기존 시판 포장 제품 현황 조사

현재 시판되고 있는 김치상품의 포장현황을 조사한 결과는 Table 2-1 및 2-2와 같다.

Table 2-1. General status of packaging for commercial *Kimchi* products( I )

	포장재의 종류	재질	용량(Kg)	상품명(제조회사)
배추김치 (포기)	플라스틱류	PET+AL+CPP	1	찬나라(길천종합식품)
		PET+AL+PE	0.5, 1	영일만(동화식품) 종가집(두산음료주식회사) 한성김치(한성식품) 맛참포기김치(정광식품)
		PET+PE	1, 3	시원김치(푸른솔식품)
		합성수지	5	숨쉬는김치(우성식품)
		PET+AL+PE 바닥PET+PE+LLDPE	0.5, 1, 3	양반김치(동원산업)
		PET+LLDPE	0.5	숨쉬는포기김치(우성식품)
		Nylon+PE	0.5, 1	고향맛김치(아진종합식품)
		PET+PE+LLDPE	0.5	고향맛김치(아진종합식품)
		PP+PET+SSF	1, 3	포기김치(영신식품)
		PET+AL	1	농협포기김치(살미농협)
깍두기	플라스틱류	PET+AL+CPP	1	찬나라(길천종합식품)
		PET+AL+PE	0.04, 0.2, 0.5, 1	한성김치(한성식품)
		Ethylene수지	0.5	종가집깍두기(오비맥주)
		PET+AL	1	농협깍두기(살미농협)
맛김치	플라스틱류	PET+AL+CPP	1	찬나라(길천종합식품)
		PET+AL+PE	0.08 0.5	손맛김치(삼현종합식품) 맛참맛김치(정광식품)
		Ethylene수지	0.5	맛김치(오비맥주)
		PET+AL+LLDPE	0.5	고향맛김치(아진종합상사)
		PET+AL	1	맛김치(살미농협)
	유리병(소)	0.37	유리+PP	김장맛맛김치(향도상사)
총각김치	플라스틱류	PET+AL+CPP	1	찬나라(길천종합식품)
		Nylon+PE	1	풍산농협김치(풍산농협)
		Ethylene수지	0.2, 0.3, 0.5	종가집총각김치(오비맥주)
		PET+AL+PE	0.5, 1, 3 0.04, 0.2, 0.5, 1	양반김치(동원산업) 한성총각김치(한성식품)
		Ethylene수지+Polyamide	1	고향맛김치(아진종합상사)
		PP+PET+SSF	1	총각김치(영신식품)
		PET+AL	1	총각김치(살미농협)

Table 2-1. General status of packaging for commercial *Kimchi* products(Ⅱ).

	포장재의 종류	재질	용량(Kg)	상품명(제조회사)
열무김치	플라스틱류	PET+AL+PE	0.5	종가집김치(오비맥주)
		PET+AL	1	열무김치(살미농협)
갓김치	플라스틱류	PET+AL+PE	0.5	종가집김치(오비맥주)
		PET+AL 바닥:PET+AL+PE	0.5	돌산갓김치(동원산업)
		PP+PET+SSF	1	갓김치(영신식품)
백김치	플라스틱류	PET+AL+PE	0.04, 0.2, 0.5, 1, 0.5	한성김치(한성식품) 종가집김치(오비맥주)
		PET+LLD	1	숨쉬는백김치(우성식품)
		Nylon+PE	1	고향맛김치(아진종합식품)
		PET+AL	1	백김치(살미농협)
고들빼기 김치	플라스틱류	PET+AL+PE	0.5	남도농협김치(남도순천농협)
		PET+AL	1	살미농협김치(살미농협)
배추 묵은지	Pet류	PE	0.8	전통전라도김치(내고향김치)
고추김치	플라스틱류	PET+AL	1	살미농협김치(살미농협)
열무김치	플라스틱류	PET+AL	1	살미농협김치(살미농협)
동치미	플라스틱류	PET+AL	1	살미농협김치(살미농협)
		PET+AL+PE	1	종가집김치(오비맥주)
오이김치	플라스틱류	PET+AL	1	살미농협김치(살미농협)
파김치	플라스틱류	PET+AL	1	살미농협김치(살미농협)
보쌈김치	플라스틱류	PET+AL	1	살미농협김치(살미농협)
		PET+AL+PE	0.35, 0.7	종가집김치(오비맥주)
깻잎김치	플라스틱류	PET+AL	1	살미농협김치(살미농협)
파김치	플라스틱류	PP+PET+SSF	0.4	파김치(영신식품)
		PET+AL+PE	0.35	종가집김치(오비맥주)

Table 2-2. Characteristics of packaging materials for commerical *Kimchi* products  
( I )

종류	재 질	용 량 (Kg)	특 성										상품명(제조회사)
			방 습 성	방 기 성	내 유 성	방 수 성	내 자 비 성	내 한 성	투 명 성	차 광 성	성 형 성	열 접 착 성	
포 기 김 치	PET+AL+CPP	1	◎	◎	◎	×	×	○~×	×	◎	×	◎	찬나라(길천종합식품)
	PET+AL+PE	0.5, 1	◎	◎	◎	×	×	○~×	◎	×	◎	영일만(동화식품) 종가집(두산음료주식회사) 한성김치(한성식품) 맛참포기김치(정광식품)	
	PET+PE	1, 3	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○~×	○	◎	시원김치(푸른솔식품)
	PET+AL	1	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	○	농협포기김치(살미농협)
	PET+AL+PE 바닥PET+PE+LLDPE	0.5, 1, 3	◎	◎	◎	×	×	○~×	×	◎	◎	양반김치(동원산업)	
	PET+LLDPE	0.5	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○~×	○	◎	숨쉬는포기김치(우성식품)
	Nylon+PE	0.5, 1	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	×	○	◎	고향맛김치(아진종합식품)
	PET+PE+LLDPE	0.5	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○~×	○	◎	고향맛김치(아진종합식품)
PP+PET+SSF	1, 3											포기김치(영신식품)	
짜 두 기	PET+AL+CPP	1	◎	◎	◎	×	×	○~×	◎	×	◎	찬나라(길천종합식품)	
	PET+AL+PE	0.04, 0.2, 0.5, 1	◎	◎	◎	×	×	○~×	◎	×	◎	한성김치(한성식품)	
	PET+AL	1	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	○	농협포기김치(살미농협)
맛 김 치	PET+AL+CPP	1	◎	◎	◎	×	×	○~×	◎	×	◎	찬나라(길천종합식품)	
	PET+AL+PE	0.08 0.5	◎	◎	◎	×	×	○~×	◎	×	◎	손맛김치(삼현종합식품) 맛참맛김치(정광식품)	
	PET+AL+LLDPE	0.5	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○~×	○	◎	고향맛김치(아진종합상사)
	PET+AL	1	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	○	맛김치(살미농협)
	유리(병)	0.37	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	×	—	—	김장맛김치(향도상사)
	PET(병)	0.8	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	○	전통전라도김치 (내고향김치)
총 각 김 치	PET+AL+CPP	1	◎	◎	◎	×	×	○~×	◎	×	◎	찬나라(길천종합식품)	
	Nylon+PE	1	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	×	○	◎	풍산농협김치(풍산농협)
	PET+AL+PE	0.5, 1, 3, 0.04, 0.2, 0.5, 1	◎	◎	◎	×	×	○~×	◎	×	◎	양반김치(동원산업) 한성총각김치(한성식품)	
	PET+AL	1	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	○	총각김치(살미농협)

주) ◎우량, ○양호, ×불가

PE = polyethylene, PP = polypropylene(OPP : opposite -, CPP : cast-)  
PET = polyester, LLDPE =linear low density polyethylene AL = Al-foil

Table 2-2. Characteristics of packaging materials for commerical *Kimchi* products(II)

종류	재질	용량 (Kg)	특 성									열 접 착 성	상 품 명 (제 조 회 사)
			방 습 성	방 기 성	내 유 성	방 수 성	내 자 비 성	내 한 성	투 명 성	차 광 성	성 형 성		
열무김치	PET+AL+PE	0.5	◎	◎	◎	×	×	○~××	◎	×	◎	종가집김치(오비맥주)	
	PET+AL	1	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	열무김치(살미농협)	
갓김치	PET+AL+PE	0.5	◎	◎	◎	×	×	○~××	◎	×	◎	종가집김치(오비맥주)	
	PET+AL 바닥:PET+A L+PE	0.5	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	돌산갓김치(동원산업)	
	PP+PET+SS F	1										갓김치(영신식품)	
백김치	PET+AL+PE	0.04, 0.2 0.5, 1 0.5	◎	◎	◎	×	×	○~××	◎	×	◎	한성김치(한성식품) 종가집김치(오비맥주)	
	PET+LLD	1	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○~×	○	습쉬는백김치(우성식품)	
	Nylon+PE	1	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	×	○	◎	고향맛김치(아진식품)
	PET+AL	1	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	○	백김치(살미농협)
고들빼기	PET+AL+PE	0.5	◎	◎	◎	×	×	○~××	◎	×	◎	남도농협김치(남도순천)	
	PET+AL	1	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	○	살미농협김치(살미농협)
고추김치	PET+AL	1	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	○	살미농협김치(살미농협)
열무김치	PET+AL	1	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	○	살미농협김치(살미농협)
동치미	PET+AL	1	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	○	살미농협김치(살미농협)
	PET+AL+PE	1	◎	◎	◎	×	×	○~××	◎	×	◎	종가집김치(오비맥주)	
오이김치	PET+AL	1	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	○	살미농협김치(살미농협)
파김치	PET+AL	1	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	○	살미농협김치(살미농협)
보쌈김치	PET+AL	1	◎	◎	◎	◎	○	○	×	○	×	○	살미농협김치(살미농협)
	PET+AL+PE	0.35, 0.7	◎	◎	◎	×	×	○~××	◎	×	◎	종가집김치(오비맥주)	
파김치	PET+AL+PE	0.35	◎	◎	◎	×	×	○~××	◎	×	◎	종가집김치(오비맥주)	

주) ◎우량, ○양호, ×불가

PE = polyethylene, PP = polypropylene(OPP : opposite -, CPP : cast-)  
 PET = polyester, LLDPE =linear low density polyethylene AL = Al-foil

대량의 단체급식용이나 군납용을 제외하고 시중 상품화되고 있는 것은 다양한 포장 재료를 사용한 유연포장이 이용되고 있다(Table 2-1). 특히, PET+Al+CPP, PET+Al+PE 등이 많고, nylon/PE, nylon/ CPP, PET+Al+LDPE 등 수분 및 기체 차단성이 좋은 것들이 많이 사용되고 있다. 그리고 유리병의 경우는 일본등 수출용으로 사용되고 일부 1차 조사때 발견된 바 있으나 국내 상품에는 거의 활용되지 않고 있다. 한편, 포장단위는 일부 단체급식용을 제외하고는 중·소포장을 하며 그 양의 단위는 0.5~3.0kg이 대부분이다.

이들 포장(용기)의 소재에 따른 여러 가지 특성을 Table. 2-2와 같으며 방습 및 기체차단성이 우수한 것을 선호하고 내한성 및 열접착성이 좋은 것을 택하고 있다. 현재 생산·유통되고 있는 김치류는 가공품의 80%가 대량 수요처와 군에 납품되며 변질에 따른 재고처리 문제로 도매 또는 소매상을 통한 정규 유통과정이 제대로 정착되지 않고 직영매장에 의존하고 있다. 국내 유통기간은 계절에 따라 다르지만 일반적으로 25℃ 상온에서 3~4일, 10℃ 저온에서는 약 10일로 보고 있어, 출고를 조절하기 위해 각 김치공장마다 -5℃~4℃의 저온 창고를 갖추고 있으며 내수의 경우 주로 냉장차로 수송하고 수출은 -2℃~4℃의 냉장 컨테이너로 운송하고 있다.

또한 이들 제품의 포장방법은 standing pouch, down-display pouch 등의 플라스틱 필름 봉투 포장과 tray 포장, 병포장 등으로 분류할 수 있는데, 포장재질별로 PET (polyethylenetere-phthalate) /PE(polyethylene) /AL(Al-foil), Ny(nylon)/ Al(Al-foil) /PE(polyethylene), Ny/ CPP(cast-polypropylene)Ny/PE(polyethylene) 등의 플라스틱 적층필름 봉투에 김치를 담아 상압 또는 진공 밀봉하거나 PP tray, 유리병과 같은 성형용기에 충전하여 상압 포장하는 형태로서 cold chain 방식으로 유통되고 있다.

## 2. 선정된 강성포장용기(내압 및 통기조절유리병) 포장김치의 발효페턴

가. 병포장 갓김치의 발효에 따른 용기내 진공도 변화

특수 병포장한 갓김치를 21 inHg 진공에서 밀봉한 진공포장구 및 상압처리구를 5

$\pm 1^{\circ}\text{C}$  저온발효기에서 숙성시키면서 포장용기내의 진공도 변화를 측정한 결과는 다음과 같다. 진공포장구의 갓김치는 발효 초기(0~2주)에 진공도가 급속히 감소(초기 진공도의 50%)하고 발효 중기(2~6주)에는 완만하게 감소(초기 진공도의 25%)하였다. 전반적으로 발효가 진행될수록 진공도는 점차 감소하는 경향을 나타내었는데 이는 발효에 기인한 것이라 사료된다. 김치의 발효의 진행과 함께 헤드스페이스의  $\text{CO}_2$  분압과 김치액즙 속에 녹아 있는  $\text{CO}_2$ 의 양은 비슷한 속도로 계속적으로 증가하다가 발효 적숙기 이후부터 그 증가가 완만해지는데 헤드스페이스 내에서 이러한  $\text{CO}_2$ 분압의 증가로 인하여 김치포장의 압력이 증가하는 것이 일반적이다. 그러나 상압포장구의 본 실험의 경우는 압력의 변화가 발견되지 않았으며 이는 포장 용기의 특성에 기인하여 발효가 진행됨에 따라 뚜껑의 가장자리를 통한 자연 배기가 이루어졌기 때문이라고 사료된다.

#### 나. pH 및 산도변화

특수 병포장 갓김치를  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 발효 숙성 시켰을 때 pH 및 산도의 변화는 Fig.2-1과 같다. 병포장 갓김치의 초기 pH는 5.7, 초기의 산도는 0.36%이었으며, 진공 병포장 갓김치 및 상압병포장 갓김치의 pH는 발효 1주에 각각 5.69(산도, 0.39%), 5.54(산도, 0.45%), 발효 3주에는 pH가 각각 4.61(산도, 0.54%), 4.47(산도, 0.6%)로 급격히 변화하였으며 이후에는 큰 변화가 없었으며 발효 8주에는 pH가 각각 4.47(산도 0.8%), pH 4.43(산도 0.93%)을 나타내었다. pH 및 산도는 김치의 주재료 및 부재료의 종류와 배합비, 숙성온도 등 여러 가지 인자에 따라 영향을 받는다. 김치 숙성시 당류가 많이 첨가되면 유기산의 생성이 억제되고, 단백질을 첨가하면 유기산의 생성은 촉진되나 단백질 고유의 완충작용으로 pH의 저하는 완만하다고 하였다.

본 연구의 앞에서 살펴본 바와 같이 갓김치의 이러한 경향은 특이하며 지속적이고 비교적 완만한 pH저하 및 산도의 증가 현상을 갖는다는 것이 특징이다. (Fig. 2-1 참조)

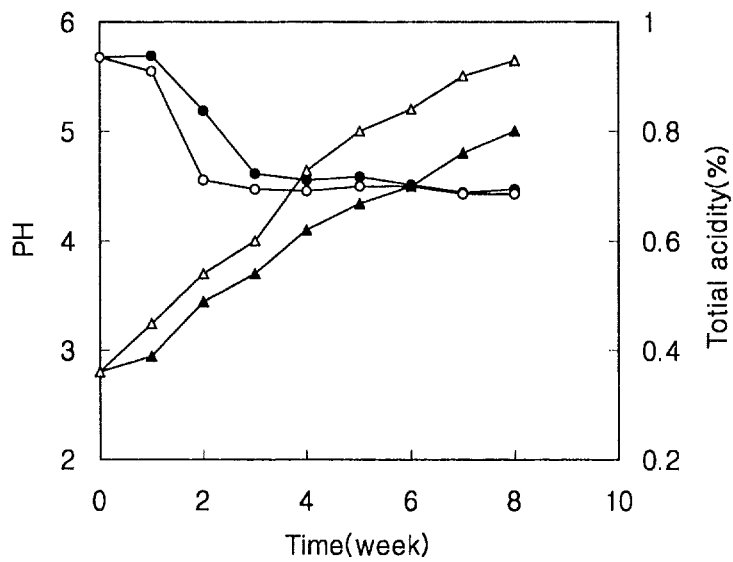


Fig. 2-1. Changes pH and total acidity in mustard leaf *kimchi* packed in bottle during fermentation at 5°C. -●- : pH (vacuum treated); -○- : pH (not treated); -■- : total acidity (vacuum treated); -□- : total acidity (not treated).



#### 다. 환원당의 변화

병포장 갓김치의 발효숙성중 환원당 및 염도의 변화는 Table 2-3과 같다. 갓김치의 초기 환원당은 27g/mg이었으며, 염도는 2.0g/mg이었으며 환원당은 발효 8주에 진공구와 대조구가 각각 0.2 g/mg, 0.1g/mg으로 큰 차이가 없었으며 두 그룹 모두 완만하게 감소하였다.

환원당이 서서히 감소하면서 산도가 완만하게 상승되어 다른 실험보고와 같은 경향을 보여 주었다. 이는 김치의 발효 미생물의 작용으로 김치의 재료 중의 당이 소모되고 그 만큼 유기산과 CO<sub>2</sub> 등이 생성되어 산도 및 pH에 영향을 주는 것으로 설명되어지고 있다.

#### 라. 젖산균수

특수병포장 갓김치의 발효과정중 젖산균수의 변화는 Fig.2-2와 같다. 김치발효는 젖산균에 의해 주도되는데, 진공병포장 갓김치는 발효 3주까지, 상압병포장 갓김치는 발효 2주까지 급격히 증가하였으며, 젖산균수가 많음에도 불구하고 6주까지는 일정 수준을 유지하면서 서서히 감소되다가 6주 이후부터는 급격히 떨어졌다. 일반적으로 알려진 바와 같이 저지유를 첨가한 김치가 총균수 및 젖산균이 최고치에 도달하는데에 상대적으로 많은 시간이 소요되며, 일정수준을 유지하는 양상을 보여주었다.

#### 마. 발효페턴과 CO<sub>2</sub>발생

지금까지 살펴본 바와 같이 갓김치의 발효 양상과 CO<sub>2</sub>발생량은 밀접한 관계가 있으며 이는 결국 갓김치의 발효페턴의 전형적인 특징을 형성한다고 할 수 있다. Fig. 2-1에서와 같이 갓김치의 발효과정 중의 pH 및 산도의 변화 그리고 CO<sub>2</sub>발생 양상을 보면 Fig. 2-4와 같은 발효 모델을 얻을 수 있으며, 이는 다음에 설명하는 배추김치 모델과는 달리 지속적인 1단계 발효형을 나타내고 있음을 알 수 있다.

따라서 갓김치의 발효는 5~15℃ 범위, 소금농도 2.2~3.5% 범위에서 위와 같은 발효페턴을 가질 것이므로, 이와 같은 발효에 적응하는 포장소재 및 포장기법의 개발이

Table 2-3. Changes of reducing sugar and salt contents in mustard leaf *kimchi* packed in glass bottle during fermentation at 5°C

Fermentation period(week)	Reducing sugar(g%)		Salt(g%)
	Vaccum treated	Not treated	
0	2.7±0.02*	2.7±0.02*	2.1±0.03*
1	2.5±0.03	2.4±0.03	2.1±0.04
2	2.3±0.01	2.1±0.02	2.0±0.03
3	2.0±0.02	1.6±0.01	1.9±0.04
4	1.6±0.02	1.3±0.01	1.9±0.02
5	1.2±0.02	1.0±0.02	2.0±0.03
6	0.6±0.04	0.5±0.01	2.0±0.03
7	0.3±0.02	0.2±0.03	2.0±0.02
8	0.2±0.01	0.1±0.01	

\*Mean±S.D.

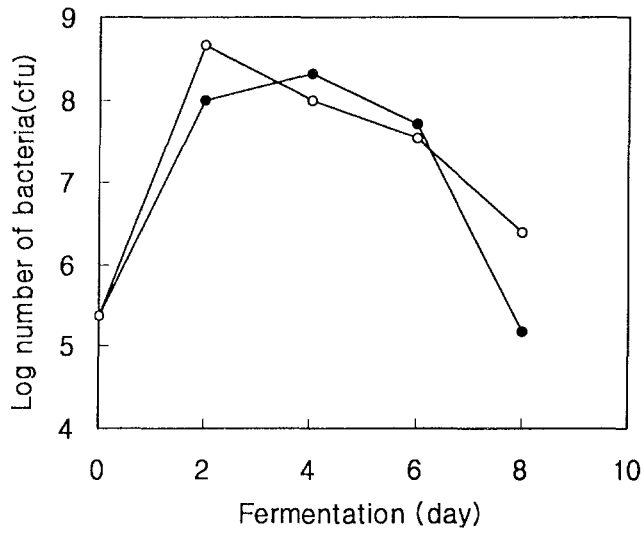


Fig. 2-2. Changes lactic acid bacterial count of mustard leaf *kimchi* packed in bottle during fermentation at 5°C. -●- : vaccum treated; -○- : not treated.

필요하게 된다. 그러나 본 실험에서는 특수유리병 포장을 한 것이므로 진공처리의 경우 이러한 발효폐턴을 포용할 수 있는 능력이 있을 것으로 생각되나 다음에 설명하는 바와 같이 향미에 큰 기여가 없고 가격이 높으며 유리병이라는 활용성 제한의 문제가 있다. 또한 계속적으로 가스발생이 진행되면 내용물(김치국물) 유출의 문제가 있을 수 있다. 한편 상압의 경우 비록 부피 팽창 현상은 없으나 대부분의 CO<sub>2</sub>가 배기됨으로써 앞에서 열거한 문제점 이외에 시원한 산미 등이 결여될 수 있으며 배기된 냄새 또한 문제가 된다.

### 3. 선정된 유연포장용기(PET+Al+CPP) 포장김치의 발효폐턴

#### 가. pH, 산도 및 환원당의 변화

배추김치를 유연포장용기(PET+Al+CPP)에 담아 15℃에서 발효했을 때 pH 및 산도의 변화는 Fig.2-3과 같다. 즉, 원재료에 함유된 각종성분과 효소, 미생물 등에 차이가 있겠으나 초기 5.5내외의 pH는 발효진행과 함께 점차 저하되어 발효 7일에 4.6내외, 발효 12일째 4.0으로 저하되고 있다. 이러한 급격한 현상은 발효후기에 이르러 완만한 증가 경향으로 전환됨을 보여 주고 있다. 그리고 산도는 0.2~0.3범위에서 점차 상승하되 초기에는 급격하여 발효10일에 거의 1.2내외를 나타내고 있다. 이러한 급격한 현상은 발효 후기에 이르러 완만한 증가 경향으로 전환되고 있음을 보여 준다.

본 실험의 pH 및 산도 변화는 Fig. 2-1의 경향과 유사하며 이에 따른 CO<sub>2</sub>생성 역시 같은 경향을 나타내고 있다. 즉, 발효온도에 따라 다소 상이하나 초기 1단계의 빠른 산도 증가와 후기 2단계의 완만한 산도 증가 현상을 주목할 수 있다.

한편, 이와 같은 발효양상을 뒷받침하는 환원당 함량은(표로 나타내지 않았음) 초기 11.0(mg/g)이었던 것이 발효 경과와 함께 급격히 감소하여 발효 7일째 7.6(mg/g)으로, 그리고 그 이후는 완만하게 감소하여 발효 16일째도 5.6(mg/g)에 머물고 있다. 이는 위의 산도 증가와 반대의 경향을 잘 나타내고 있다.

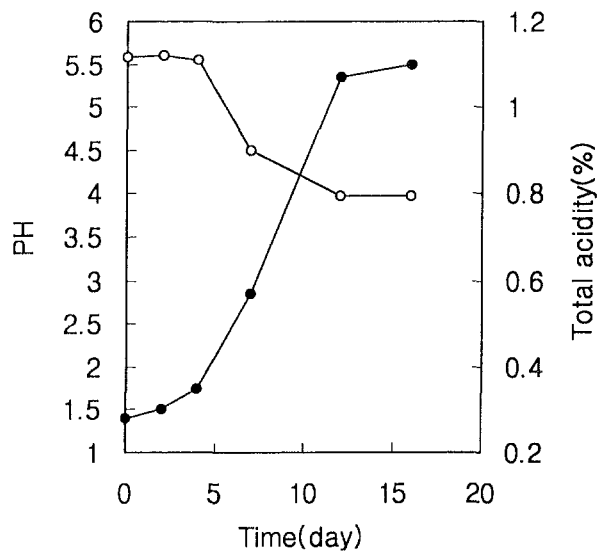


Fig. 2-3. Changes of pH and total acidity during *kimchi* fermentation at 15°C  
 -●-: total acidity; -○- : pH

#### 나. 젖산균수의 변화

발효과정중 김치의 젖산균의 수를 측정한 결과는 Fig.2-5와 같다. 김치의 발효과정 중 세균의 경시적인 변화는 발효 초기부터 혐기성 세균의 생균수가 급격히 증가되어 발효 후기에 일정한 수준에 도달하나 호기성 세균은 발효 초기에 약간의 증가를 보이다가 발효가 점차 진행되면서 생육이 억제되어 균체수가 감소된 후 저장 후기에 다시 급증하는 것이 일반적이다. 본 연구에서도 *Lactobacillus sp.*는 발효가 진행됨에 따라 증가하여 12일경에 최대치를 나타내나 *Leuconostoc sp.*는 비교적 초기에 많이 생성되고 있다. 이러한 경향은 초기의 급격한 1단계 발효 속도와 잘 일치하며 12일 이후의 일부 세균수의 감소는 후기의 비교적 완만한 발효가 일어나는 2단계 발효양상을 잘 뒷받침하고 있다. 특히, 김치 발효의 긍정적인 역할을 하고 있는 *Leuconostoc sp.*가 초기에 급격히 증가함을 주목할 수 있다. 그러나 지속적인 *Lactobacillus sp.*의 전반기 증가는 초기 급격한 김치 발효에 크게 기여한다고 사료된다.

#### 다. 발효페턴과 CO<sub>2</sub>발생

유연포장용기(PET+Al+CPP) 포장김치의 경우, 마지막 변질단계 이전 혹은 가스발생에 의한 포장용기 파열 단계 이전의 배추김치 발효 양상은 pH변화, 산도 변화, CO<sub>2</sub>발생량의 변화 그리고 환원당 변화와 밀접한 관련성을 갖는다. 김치발효는 재료, 담는 방법, 효소, 미생물 등에 직접적인 영향을 받을 것이나 정상젖산발효와 이상젖산발효정도에 지배받을 것이며 결국 산도의 변화와 CO<sub>2</sub>생성량에 크게 영향을 받게 된다.

본 실험 결과에서의 Fig.2-3, Fig.2-5 등을 고려할 때 배추김치의 전형적인 발효페턴은 Fig.2-6과 같이 발효속도가 빠른 1단계와 상대적으로 발효속도가 완만한 2단계로 나누어 질 수 있다. 이러한 현상은 소금농도 2.0~3.5%범위, 발효온도 4~20℃범위에서 잘 일치할 것으로 판단된다.

결국 가스발생에 의한 부피팽창은 CO<sub>2</sub>생성량과 그 축적량에 의존될 것이며 이에

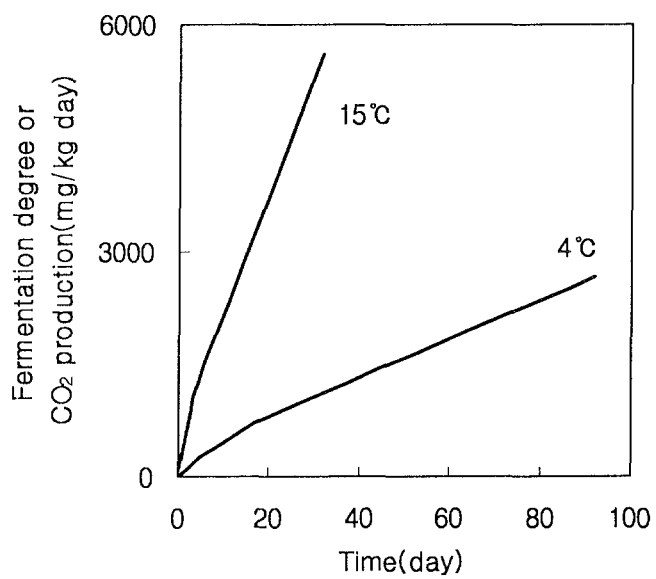


Fig. 2-4. Fermentation pattern of mustard leaf *kimchi* (salt content: 2.2%)

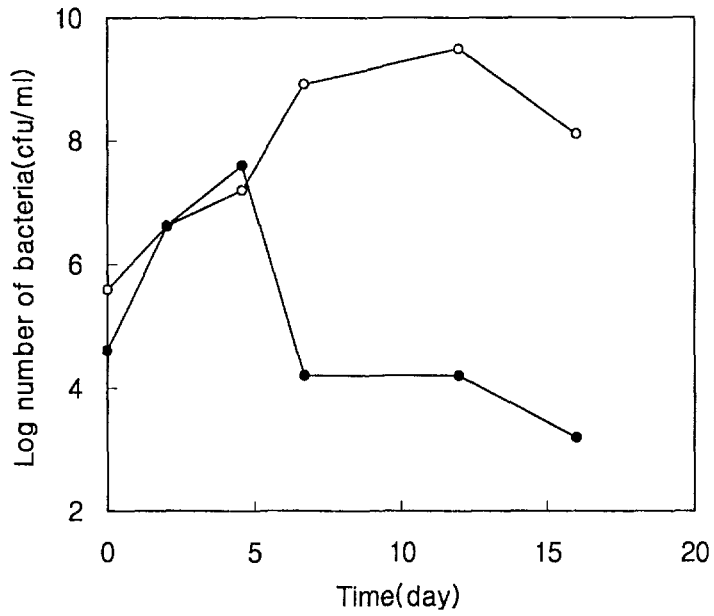


Fig. 2-5. Microflora changes of *Lactobacillus* sp. and *Leuconostoc* sp. cutted Korean cabbage *kimchi* during fermentation at 15°C. -●-: *Lactobacillus* sp, -○-: *Leuconostoc* sp



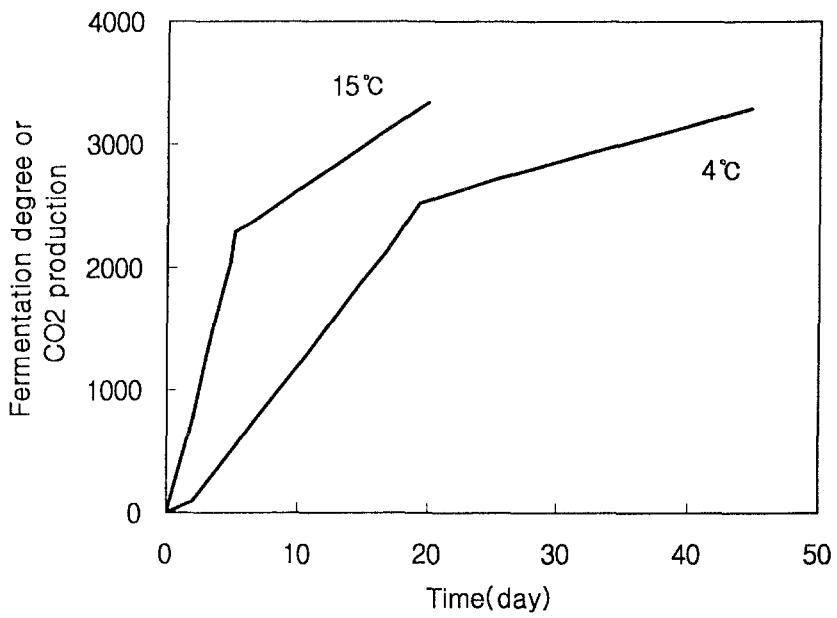


Fig. 2-6. Typical fermentation pattern of cutted Korean cabbage *kimchi*.

대한 자세한 규명은 앞에서 실시한 내용과 같다. 따라서 통기성을 극도로 차단한 유연성 필름 포장의 경우 CO<sub>2</sub>생성량, 부피팽창정도, 그리고 발효페턴을 고려한 적절한 발효적응형 포장소재의 선정과 포장기법 개발이 시급히 요청된다.

#### 4. 선정된 강성포장용기(내압 및 통기조절 유리병) 포장김치의 향미 및 보존성

##### 가. 갓김치발효 보존 중 색도의 변화

병포장 갓김치의 발효에 따른 색도의 변화는 Table 2-4와 같다. 발효가 진행될수록 L값(Lightness) 및 a값(Redness)은 증가하였다. L값은 발효초기인 2주까지는 진공병포장 갓김치가 더 높았으나, 이후에는 낮은 값을 보였는데 이는 발효에 따라 chlorophylls의 분해 또는 파괴에 따른 김치즙액의 탁도 저하 결과로 생각된다. 김치액의 색상변화는 색측정에 사용한 김치의 시료 채취방법, 원재료의 종류 및 배합비율, 발효조건 등의 변화 요인에 따라 측정값은 다소 달라질 수 있다. 적색도를 나타내는 a값은 두 그룹 모두 발효초기인 2주까지는 급격하게 증가하였고, 이는 고춧가루의 carotenoid색소가 갓김치의 발효숙성으로 인해 용출되어 나왔기 때문으로 생각된다. 그러나 후기에는 진공병포장 갓김치의 a값이 더 낮았는데 이는 발효에 따른 pH의 저하 영향으로 조직내의 chlorophylls이 조직밖으로 용출되어 황색의 pheophytin으로 변한 것이 그 원인의 하나로 지목된다. 그리고 진공 병포장 갓김치는 pH의 감소가 느리고 이에 따른 잔존 chlorophyll a함량의 차이에 기인하는 것으로 생각된다.

##### 나. 향미 및 관능적 특성 변화와 보존성

병포장 갓김치의 외관(Appearance), 견고도(Hardness), 덜익은맛(Greeny taste), 균덕맛(Moldy taste), 신맛(Acidic taste), 풋내(Greeny flavor), 균덕내(Moldy flavor), 신내(Acidic flavor) 그리고 종합적인 품질(Overall quality), 질감(Overall texture), 풍미(Overall flavor) 및 냄새(Overall odor) 등의 12항목에 대하여 비교 평가된 각각의 묘사의 척도를 QDA(Quantitative descriptive analysis)에 의해 분석하였으며 그

Table. 2-4 Changes in L & a values mustard leaf *kimchi* juice packed in glass bottle during fermentation at 5°C

Fermentation period(week)	L value*		a value*	
	Vaccum treated	Not treated	Vaccum treated	Not treated
0	27±1.5**	27±1.6**	5.3±0.6**	5.3±0.6**
1	24±1.7	23±1.7	7.2±0.5	7.8±0.4
2	23±2.0	21±1.9	8.9±0.3	9.4±0.6
3	25±1.4	25±1.9	8.8±0.3	9.6±0.5
4	28±1.7	29±1.6	8.8±0.5	9.8±0.4
5	30±1.6	33±1.8	8.7±0.4	9.7±0.3
6	32±2.1	35±1.9	8.6±0.4	9.6±0.5
7	30±1.6	32±2.1	8.8±0.6	9.5±0.4
8	30±1.6	33±2.0	8.8±0.5	9.6±0.6

\* L value : lightness  
a value : redness

\*\* Mean±S.D.

중 2주 및 8주의 QDA는 Fig.2-7 및 2-8과 같다. 발효 2주부터 발효 8주까지의 관능 검사 결과 외관은 전기간에 걸쳐 상압병포장 갓김치가 약간 점수가 높았다(좋지 않았다). 풍미와 품질은 발효 3주까지는 진공포장 갓김치가, 그 이후부터는 상압포장 갓김치가 더 점수가 높았다(좋지 않았다). 종합적인 냄새와 질감 그리고 군덕내와 군덕맛은 두 그룹간에 큰 차이가 없었으며 발효 후반부인 6, 7, 8주에는 상압포장 갓김치가 약간 점수가 높았다(좋지 않았다).

신내와 신맛은 전 기간동안 상압병포장 갓김치가 점수가 높았으며(약간 강했으며), 이는 진공포장 방법이 갓김치의 발효숙성 기간을 연장할 수 있는 양상을 보여주었다. 풋내와 덜익은맛은 발효 6주까지는 진공병포장 갓김치가 다소 점수가 높았으며, 발효 7, 8주에는 두 그룹이 비슷한 경향을 보였다. 견고도는 전 기간 동안 두 그룹이 큰 차이가 없었으며 이는 갓의 세포조직이 치밀하고 견고하여 쉽게 물러지지 않는 특성 때문으로 생각되어 진다.

결국 특수 설계된 병포장 김치의 발효저장중 품질변화를 정리하면 진공처리 유무에 다소 영향을 준 것은 사실이나 품질을 크게 개선하지는 않는 것 같다. 그러나 내압 및 통기조절이 가능했으므로 부피팽창 및 과열의 염려는 없었으나 진공처리는 저장 6주까지 풋내 또는 덜익은 맛이 있어서 문제되었고, 종합적인 품질도 발효 3주까지는 진공처리가 오히려 평가가 좋지 않았음을 주목할 필요가 있다. 따라서 진공 또는 과도한 기밀포장은 바람직하지 않음을 알 수 있다.

한편 갓김치는 자체의 특성으로 발효지연 효과가 있으며 보존성도 상대적으로 높다. 그러나 특수 디자인된 유리병의 경우 앞에서 이미 지적한 바와 같은 개선의 여지가 있다.

## 5. 선정된 유연포장용기(PET+Al+CPP) 포장김치의 향미 및 보존성

### 가. 배추맛김치 발효 보존 중 색도의 변화

맛김치를 유연포장용기에 담아 15℃에 발효했을 때 발효 저장 중 색도 변화는 다음과

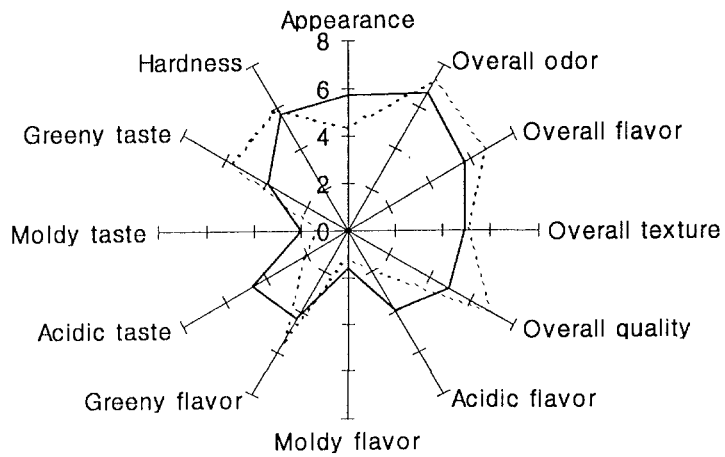


Fig. 2-7. QDA profile of cutted Korean cabbage *kimchi* packed in glass bottle and fermentation for 2weeks at 5°C. ---- vaccum treated, not treated. sensory score: Extremely dislike(9point) and Extremely like(1 point).

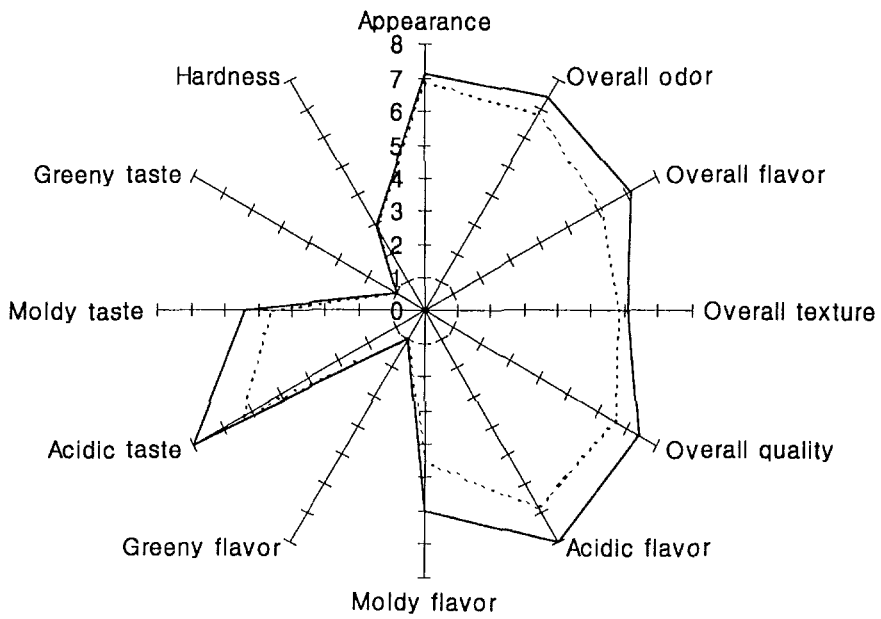


Fig. 2-8. QDA profile of cutted Korean cabbage *kimchi* packed in glass bottle and fermentation for 8weeks at 5°C. ---- vaccum treated, not treated. sensory score: Extremely dislike(9point) and Extremely like(1 point).

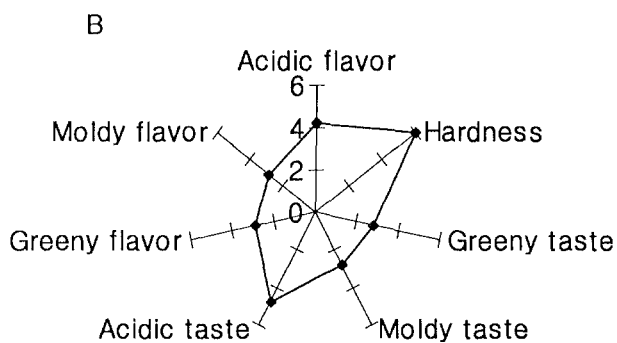
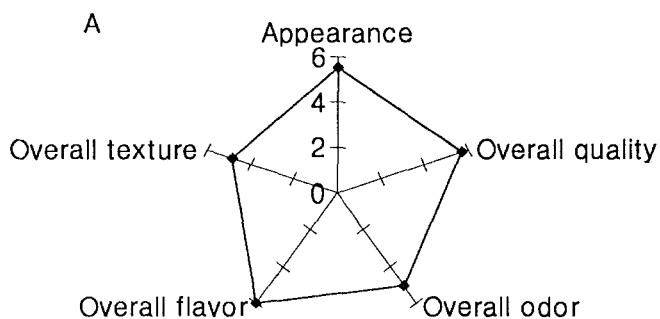


Fig. 2-9. QDA of cutted Korean cabbage *kimchi* packed in (PET+AL+CPP) bag and fermentation for 5weeks at 15°C.

A. Subjective score

9point: Extremely dislike

5point: Neither like nor dislike

1point: Extremely like

B. Subjective score

9point: Extremely weak

5point: Neither strong nor weak

1point: Extremely strong

같다(Table 생략). 즉, 발효가 진행될수록 L값은 31정도에서 1주후에는 22내외로 그리고 다시 2, 3, 5주로 시일이 경과할수록 높은 값을 나타냈다.

발효1주의 경우 L값 즉 밝기(Lightness)가 낮아진 것은 chlorophylls 등의 유출로 인해 김치즙액의 탁도 증가에 의한 결과라고 사료된다. 그러나 그 후 계속 높은 값을 보인 것은 각종 색소의 파괴에 의한 탈색현상으로 판단된다. 이러한 현상은 a값 즉 적색도(Redness)값과 상반된 결과에서도 설명될 수 있으며 a값은 초기 5.2에서 1주에는 8.1 그리고 그 이후에는 다시 그 값이 낮아지고 있다.

따라서 색도면에서 15℃에서 포장저장후 1주가 되면 이미 원래의 신선한 색깔이 크게 달라지고 있음을 알 수 있다.

#### 나. 배추맛김치 발효 보존 중 향미 및 관능적 특성 변화와 보존성

맛김치를 유연포장하여 15℃에서 발효 저장했을 때의 관능검사 일례(발효 저장 5일)를 보면 Fig. 2-9와 같다. 이 온도에서 발효 5일에 이미 좋은 점수를 받지 못하고 있음을 알 수 있다. 전반적으로 발효가 진행됨에 따라 맛김치의 신맛, 군덕맛, 신내, 군덕내는 증가하였으며 덜익은맛, 풋내, 경도는 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 발효의 진행에 따른 젖산균의 발효작용에 의한 유기산의 증가 등 각종 생화학적 반응에 기인한 것이며, 경도는 관련 효소에 의한 섬유질 등의 분해에 의해 함께 감소한 것이라 여겨진다.

외관 등 모든 관능적 요소가 이미 5일 이후부터 좋지도 싫지도 않다고 했으며 그 이후는 급격히 품질이 저하되고 있다. 특히 신내와 경도(조직감)은 발효 5일에 다소 높은 점수인 6점 및 5.5점을 얻어 우수한 풍미기간이 서서히 지나고 있음을 알 수 있다.

## 제 4 절 결 론

현재 시판되고 있는 김치 상품들의 활용빈도등을 고려해 볼 때 유연포장의 경우는 Al-laminated film계열이, 강성포장재로서 수출용은 유리병, PET병이 주를 이루고



국내용은 주로 PET병이 이용되고 있다. 따라서 유통과정중 가스발생에 의한 부피팽창과 파열의 문제점이 있으며 일부 업체에서는 진공포장과 가스흡수제를 사용하고 있으나 생성되는 가스 처리에 한계가 있음을 알 수 있다. 유통되고 있는 포장김치에 서의 CO<sub>2</sub>의 양은 비슷한 속도로 계속적으로 증가하다가 발효 적속기 이후부터 그 증가가 완만해지는데 헤드스페이스 내에서 이러한 CO<sub>2</sub>분압의 증가로 인하여 김치포장의 압력이 증가하는 것이 일반적이다.

그리고 pH와 산도에 있어서 초기에 급격한 감소, 급격한 증가를 보이다가 후반기에는 완만한 감소와 증가를 보인다. 환원당도 또한 초기에는 급격한 감소를 그리고 후반기에 완만한 감소를 보인다. 발효과정에서 *Lactobacillus sp.*는 발효가 진행됨에 따라 증가하여 12일경에 최대치를 나타내나 *Leuconostoc sp.*는 비교적 초기에 많이 생성되고 있다. 결국 기체차단형 유연포장의 경우 팽창과 파열의 문제점이 가장 중대하나 김치의 관능적 특성을 중요시하지 않을 수 없다. 유연포장으로 포장한 김치의 관능검사(예비실험)실험에서 상압포장, 배기포장, 진공포장은 서로 유의적인 차이가 없었으나 상압포장 및 가스차단성 포장은 가스팽창 및 파열의 우려가 있으므로 부분배기포장 또는 부분 CO<sub>2</sub>제거 포장 방법 즉, 발효적응형 포장기법이 고려되어야 할 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 최유미 : 병포장 배추김치의 저장 중 이화학적 특성변화, 부산대학교 대학원 석사 학위 논문(1998)
2. 최신양, 구영조 : 김치의 과학기술, 기술신서 2집, 한국식품개발연구원, 서울(1990)
3. 강수기, 박완수, 최태동 : 김치, 수지맞는 사업추진과 경영, 농민신문사, 26(1995)
4. 홍석인, 박노현, 김길환: 포장방법에 따른 김치의 품질변화, 한국식품과학회 심포지움발표 논문집, 김치의 과학, 384, (1994)

5. 윤경연, 강미정, 신승렬, 윤광섭, 김순동, 김광수 : 김치 저장성에 미치는 가스흡수제의 영향, 농산물저장유통학회지, 5(4), 363-367(1998)
6. 한홍의, 임종락, 박현근 : 김치발효의 지표로서 미생물군집의 측정, 한국식품과학회지, 22(1), 26~32 (1990)
7. Ruck, J. A : *Chemical Methods for Analysis of Fruits and Vegetable Products*, Canada Department of Agriculture, Summerland, BC, Canada, pp.26-37(1963)
8. SAS : SAS/STAT Guide for Personal computer, SAS Institute Inc., Cary, NC(1998)

## 제 3 장 김치의 발효특성 및 CO<sub>2</sub> 발생특성

### 제 1 절 서 설

김치종류에 따른 발효특성을 확인하기 위하여 배추맛김치, 깍두기(1), 갓김치등의 보통김치 3종과 백김치, 나박김치등의 물김치 2종의 저장발효중에 일어나는 여러 가지 이화학적인 실험을 행하였고 CO<sub>2</sub>발생을 비교 검토하였다. 그리고 또한 이들의 CO<sub>2</sub> 생산속도(2,3)와 단계별 전이(transient point) 특성을 규명하고자 하였다. 김치 용기의 압력발생이나 용기팽창은 CO<sub>2</sub> 발생으로 인한 결과임이 확인하고자 하였다. 또한 김치포장내 압력변화는 CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> 기체의 분압을 예측하거나 측정하여 이를 합계합으로서 얻어질수 있을 것을 알았고 유리병 포장에서의 김치발효진행에 따라 O<sub>2</sub> 및 N<sub>2</sub> 분압은 비교적 일정 수준을 유지하고 있으나 CO<sub>2</sub> 분압은 계속 증가하여 용기내 압력 상승의 원인으로 해석되어 질 수 있었다. 따라서 앞으로는 GC로부터 얻은 각 기체 분압을 합한 전압과 Bourdon관 압력계를 측정한 압력이 잘 일치하는지를 검증하고자 하였다. 그리고 용기 개봉후의 양상, 제어변수에 따른 CO<sub>2</sub> 발생 특성으로부터 압력 발생이나 부피 팽창의 예측 가능성을 검토하고자 하였다.

한편, 강성포장용기(유리병, PET 포장2종) 및 유연포장필름(nylon/ PE, LDPE, 2종)으로 김치를 포장한 후 압력발생과 부피팽창에 미치는 주요 요인을 검토하고 발생된 CO<sub>2</sub>의 흡착능력을 가진 특수물질을 이용한 억제연구와 통기성 소재 이용에 의한 기초적인 억제연구를 행하고자 제올라이트의 CO<sub>2</sub> 흡수특성과 흡수 최적조건을 찾고자 하였다. 한편, 압력발생을 없게 하고자 통기성 filter를 부착해 보기도 하였다. 김치용기의 압력발생이나 용기팽창은 CO<sub>2</sub> 발생으로 인한 결과임이 확인되었으며 또한 포장필름에 따른 포장의 부피팽창 정도도 검토하였다.

## 제 2 절 이론, 김치제조 및 실험방법

### 1. 김치의 제조

실험대상의 김치로는 배추 맛김치(cut Chinese cabbage *kimchi*), 깍두기(diced radish *kimchi*, Kaktugi), 갓김치(mustard leaf *kimchi*), 백김치(baek *kimchi*), 나박김치(nabak *kimchi*)를 선택하였다. 본 실험에 사용된 배추, 무, 미나리, 마늘, 고추가루, 옥파, 생강 등의 재료는 시장에서 구입하였으며 소금은 정제염(한주소금)을 사용하였다. 김치는 일반적으로 잘 알려져있는 통상적인 방법을 참고하여 제조하였다. 제조된 김치의 염도는 염도계(Model NS-3P, Merbabu Trading Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. 배추 맛김치의 제조를 위하여 정선된 배추를 2 x 3 cm 크기로 세절한 다음, 12% 소금물에 2 시간동안 절인 후 세척하여 물빼기를 하였다. 절인 배추 100g 당 옥파 4g, 마늘 2g, 고추가루 2g, 생강 1g, 설탕 1g의 비율로 혼합하고 450 mL 유리용기에 253g씩 담은 다음, lug cap으로 밀봉하였다. 이렇게 담은 맛김치의 염도는 2.2%이었다. 깍두기의 제조에 있어서는 평균중량 1.4 kg 인 무를 구입하여 깨끗이 씻은 후에 2 x 2 x 2 cm 크기로 절단하여 소금을 뿌려 2 시간동안 절인 다음 물로 행구고 1시간동안 물 빼기를 하였다. 그런 다음 절여진 무 100g당 옥파 3.4g, 마늘 2g, 고추가루 2.7g, 생강 2g, 소금 2g을 첨가하여 최종 염도가 각각 2.3%가 되게 조절하였다. 깍두기는 450 mL 유리용기에 246g씩 포장하였다. 갓김치의 제조를 위해서는 전라남도 여천군 돌산면에서 생산된 갓을 구입하여 2 x 3 cm크기로 절단한 다음 12% 소금물에 2 시간 동안 절였다. 갓은 잎과 줄기의 비율이 3.7:6.3의 비가 되게 혼합하였다. 절여진 갓을 물로 2번 세척한 후 30분 동안 물 빼기를 하였다. 그리고 나서 소금에 절여진 갓 100g 당 옥파 4g, 마늘 2g, 고추가루 2g, 생강 1g, 설탕 1g의 양념을 잘 다져서 섞은 후 최종 염농도를 2.4%로 조절하였다. 포장은 450 mL 유리용기에 253g 단위로 포장하였다. 백김치의 제조에 있어서는 봄배추를 깨끗이 씻어 4

등분하여 15% 소금물에 담그어 4.5시간 절인 다음 세척하였다. 용량이 900 mL인 유리용기에 절인 배추 198g, 채로 썬 무 90g, 절단 미나리(길이 3cm) 24g, 옥파 14g, 생강 8g, 소금 11g을 넣어 혼합한 다음, 물 260g으로 덮고 밀봉하였다. 또한 풀을 첨가한 백김치의 경우는 찹쌀가루와 물을 1:22의 비율로 혼합하여 끓이고 냉각시켜 놓은 풀 260g을 물 대신 첨가하였다. 백김치의 염농도는 2.2%이었다. 나박김치의 제조에 있어서는 배추를 4등분하여 15% 소금물에 4.5시간 절인 후 세척하고 3 x 4 cm 크기로 절단하였다. 무는 깨끗이 씻어 껍질을 벗긴 다음 3 x 4 x 0.3 cm의 크기로 절단하였고, 미나리는 길이 3 cm 정도로 썰어 놓는다. 절인 배추 53g, 무 91g, 미나리 12g, 마늘 4g, 옥파 7g, 생강 2g, 소금 5.5g 을 함께 버무려서 450 mL 유리병에 넣은 다음 물 130g을 부어 혼합시키고 밀봉하였다. 또한 풀을 첨가한 백김치의 경우는 1:22의 비율로 찹쌀가루 와 물을 혼합하여 끓이고 냉각시켜 놓은 액 130g을 물 대신 첨가하였다. 이러한 나박김치의 염농도는 2.2%이었다.

## 2. 포장방법 및 포장단위

제조된 김치는 병포장 한 후 실험목적에 따라 정해진 조건에서 발효, 저장하며 시간에 따라 품질인자를 측정하였다. 병포장은 가스차단성과 밀봉성이 우수한 lug cap 으로 밀봉되는 유리병((주)두산)을 사용하였고, lug cap의 뚜껑에는 구멍을 내어 silicone으로 밀봉하여 sampling port를 만들어 헤드스페이스의 가스를 gas tight syringe sampling 하거나 압력을 측정할 수 있도록 하였다. 각 김치의 포장단위는 깍두기, 맛김치, 청갯김치, 나박김치의 경우 내용 용적이 450ml인 유리병((주)두산)에 김치를 각각 253g, 253g, 246.2g, 304.5g씩을 포장하였고, 백김치의 경우는 850ml((주)현대주방) 용기에 609g씩을 포장하였다. 헤드스페이스 용적은 깍두기 228ml, 맛김치 217ml, 청갯김치 248ml, 풀을 첨가한 백김치 336ml, 백김치 343ml, 풀을 첨가한 나박김치 147ml, 나박김치 140ml 이었다.

### 3. 저장 및 발효 방법

김치 종류에 따른 CO<sub>2</sub> 발생속도와 품질변화를 비교하기 위한 실험에서는 염도를 2.2% 내외로 하고 깎두기, 맛김치, 청갓김치, 백김치, 나박김치를 15℃와 4℃의 발효기에서 발효시키면서 헤드스페이스의 CO<sub>2</sub> 농도 및 압력, pH, 총산을 측정하였다.

### 4. 김치 발효 중 CO<sub>2</sub> 발생 및 이화학적 변화 측정

저장된 김치포장을 실험목적에 따라 4℃ 및 15℃의 조건에서 발효시키면서 CO<sub>2</sub> 발생 및 물리 화학적 변화를 측정하였다. 각기 포장된 김치의 헤드스페이스의 가스 조성을 측정하였고, 필요한 경우에는 부피를 측정하기도 하였다. 그 후 용기를 개봉하여 위에서 설명하는 방법에 따라 pH와 총산을 측정하여 실험하였다. 각 측정시점에서의 모든 실험은 2반복 이상을 실험하였고, 측정된 수치는 평균치를 사용하였다.

#### 가. CO<sub>2</sub> 발생 측정

제조된 김치는 포장한 후 4℃ 및 15℃의 조건에서 발효시키면서 먼저 각 측정시점에서 포장된 김치에 대하여 헤드스페이스의 가스조성을 측정하였다. 김치발효 중 김치용기 내 헤드스페이스로 발생하는 CO<sub>2</sub>는 헤드스페이스의 CO<sub>2</sub>농도를 측정함에 의하여 구하였다. 헤드스페이스의 가스 1ml를 sampling port를 통하여 gas tight syringe로 취하여 TCD detector가 부착된 Hitachi Model 163 Gas Chromatography (Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)로 분석하였다. column은 CTR I (Alltech Associates, Inc., Deerfield, IL, USA)을 사용하되 40℃를 유지하였고, injection port의 온도는 70℃, detector 온도는 90℃로 유지하였다. Carrier gas와 reference gas는 He을 각각 30 ml/min과 40ml/min의 유량으로 조정하였다. 그리고 김치 발효과정에서 발생하는 전체 CO<sub>2</sub> 발생량을 계산하기 위하여 아래 식 (3-1)에서와 같이 각 측정시점에서 김치액즙 속에 녹아있는 용존 CO<sub>2</sub> 생성량과 헤드스페이스의 CO<sub>2</sub> 생성량을 더하였다.(4)

$$\begin{aligned} \text{김치발효로부터 발생된 CO}_2\text{량} &= \text{헤드스페이스의 CO}_2\text{량} + \text{액즙에 녹아있는 CO}_2\text{량} \\ &= C_{CO_2} V_F + D_{CO_2} V_L \end{aligned} \quad (3-1)$$

여기서  $C_{CO_2}$ 는 헤드스페이스에서의  $CO_2$  농도(mg/ml),  $V_F$ 는 포장 내 자유용적(ml),  $D_{CO_2}$ 는 김치액즙에 녹아있는 용존  $CO_2$  농도(mg/ml),  $V_L$ 은 김치액즙의 양(ml)이다

위 식 (3-1)에서 김치액즙에 녹아있는 전체 용존  $CO_2$ 의 양은 Henry의 법칙에 의해 식 (3-2)의 관계로부터 계산되었다.

$$D_{CO_2} = \zeta_{CO_2} \times P_{CO_2} \quad (3-2)$$

여기서 Henry의 상수  $\zeta_{CO_2}$ 는 Rammert와 Paderson(10)으로부터 얻어질 수 있고,  $P_{CO_2}$ 는  $C_{CO_2}$ 로부터 이상기체상태방정식에 의하여 다음 식 (3-3)에 의하여 얻어질 수 있다.

$$P_{CO_2} = \frac{C_{CO_2} RT}{100000M} \quad (3-3)$$

여기서 R은 기체상수(8.314 J/K mol), T는 절대온도(K), M은  $CO_2$ 의 분자량(kg/mol)이다. 식 (3-2)의 Henry의 상수,  $\zeta_{CO_2}$ 는 Rammert와 Paderson에 의하여 보고된 식의 관계를 이용하였다.

$$\begin{aligned} \zeta_{CO_2} &= 3.36764 + 0.07(1 - C_{O_2}/9) - (0.014 - 0.00044 C_{O_2}) P_{CO_2} - 0.12723 \theta + 2.8256 \times 10^{-3} \theta^2 \\ &\quad - 3.3597 \times 10^{-5} \theta^3 + 0.5933 \times 10^{-7} \theta^4 - (0.47231 - 0.02988 \theta + 1.1605 \times 10^{-3} \theta^2 - \\ &\quad 2.2510 \times 10^{-5} \theta^3 + 1.5933 \times 10^{-7} \theta^4)(C_s/128 + C_e/43 + C_{NaCl}/27 + C_f/50) \end{aligned}$$

여기서  $\zeta_{CO_2}$ 는 용존 이산화탄소(mg/l),  $\theta$ 는 온도( $^{\circ}C$ ),  $C_s$ 는 당의 농도(g/l),  $C_e$ 는 알코올 농도(%),  $C_{NaCl}$ 은 염도 및 총산의 농도(g/l),  $C_{O_2}$ 는 용존 산소(mg/ml),  $C_f$ 는 과즙농도(%)이다.

위 식 (3-1)에서 김치액즙에 녹아있는 전체 용존 CO<sub>2</sub>를 계산하기 위해서는 먼저 김치액즙의 부피, V<sub>L</sub>을 알아야 하므로 김치액즙의 양을 구하기 위하여 김치의 수분 함량을 측정하였다. 김치의 수분 함량 측정은 상압 가열 건조법으로 시료 김치를 2g을 취하여 칭량병에 넣고 105℃에서 5시간 동안 건조시켜 시료의 함량을 구하여 수분 함량을 구하였다. 측정된 수분 함량은 염도에 따른 염분 무게를 더하여 김치액즙의 무게로 가정하였다. 그리고 김치액즙 10mℓ를 취한 다음 무게를 측정하여 김치액즙의 밀도를 구하였고, 전체 김치액즙의 무게를 밀도로 나누어서 김치액즙의 부피로 계산하였다.

식 (3-1)에서 필요한 헤드스페이스의 용적, V<sub>F</sub>의 측정을 위해서는 유리용기의 경우 김치를 실험목적과 동일한 조건으로 충전한 후 용기에 물을 가득 채워서 들어간 물의 양을 가지고 결정하였다. 그리고 C<sub>02</sub>, C<sub>s</sub>, C<sub>e</sub>, C<sub>f</sub>는 거의 영향을 미치지 않아 값을 영으로 처리하였다.

#### 나. pH 측정

김치 액즙의 pH는 실온에서 온도 sensor가 부착된 Orion Model 230 A pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 측정하였다.

#### 다. 총산 측정

김치의 총산은 김치액즙 10g을 취하여 증류수 100mℓ를 더한 다음 Orion Model 230A pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 pH 8.1이 될 때까지 0.1N NaOH로 적정하였다. 이때 김치 액을 중화시키는데 소요된 NaOH 양을 젯산 %(Lactic acid %)로 환산하였다.

$$\text{총산(\%)} = \frac{\text{mℓ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times F \times \text{NaOH의 당량(g/mol)} \times 100}{1000 \times W(\text{g})}$$



## 5. 유연포장 김치의 포장 및 발효페턴 분석 (5,6)

염농도 2~3%인 배추 맛김치에 대해서 25℃에서의 저장 중 김치포장내에서의 기체조성의 변화를 기체크로마토그래프를 이용하여 측정하고 이로부터 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>의 분압 및 전체압력을 계산하였다. 측정된 헤드스페이스의 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>의 농도를 mg/mL 단위로 얻고 다음 식 (3-4)의 이상기체상태방정식을 이용하여 각 기체의 분압으로 환산하였다.

$$P_i = \frac{m_i}{V_F M_i} RT \quad (3-4)$$

여기서 P<sub>i</sub> 는 i 기체의 분압 (bar), m<sub>i</sub>는 i 기체의 질량(mg), M<sub>i</sub>는 i 기체의 분자량 (kg/mol), R은 기체상수 (8.314 J/K mol), T는 온도(K)이다. 그리고 필요시 P<sub>i</sub> 는 atm 단위로 환산되었다.

각 기체의 분압을 더하여 전체 압력을 얻었고, 다른 방법으로서 부르돈관식 Ashcroft 압력계(Stratford, CT, 미국)로 전체 압력을 측정하였다. 먼저 압력계의 압력을 측정하는 sensor 부분에 주사바늘을 접착제와 silicone으로 접착시킨 다음 김치 포장의 sampling port에 injection하여 압력을 측정하였다. 각 기체분압의 변화경향과 측정된 전체압력의 변화경향을 비교함에 의하여 김치포장용기에서의 압력발생에 미치는 원인을 구명하고자 하였다.

제조된 김치는 유연포장 한 후 실험목적에 따라 정해진 조건에서 발효, 저장하며 시간에 따라 품질인자를 측정하였다. 유연포장은 필름의 종류를 달리하여 제작하여 진공 포장시킨 다음 저장하였고, 측정할 때 필름에 테이프를 붙여 가스를 gas tight syringe sampling할 수 있도록 하였다.

## 6. 포장재료 및 포장단위

각 김치의 포장단위는 부피를 예측하고 확인하기 위한 실험의 경우 크기 14.7 ×

21.5cm의 종류별 파우치에 맛김치 500g을 넣은 다음 가능한 헤드스페이스가 작도록 밀착하여 열접착 시켰다. 시중에 가장 많이 유통되는 대표적 유연포장인 Ny(nylon, 15 $\mu$ m)/LDPE(low density polyethylene, 55 $\mu$ m)/PE(polyethylene, 20 $\mu$ m), PE(polyethylene, 100 $\mu$ m), Polyolefin(P71197, Cryovac), PET (polyethylene terephthalate, 12 $\mu$ m)/PE (polyethylene, 20 $\mu$ m)/AL(Al-foil, 7 $\mu$ m)/LLDPE(linear low density polyethylene, 60 $\mu$ m) film을 14.7 × 21.5cm 크기로 하여 각각 가열접착 밀봉기(Laboratory heat sealer, 12ASL/1)로 sealing하여 제작하였다.

## 7. 유연포장의 부피변화 측정

실험실에서 제작된 눈금이 새겨진 2 L 크기의 메스실린더를 사용하여 여기에 물을 담은 후 파우치를 넣어 증가된 물의 부피로부터 파우치의 부피를 얻었다. 이때 일정 온도 조건 즉 4℃와 15℃에서의 실험에는 물을 파우치와 같은 온도로 조정하여 부피를 측정하였다.

## 8. 제올라이트 포장의 방법

제올라이트(Wako, Pure chemical Industries, Ltd., Osaka, Japan) 5.8g과 실리카겔 1.7g으로 된 흡착제를 합입시켰다. 제올라이트와 실리카겔은 크기 5 × 5cm의 두께 10 $\mu$ m 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)필름에 넣고 밀봉한 다음 김치포장의 내부에 부착시켰다.

## 9. 유통과정 중 김치포장의 부피 예측 simulation(7)

여러 포장단위의 맛김치 포장에 대해서 15℃ 저장중의 부피변화는 Lee 등(7)의 방법에 따라 부피변화 fortran program을 computer simulation하여 예측하였다. 검토된 필름포장지는 Table 2-1 및 Table 2-2에 제시되어 있으며 simulation에 사용된 기체

투과도는 이 등(7)으로부터 공급받았다. 진공포장 시 조건으로 가정하여 초기 자유용 적은 충전량에 대해 2%로 가정하였다.

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 김치제품 및 발효폐틴에 따른 CO<sub>2</sub>의 발생(속도)

김치를 표준담금법에 따라 담금후 발효시켰을 때 발효과정중에서 생성되는 CO<sub>2</sub> 발생 특성을 여러 가지 인자들에 의해 지배 받으며 특히 김치의 종류 및 온도에 크게 영향을 받는다.(2,9) 본 실험에서는 대표적인 배추김치인 맛김치, 무우김치의 하나인 깍두기 그리고 멸미김치인 갓김치등 김치 3종과 백김치, 나박김치등의 물김치 2종대상으로 하되, 발효온도를 4℃와 15℃ 조건으로 하여 발효중 pH변화, 산도의 변화와 함께 CO<sub>2</sub> 발생 특성을 살펴보았다.

발효진행에 따라 CO<sub>2</sub> 생산은 빠른속도의 1단계와 느린속도의 2단계 발효 경향(맛김치, 깍두기)과 일정속도의 발생경향(갓김치)등 각각 달리 나타내고 있었다. Lee 등(2)에 의해서 분석된 바와 같이 맛김치와 깍두기의 CO<sub>2</sub> 생산을 두 단계로 나누어 분석한 결과는 Table 3-1과 같으며, 깍두기의 경우가 약간 많은 CO<sub>2</sub> 생산을 보여주었다. 반면에 갓김치는 이들 김치의 1단계 CO<sub>2</sub> 생산속도보다는 낮지만 2단계 CO<sub>2</sub> 생산속도보다는 높은 일정한 값의 CO<sub>2</sub> 생산속도를 보였다. 그리고 갓김치에서 CO<sub>2</sub> 생산의 민감한 온도의존성은 Table.3-1에서의 두 온도의 값을 서로간에 비교함으로써 알 수 있다. 맛김치와 깍두기의 경우에서 1단계에서 2단계로의 전이는 저온인 4℃에서가 15℃에서보다 높은 pH와 낮은 산도에서 이루어졌다. 또한 물김치류에서는 나박김치에서 더 많았고 (높았고) 풀의 첨가는 제품종류 간의 차이를 줄였고 지속적인 CO<sub>2</sub> 발생경향을 보였다.

맛김치, 깍두기, 갓김치, 백김치 및 나박김치의 발효온도를 15℃에 유지하였을때

Table. 3-1 CO<sub>2</sub> production rate of different type *kimchis*

Temperature (°C)	Type of <i>kimchi</i>	Transient point between CO <sub>2</sub> production stages		CO <sub>2</sub> production rate (mg/kg day)	
		pH	Acidity (%)	1st stage	2nd stage
15°C	Diced radish <i>kimchi</i> ( <i>Kaktugi</i> )	3.82	0.55	611.1	72.8
	Mustard leaf <i>kimchi</i>	—	—	158.9	—
	Cut Chinese cabbage <i>kimchi</i>	3.92	0.85	459.1	71.6
4°C	Diced radish <i>kimchi</i> ( <i>Kaktugi</i> )	4.02	0.43	191.9	41.6
	Mustard leaf <i>kimchi</i>	—	—	25.9	—
	Cut Chinese cabbage <i>kimchi</i>	4.51	0.42	137.2	29.5

발효 숙성기간중의 pH, 산도 및 CO<sub>2</sub> 발생량은 Fig. 3-1, Fig. 3-2, Fig. 3-3 및 Fig. 3-4와 같다. 먼저 pH변화를 보면 깍두기가 가장 먼저 급격한 pH 저하를 나타내고 있으며 pH 3.5 부근에서 거의 평행한 수준으로 유지하고 있었다. 그리고 맛김치는 3.8~4.0까지는 급격한 저하현상을 보이다가 약 5일 이후에 3.7~4.0의 범위를 나타내고 있어서 발효진행중 맛김치와 깍두기의 pH 변화는 상이하였다. 갓김치의 경우 위 두종류 김치와는 달리 발효 13일까지 서서히 저하하고 있으며 그 이후에 4.2~4.3의 범위에서 거의 일정한 수준을 보였다. 이러한 pH의 변화와는 달리 세 종류 김치의 산도 변화는 Fig. 3-2에서와 같이 발효 진행과 함께 거의 지속적으로 증가하는 경향을 보였으나 맛김치와 깍두기는 발효 5일까지 급격히 증가하는 경향을 보였다. 적정 산도는 맛김치의 경우에서 더 급격히 증가하여 5일경에 이미 1.2% 수준으로 그리고 깍두기의 경우는 12일째에 1.2% 수준이 되었다. 그러나 이들과는 달리 갓김치는 발효 후기까지 지속적으로 높아지는 현상을 보였다. 그리고 이들의 CO<sub>2</sub> 생산속도와 단계별 전이(transient point) 특성을 규명하였다. 갓김치는 pH와 총산의 변화에서 가장 느린 발효의 진행을 보여주었다. 백김치, 나박김치와 같은 물김치에서의 pH는 큰 차이가 없었고 총산에 있어서는 풀을 첨가한 김치에서 총산의 증가가 더욱 컸다. 이는 풀이 김치의 발효를 증가시켜 미생물의 생성을 촉진하여 산 생성이 많은 것으로 추론할 수 있다.(Table 3-2참조)

한편 CO<sub>2</sub>의 발생량은 깍두기에서 현저하게 높은 경향을 보였으며 발효 5일경에 8,000(mg/kg) 수준으로 그리고 15일경에 10<sup>4</sup>(mg/kg) 수준이 되었다. 또한 맛김치는 발효 7일째 5000(mg/kg) 수준으로 그리고 10일경 이후에는 6000(mg/kg) 내외를 유지하고 있었다. 또한 갓김치는 지속적으로 증가하는 경향을 보였으나 30일 이후에는 9000(mg/kg) 이하 수준을 보였다.

이와같은 상이한 발효양상과 CO<sub>2</sub> 발생량은 대단히 흥미로운 일이며 현재 진행중인 4℃ 발효조건에서 결과와 앞으로 실험할 예정인 몇가지 물김치류의 특성실험과 함께 상세히 검토해 볼 예정이며 이러한 일련의 연구는 포장기법 개발에 크게 기여

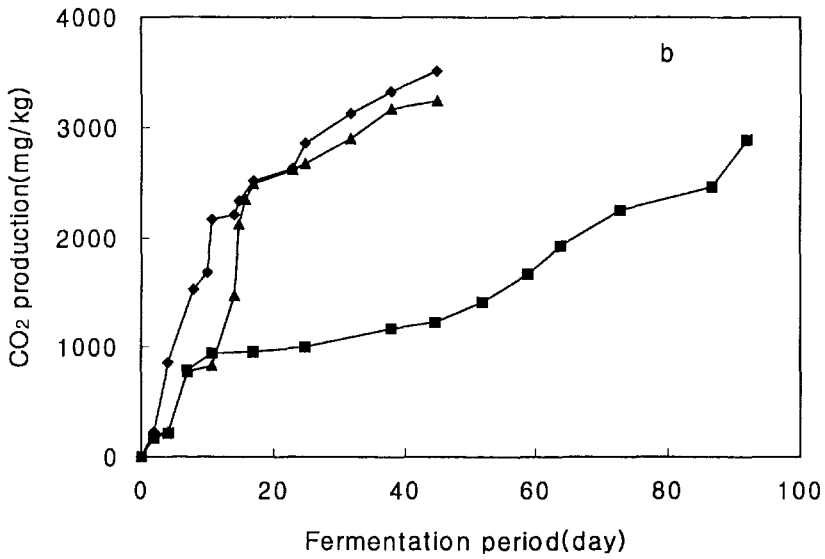
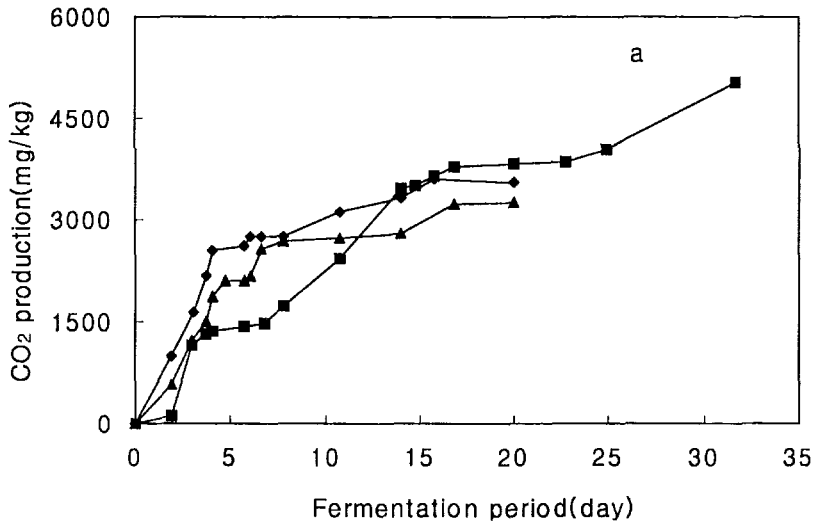


Fig. 3-1. Changes in CO<sub>2</sub> production during fermentation of *kimchi* at 15°C(a) and 4°C(b). -▲- : Cut Korean cabbage *kimchi*; -■- : Mustard leaf *kimchi*; -◆- : Diced radish *kimchi*(*Kaktugi*).

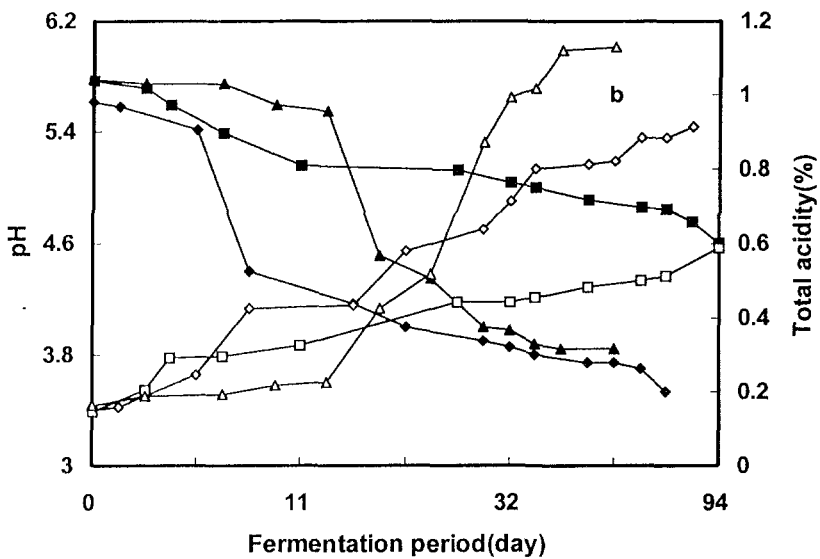
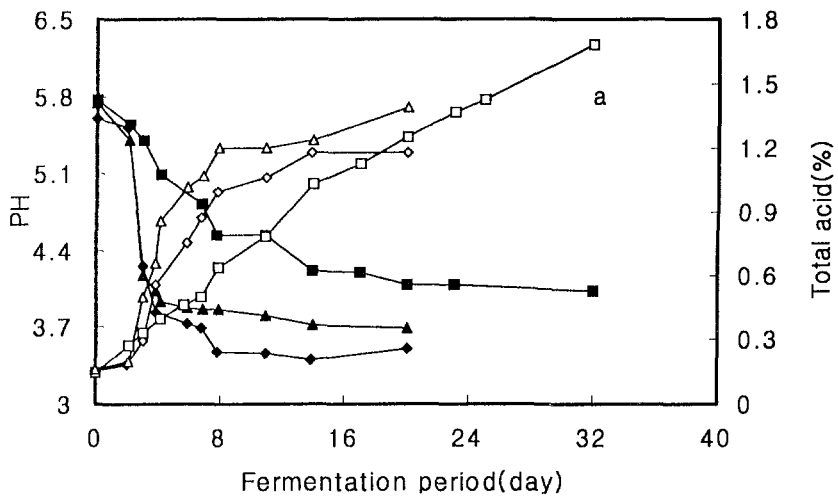


Fig. 3-2. Changes in pH, and acidity during fermentation of *kimchi* at 15°C(a) and 4°C(b). -▲- : Cut Korean cabbage *kimchi*; -■- : Mustard leaf *kimchi*; -◆- : Diced radish *kimchi*(*Kaktugi*).

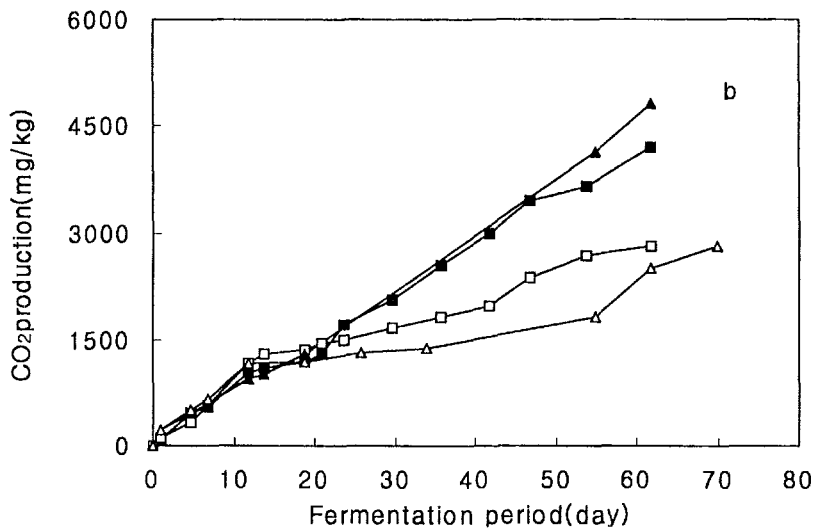
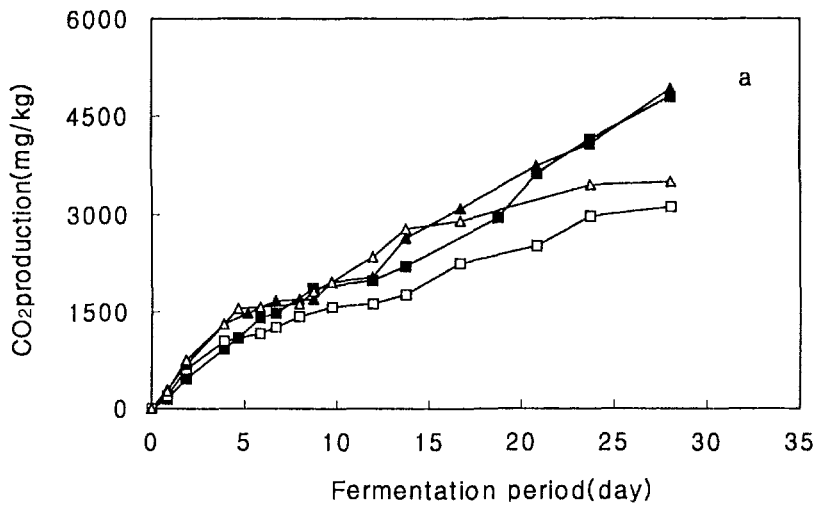


Fig. 3-3. Changes in pH, and acidity during fermentation of *kimchi* at 15°C(a) and 4°C(b). -□- : Back *kimchi* ; -■- : Back *kimchi* with starch solution; -△- : Nabak *kimchi*; -▲- : Nabak *kimchi* with starch solution.



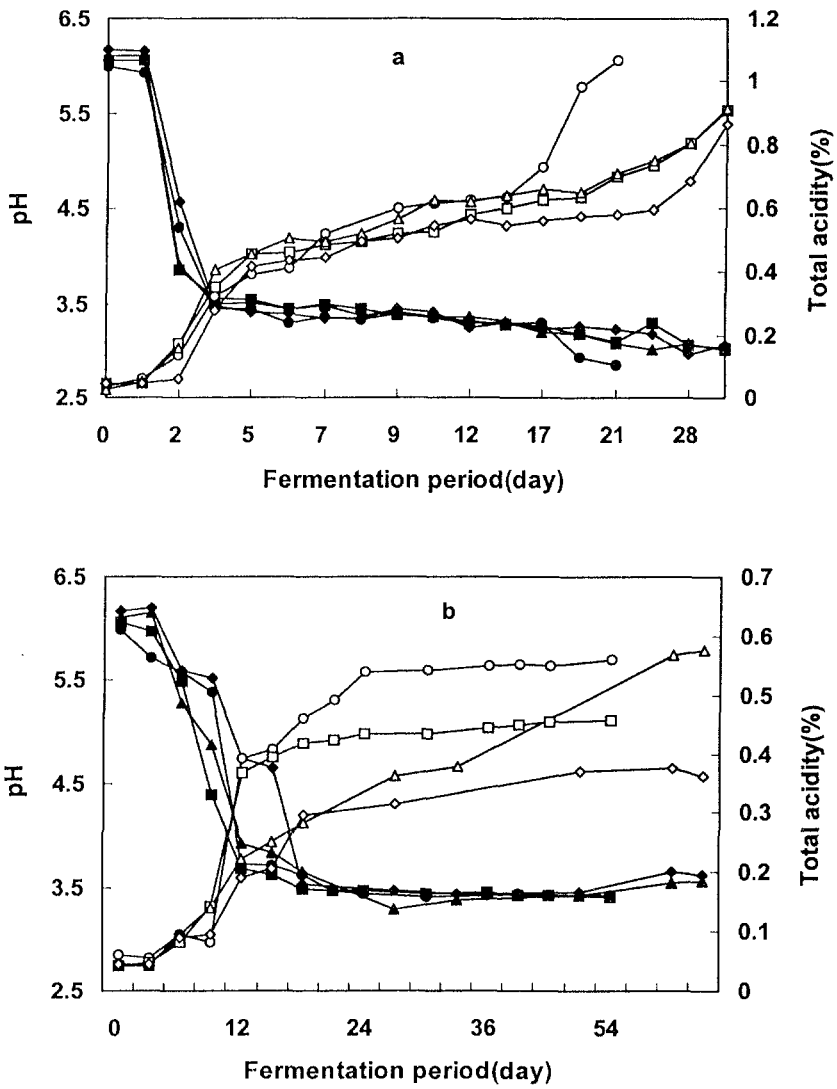


Fig. 3-4. Changes in pH, and acidity during fermentation of *kimchi* at 15°C(a) and 4°C(b). -□- : Back *kimchi* ; -■- : Back *kimchi* with starch solution; -△- : Nabak *kimchi*; -▲- : Nabak *kimchi* with starch solution.

Table 3-2. CO<sub>2</sub> production rate of watery *kimchis* with and without starch solution

Temperature (°C)	Type of <i>kimchi</i> *	Transient point between CO <sub>2</sub> production stages		CO <sub>2</sub> production rate(mg/kg day)	
		pH	Acidity (%)	1st stage	2nd stage
15°C	Baek <i>kimchi</i> (s)	—	—	156.5	—
	Baek <i>kimchi</i>	3.49	0.52	202.2	89.6
	Nabak <i>kimchi</i> (s)	—	—	155.0	—
	Nabak <i>kimchi</i>	3.34	0.42	282.1	92.5
4°C	Baek <i>kimchi</i> (s)	—	—	68.2	—
	Baek <i>kimchi</i>	3.62	0.39	95.7	35.2
	Nabak <i>kimchi</i> (s)	—	—	55.1	—
	Nabak <i>kimchi</i>	4.74	0.19	92.4	29.8

\*s in parenthesis means *kimchi* added with starch solution.

할 것으로 기대된다.

## 2. CO<sub>2</sub> 발생이 김치포장에서의 압력발생과 부피팽창에 미치는 영향의 해석

25℃에서 유리병에서의 김치발효의 과정을 나타내는 Fig. 3-5에서 보여주듯이, 김치발효의 진행에 따라 CO<sub>2</sub> 분압이 증가하며 이로인해 용기내 압력이 상승하고 있다. O<sub>2</sub> 및 N<sub>2</sub> 분압은 비교적 일정한 수준을 유지하고 있어서 김치 발효중의 용기내 압력발생은 CO<sub>2</sub> 발생에 기인함을 알 수 있다. 발효의 진행에 따라 약간의 N<sub>2</sub> 분압의 상승은 김치내의 질소화합물의 미생물 대사에 의해 생성되는 질소로 추정되나 압력발생에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다. 기체크로마토그래프로 부터 얻은 각 기체의 분압을 합한 전압과 Bourdon관 압력계로 측정한 압력과는 비교적 잘 일치함을 보여주고 있다. 따라서 김치포장내의 압력변화는 산소, 질소, 이산화탄소 기체의 분압을 예측하거나 측정하고 이를 합함으로서 얻어질 수 있는 것으로 판단된다.

그리고 김치를 익힌 후 용기를 한 번 개봉한 다음 닫아놓게 되면 포장내에 축적되었던 CO<sub>2</sub> 가 밖으로 유출되므로 CO<sub>2</sub> 분압이 다시 낮아지나 이후 다시 CO<sub>2</sub> 발생에 의한 압력발생이 나타나게 된다. 용기개방과 함께 용기내 존재하는 CO<sub>2</sub>의 비율의 영향으로 N<sub>2</sub> 분압이 약간 하강된 현상을 관찰할 수 있었다.

Fig. 3-5의 결과로 볼 때 김치발효에 따른 CO<sub>2</sub> 발생으로 인하여 김치용기의 압력발생이나 부피팽창이 이루어진다는 것은 명백하며, 따라서 김치발효에서의 CO<sub>2</sub> 발생 특성을 이해함이 김치포장의 압력발생이나 부피팽창에 가장 우선적으로 요구된다. 즉, 제어변수에 따른 CO<sub>2</sub> 발생특성을 수학적 모델로 확립하면, 이로부터 김치포장용기내의 압력발생이나 부피팽창의 정도를 예측할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 김치포장에서 발생된 CO<sub>2</sub> 를 적절히 제거시키거나 제어함에 의해서 압력발생과 부피팽창의 문제를 해결할 수 있을 것으로 보인다.

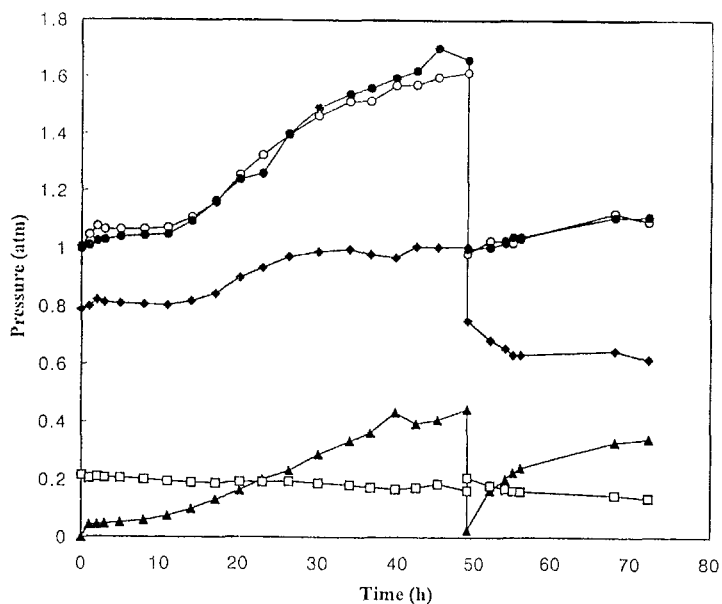


Fig. 3-5. Changes in total pressure and partial pressure of each gas inside the *kimchi* glass jar package at 25°C. Jar was opened to take out 50g *kimchi* and then closed again at the storage time of 49 hours. Volume of the jar: 950mL; *Kimchi* weight: 600g; ●: Total pressure measured by Bourdon gauge; ○: Total pressure obtained from summing up all the partial pressure; ◆: N<sub>2</sub> partial pressure; □: O<sub>2</sub> partial pressure; ▲: CO<sub>2</sub> partial pressure.

### 3. 여러 포장조건에 따른 압력발생과 부피팽창의 측정

#### 가. 제올라이트 삽입에 의한 CO<sub>2</sub>흡착능력

위의 결과로부터 포장의 압력발생이나 부피팽창을 완화시키기 위해서는 김치발효 중 발생하는 CO<sub>2</sub>를 제어하는 방법의 모색이 필요하여, CO<sub>2</sub> 흡착능력을 가진 제올라이트를 김치 포장내에 삽입함에 의하여 포장내 CO<sub>2</sub>의 제거가능성을 시험하였다. 김치를 담은 제올라이트분말(투과성 포장에 함입)을 삽입시키고 밀봉후 headspace의 CO<sub>2</sub>농도를 측정하였을 때, 대조구에 비해서 현저하게 낮은 CO<sub>2</sub>농도(분압)를 보여서 (Fig. 3-6) 김치포장중의 제올라이트가 상당한 양의 CO<sub>2</sub>를 흡착할 수 있는 가능성을 보였다. 이렇게 흡착된 CO<sub>2</sub>는 김치포장내에서 압력발생을 완화시키면서 김치개봉후에 CO<sub>2</sub>를 도로 발생시킬 수 있는 가능성을 가져서 김치포장에서 이용될 용도가 있지 않을까 생각된다. 그리고 이러한 CO<sub>2</sub> 흡착효과는 용기를 한번 개봉하여 50g의 김치를 덜어낸 후 다시 밀봉하였을 때에도 그대로 지속되었다.

따라서 제올라이트에 의한 CO<sub>2</sub>흡착특성을 구명하고자 5℃의 포화습도조건에서 구형 제올라이트의 CO<sub>2</sub>흡착능력을 측정한 바에 의하면 초기에는 CO<sub>2</sub>흡착능력을 가지나 시간이 경과되면 제올라이트가 수분을 흡수함에 따라 이러한 능력이 소실되고 있음을 보여주고 있다 (Table 3-3). 이러한 경향은 15℃ 및 25℃에서도 비슷하게 나타났고, 고온일수록 이러한 진행과정이 빨리 일어났다. 이러한 점은 Fig. 3-6의 결과와는 많은 차이를 보이는 것으로서 제올라이트에서의 CO<sub>2</sub>흡착은 제올라이트가 수분을 흡수하기전에만 가능한 것으로 이해된다.

따라서 현실적으로 압력이나 부피변화를 억제하기 위하여 제올라이트에 의한 CO<sub>2</sub>흡착능력의 이용은 평형상태 이전의 조건으로 제올라이트가 수분을 흡수하지 않는 상태를 이용하여야 할 것으로 생각된다. 이를 검토하기 위해 다양한 조건으로 포장된 제올라이트 7g을 물 100 mL을 가진 1000 mL의 유리병에 두었을 때 나타나는 CO<sub>2</sub>흡착의 정도를 측정하였다. Fig. 3-7에서는 두께 20μm의 polyolefin PD 941 (Cryovac, Duncan, SC, USA)봉지 (크기 5 x 5 cm)에 포장된 7g의 제올라이트가 유

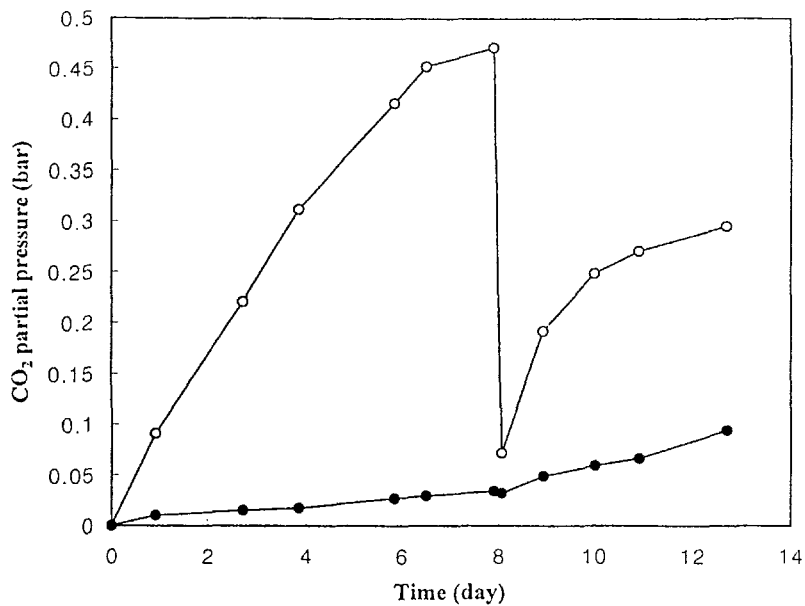


Fig. 3-6. Effect of zeolite insertion on the partial pressure of CO<sub>2</sub> inside *kimchi* packages at 15°C. Jar was opened and then closed again at the storage time of 7.9 days. Volume of the jar: 440mL; *Kimchi* weight: 250g: ●: CO<sub>2</sub> pressure of *kimchi* package containing 14g of zeolite powder; ○: CO<sub>2</sub> pressure of control *kimchi* package.

Table 3-3. CO<sub>2</sub> adsorption by zeolite pellet at 5°C and relative humidity of 100%

Time (h)	CO <sub>2</sub> adsorbed by zeolite (mg/g)
3.4	7.24
20.8	4.13
66.1	0.0

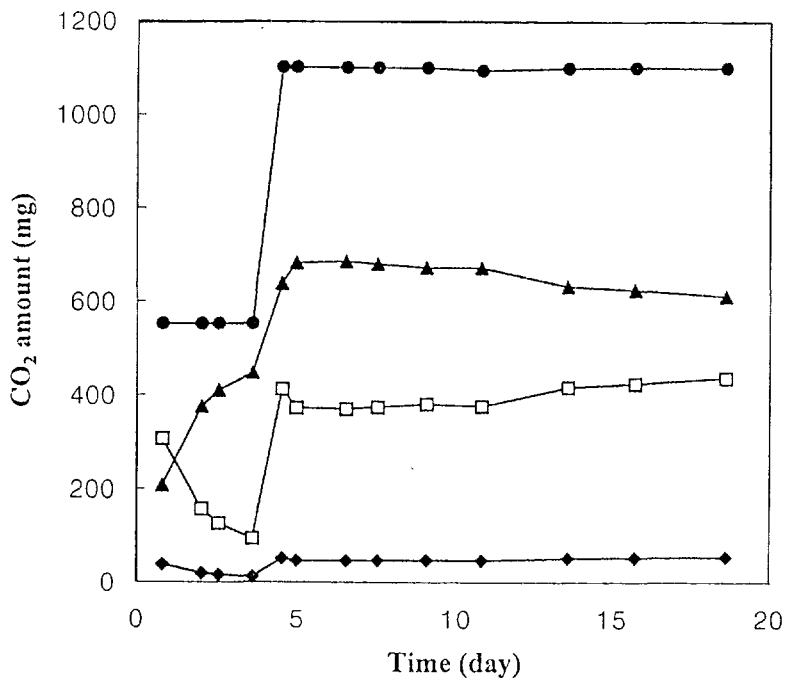


Fig. 3-7. History of CO<sub>2</sub> gas adsorption by zeolite attached inside the 1 L jar containing 100mL water. 7g zeolite sealed in pouch of 5 × 5 cm polyolefin was attached inside the jar. Initially 553mg of CO<sub>2</sub> was injected into the jar and 548mg of CO<sub>2</sub> was injected again at 3.6 day. Temperature: 15°C, Free volume of the jar: 875mL. ●: Total CO<sub>2</sub> injected into the jar, □: CO<sub>2</sub> in headspace, ◆: CO<sub>2</sub> dissolved in water, ▲: CO<sub>2</sub> adsorbed on zeolite.



리빙 포장에 함입장치되었을 때에 일어나는 CO<sub>2</sub>의 흡착과정의 변화를 보여주고 있다. 제올라이트로의 공기와 습기 흐름이 필름에 의하여 차단되어 있기때문에 CO<sub>2</sub>의 흡착은 그 속도는 비교적 완만하지만 그 흡착량은 서서히 증가하고 있으며 1100mg 이 주입된 저장 5일 이후에 680 mg을 흡착하였고, 시간의 경과에 따라 약간씩 그 양이 줄어들고 있었다. 이는 포장된 제올라이트가 서서히 수분을 흡수하게됨에 따라 흡착된 CO<sub>2</sub>를 방출함에 의한 것으로 생각된다.

Fig. 3-8에서는 활성탄의 CO<sub>2</sub>의 흡착능력과 속도를 보여주는데 활성탄은 CO<sub>2</sub>의 흡착능력에서 제올라이트보다 낮았다. 또, 철계 산소제거제를 제올라이트에 함께 포장시킴은 그 CO<sub>2</sub>의 흡착의 속도와 능력을 바꾸어주지 않는 것으로 나타났다. 위의 결과로부터 제올라이트의 수분흡착을 도와주기 위해서는 제올라이트의 수분흡착을 선택적으로 막아주는 것이 필요한 것으로 생각된다. 수분흡수와 산소제거의 효과를 동시에 얻을 수 있을 것으로 전망되어 제올라이트에 3g의 철과 산화촉매로서 0.1g의 NaCl 를 함입시켜 본 결과 이는 오히려 제올라이트의 CO<sub>2</sub>의 흡착을 방해하는 것으로 나타났다(Fig. 3-9). 이에 대한 원인으로는 CO<sub>2</sub>농도가 높은 조건하에서 철이 산화되지 않고 CO<sub>2</sub>와 반응하는 반응경로를 따르는 것으로 추정된다.

따라서 제올라이트에 실리카겔을 함께 결합된 형태로 두께 10 μm 고밀도폴리에틸렌(HDPE)봉지를 만들고 CO<sub>2</sub>의 흡착의 과정을 측정한 결과는 Fig. 3-10에서 나타내었다. 제올라이트와 실리카겔 봉지 모두에 핀홀을 두어서 비교적 공기와 습기 흐름이 자유로운 경우는 초기에 CO<sub>2</sub> 흡착이 많고 빠르나 7일 이후에는 오히려 낮은 흡착량을 보이고 있으며 밀봉된 제올라이트봉지 외부에 실리카겔을 포함시키고 다시 밀봉한 경우는 제일 느린 CO<sub>2</sub>흡착을 보였다. 반면에 제올라이트가 핀홀을 가진 봉지에 포장되고 이를 다시 실리카겔과 함께 HDPE봉지에 포장한 경우는 비교적 꾸준한 속도의 CO<sub>2</sub>흡착의 진행을 보이고 있다.

위의 결과로부터 제올라이트와 실리카겔을 병용함에 의하여 효과적 CO<sub>2</sub>흡착을 얻을 수 있는 것으로 판단되어 이러한 조건을 김치포장에 대하여 실험하였다. Fig. 3-11에서

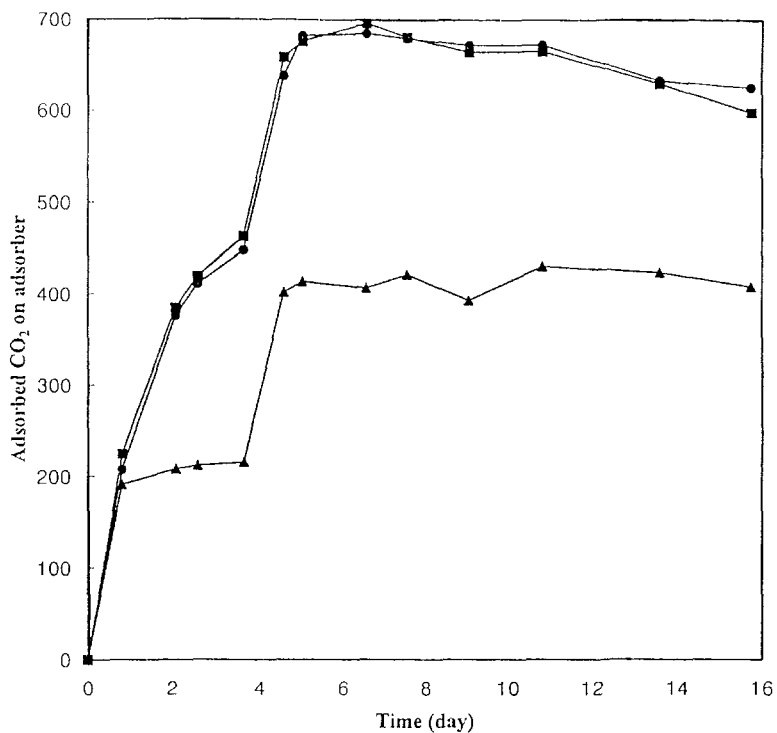


Fig. 3-8. Effect of adsorber type on the adsorbed CO<sub>2</sub> amount. 7g adsorber was packed in 20 $\mu$ m thick PD941 sachet ( 5 × 5 cm ). Initially 553mg of CO<sub>2</sub> was injected into 1 L jar containing 100 mL water, and 548mg of CO<sub>2</sub> was injected again at 3.6 day. Free volume of the jar: 875mL. ●: zeolite, ■: zeolite with 3g Fe-type oxygen absorber; ▲: Active carbon.

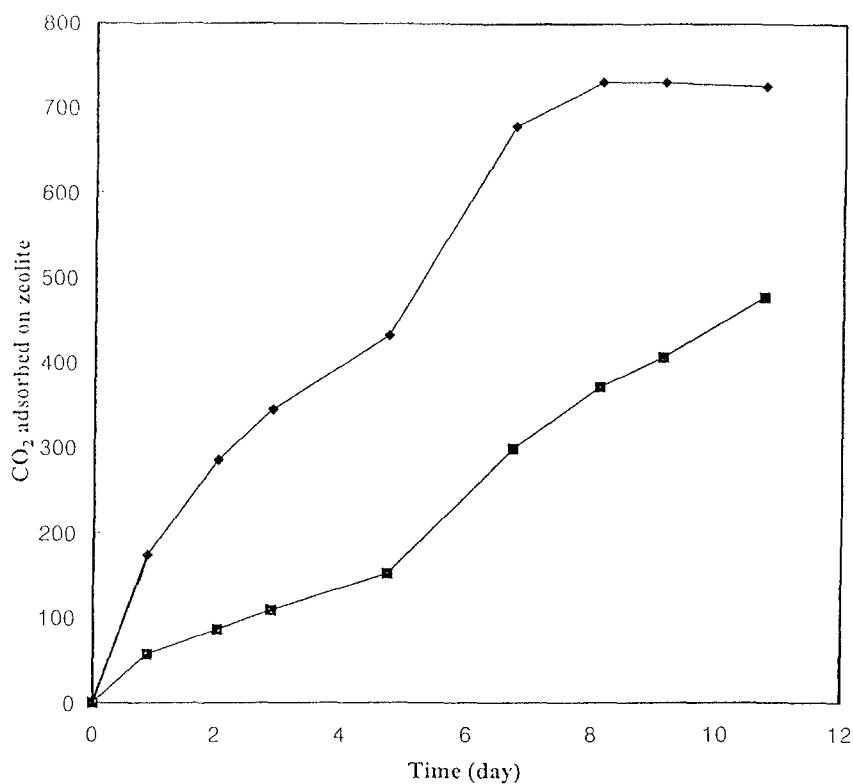


Fig. 3-9. Effect of adding Fe and NaCl to the 7g zeolite sachet of microperforated PP on CO<sub>2</sub> adsorption of zeolite at 15°C. Initially 547mg of CO<sub>2</sub> was injected into 1 L jar containing 100 mL water, and 543mg of CO<sub>2</sub> was injected again at 4.8 day. ◆: zeolite with 3g Fe, ■: zeolite with 3g Fe and 0.1g NaCl.

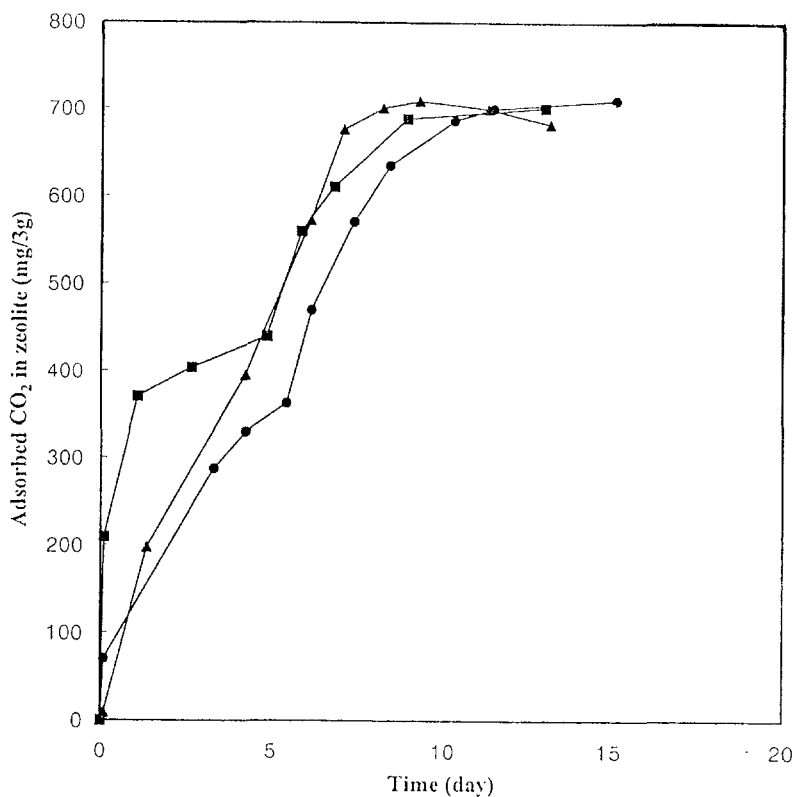
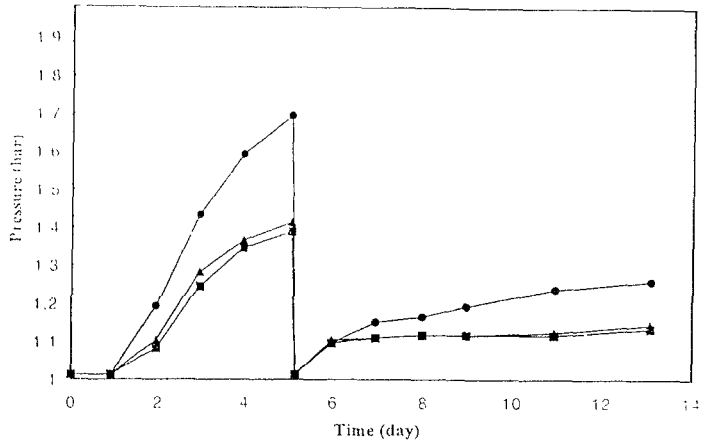
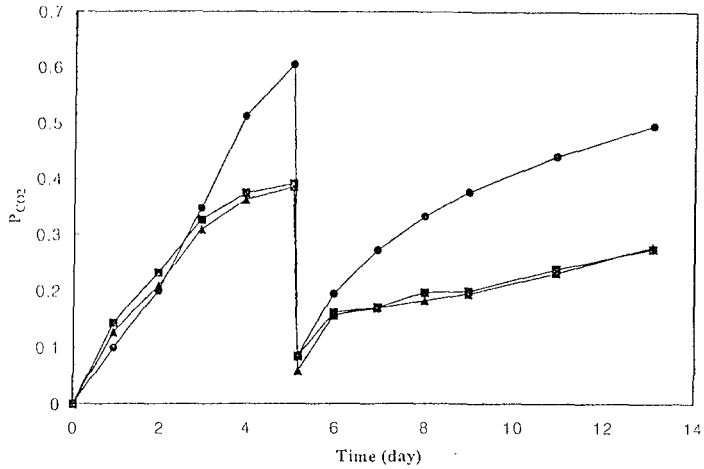


Fig. 3-10. Effect of silicagel insertion type on CO<sub>2</sub> gas adsorption by zeolite at 15°C. HDPE pouch containing 7g of zeolite with 2g silicagel was attached on the jar. Initially 540mg of CO<sub>2</sub> was injected into 1 L jar containing 100 mL water, and 539mg of CO<sub>2</sub> was injected again at 4.8 day. Free volume of the jar: 875mL. ■: Perforated 10 $\mu$ m HDPE pouch ( 6  $\times$  6 cm ) containing 7g zeolite pouch ( 10 $\mu$ m HDPE pouch, 5  $\times$  5 cm ) with pinholes and 2g silicagel, ▲ : Hermetically sealed HDPE pouch containing 7g of zeolite pouch with pinholes and 2g silicagel, ●: Hermetically sealed HDPE containing HDPE pouch of 7g of zeolite and 2g silicagel.



(A)



(B)

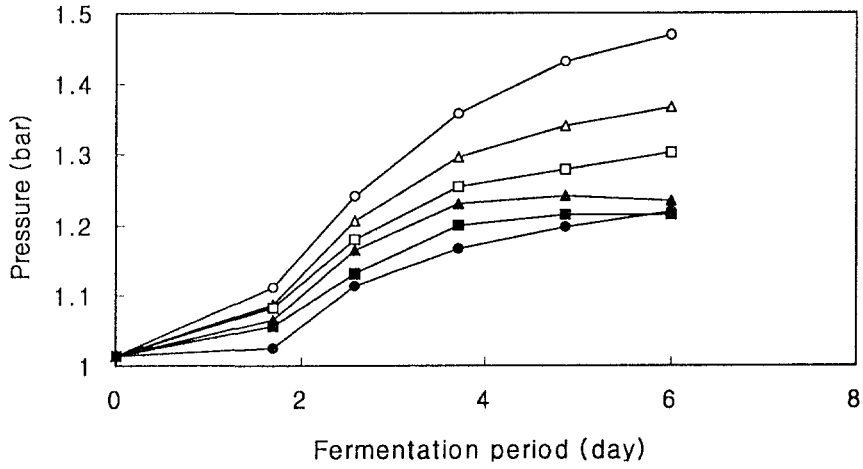
Fig. 3-11. Influence of zeolite sachet on (A) pressure and CO<sub>2</sub> partial pressure change in *kimchi* ( 2.3% salt content ) package. The jar package was opened to take out 100g *kimchi* at 5.1 day. Initial fill weight: 600g; Volume: 1000mL. ●: Control package without any adsorber, ■: Package with adsorber sachet containing perforated zeolite (7g) sachet and 2g silicagel, ▲ : Package with adsorber sachet 7g zeolite and 2g silicagel.

보여주듯이 김치용기에 함께 장착된 제올라이트와 실리카겔은 포장의 압력증가를 약 반정도로 낮추어줄 수 있었으며, 이는 제올라이트와 실리카겔을 함유한 봉지의 CO<sub>2</sub> 흡착에 의한 결과로 분석되었다. 그리고 HDPE봉지내에서 따로 실리카겔을 포장한 경우가 두 재료를 서로 혼합한 경우에 비해 압력 및 CO<sub>2</sub>분압에서 별차이를 보이고 있지 않아서 공정상의 편의성을 생각한다면 서로 혼합한 형태가 좋은 것으로 보인다.

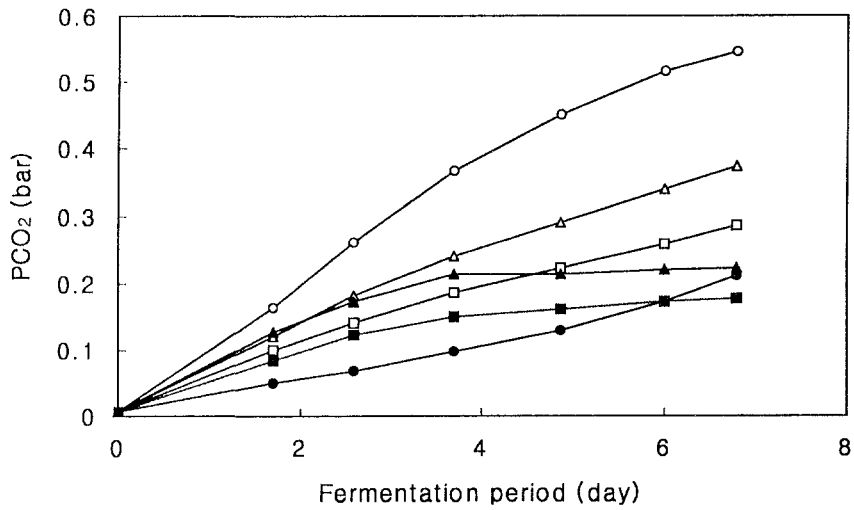
Fig. 3-12에서는 600g 김치포장에서 제올라이트의 양에 따라 포장내부에 형성되는 압력과 CO<sub>2</sub> 분압의 차이를 보여주고 있다. 전체적으로 많은 제올라이트를 포장 내에 포함시킬수록 CO<sub>2</sub> 분압에 기인한 압력발생은 작지만 대체적으로 7g 이상의 제올라이트의 포함조건에서 압력강하의 효과가 큰 것으로 나타났다. 저장 5일까지는 7g의 제올라이트를 사용한 경우의 CO<sub>2</sub> 분압과 압력이 오히려 9g 혹은 11g을 사용한 경우보다 낮았는데 이는 실험 시료간의 변이나 봉지 포장조건의 영향인 것으로 생각되고, 6일 이후에는 많은 제올라이트가 낮은 압력을 보였다. 김치포장에서 최적의 조건으로 사용될 수 있는 제올라이트 흡착제의 조건은 600g일 경우 7g의 제올라이트와 2g의 실리카겔을 첨가했을 때이다.

#### 나. 흡수제 삽입에 의한 유연포장의 부피팽창 억제

Fig. 3-13에서 제올라이트 삽입에 대한 부피팽창 억제의 효과를 나타내고 있다. 15°C의 Al 적층필름 포장의 제올라이트를 삽입한 경우가 그렇지 않은 경우보다 발효 15일까지 억제효과가 뛰어나게 나타났다. 그러나 발효후기에는 부피팽창 폭이 줄어들다가 거의 비슷한 부피팽창을 나타내고 있다. 이는 제올라이트의 흡착능이 발효후기에 떨어진 결과로 사료된다. nylon 적층필름 포장도 제올라이트 삽입에 의한 부피팽창 억제 효과가 발효초기에 크게 나타나다가 후기에 서서히 감소하고 있다. 4°C의 Al, nylon 적층필름의 부피팽창억제 효과도 15°C와 비슷한 경향을 나타냈다. 따라서 김치포장의 부피팽창을 억제하기 위해서는 Al, Nylon 적층 포장재에 제올라이트 흡착제를 삽입하여 15°C 저장일 경우는 15일, 4°C 저온 저장일 경우는 40일 유통되는 것이



(A)



(B)

Fig. 3-12. Changes in (A) pressure and (B) CO<sub>2</sub> partial pressure of 600g *kimchi* packages attached with different weight of zeolite. 2g silicagel was included in 10mm HDPE sachets of all the packages of 1L jar except control. ○: Control, △: 3g zeolite, □: 5g zeolite, ●: 7g zeolite, ▲: 9g zeolite, ■: 11g zeolite.

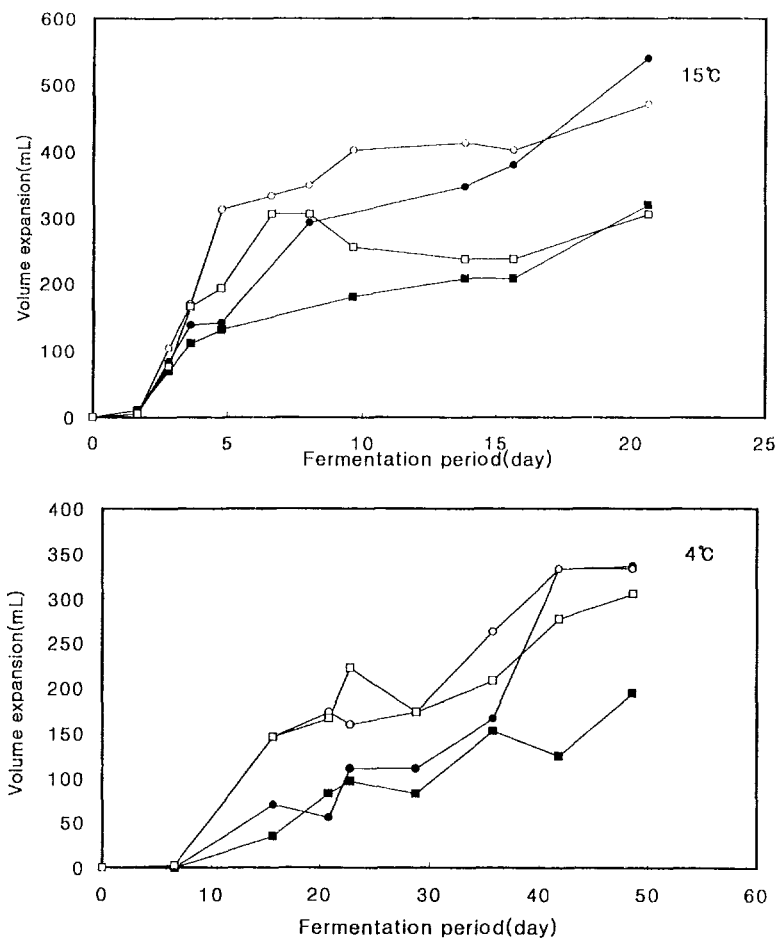


Fig. 3-13. Volume expansion of cut Chinese cabbage *kimchi* packages with different films stored at 15°C and 4°C. Salt contents : 2.2%, initial fill weight : 500g, volume : 512.74mℓ, package surface area : 0.062m<sup>2</sup>

- , ● : Al laminated film(OPP 20 $\mu$ m/Al 7 $\mu$ m/PG 40 $\mu$ m/LDPE 50 $\mu$ m)package attached with zeolite sachet package(5.8g zeolite, 1.7g silicagel in 10 $\mu$ m HDPE)
- , ■ : Al laminated film(OPP 20 $\mu$ m/Al 7 $\mu$ m/PG 40 $\mu$ m/LDPE 50 $\mu$ m)package
- △, ▲ : Nylon laminated film(Ny 15 $\mu$ m/LDPE 55 $\mu$ m/PE 20 $\mu$ m)package attached with zeolite sachet package(5.8g zeolite, 1.7g silicagel in 10 $\mu$ m HDPE)
- ◇, ◆ : Nylon laminated film(Ny 15 $\mu$ m/LDPE 55 $\mu$ m/PE 20 $\mu$ m)package

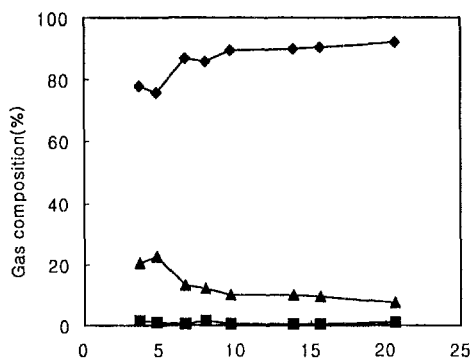


바람직하다. 그리고 Al 적층필름 포장보다는 Nylon 적층필름이 더 바람직하고, 저온 저장 시 부피팽창 억제효과는 더 크게 나타났다.

15°C 및 4°C에서 제올라이트 삽입한 김치포장의 저장하는 중에 일어나는 포장내부의 기체조성의 변화를 각각 Fig. 3-14, Fig. 3-16에서 보여주고 있다. 15°C에서는 부피팽창이 적었던 제올라이트 삽입한 Al, Nylon 적층필름의 포장에서는 낮은 농도의 CO<sub>2</sub>가 유지되고, 낮은 O<sub>2</sub> 및 N<sub>2</sub>의 농도가 지속적이었다. 반면에 제올라이트를 삽입하지 않은 부피팽창이 컸던 적층필름은 높은 농도의 CO<sub>2</sub>가 지속되고 있다. 제올라이트 삽입에 의한 부피팽창이 적은 필름의 기체조성은 4°C에서는 더욱 명백하게 CO<sub>2</sub>의 감소가 나타났다. 그리고 저온저장 기간이 길어질수록 N<sub>2</sub>의 농도가 지속적으로 감소하는 경향을 보였다. 4°C에서의 현저한 기체조성의 차이는 저온에서 김치의 발효속도가 현저히 낮아진 결과이고 따라서 제올라이트의 흡착력이 서서히 증가한 결과로 해석할 수 있다. 15°C와 4°C의 pH와 총산의 변화는 Fig. 3-15와 Fig. 3-17에서 보여주고 있다. 15°C에서의 pH 변화는 비슷한 경향을 나타내고 있고, 총산의 변화는 제올라이트를 삽입한 Al 적층필름이 가장 높게 나타났는데 이는 CO<sub>2</sub>의 흡착으로 인하여 상대적으로 CO<sub>2</sub>의 포장 내 양의 감소에 기인한 것으로 해석된다. 이러한 경향은 4°C에서도 비슷하게 나타났으나 온도 의존성에 의하여 이러한 차이는 현저히 줄어들었다.

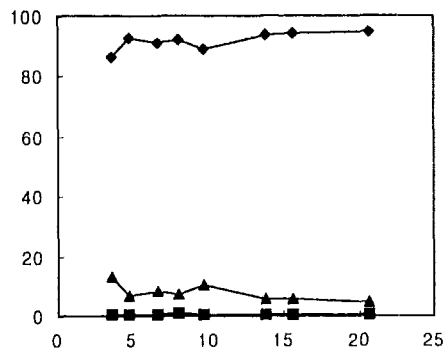
#### 다. 통기성 filter의 부착에 의한 압력 및 헤드스페이스 농도의 변화

950 mL의 용기에 김치 590g을 포장했을 때, 직경 0.5x1.2 cm의 필터의 부착은 압력발생을 없게 하였으나 낮은 CO<sub>2</sub> 분압을 보였다 (Fig.3-18). 이러한 효과는 여러 다른 조건의 필터를 부착한 김치포장에 대해서도 비슷한 결과를 보였다. 필터의 부착이 압력발생은 없애는 긍정적인 면은 있으나 낮은 CO<sub>2</sub> 분압은 CO<sub>2</sub> 손실만을 의미하므로 바람직하지 못한 면도 있어서 개선할 필요가 있는 것으로 판단된다. 통기성 filter의 부착은 압력발생의 문제를 해결하는 긍정적인 면이 있는 반면, filter의 조건에



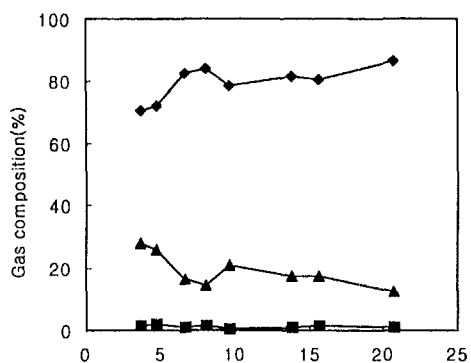
Fermentation period(days)

Al laminated film with zeolite



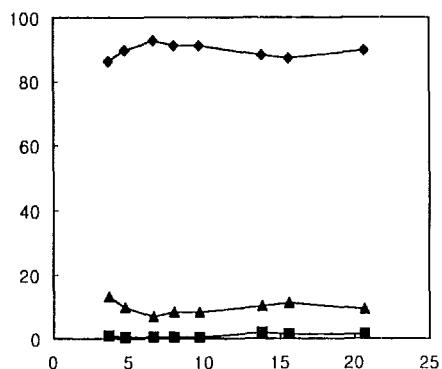
Fermentation period(days)

Al laminated film



Fermentation period(days)

Nylon laminated film with zeolite



Fermentation period(days)

Nylon laminated film

Fig. 3-14. Changes in gas composition of cut chinese cabbage *kimchi* with different packages stored at 15°C. Salt contents : 2.2%, initial fill weight : 500g, volume : 512.74ml, package surface area : 0.0662m<sup>2</sup>  
 ◆ : CO<sub>2</sub>    ■ : O<sub>2</sub>    ▲ : N<sub>2</sub>

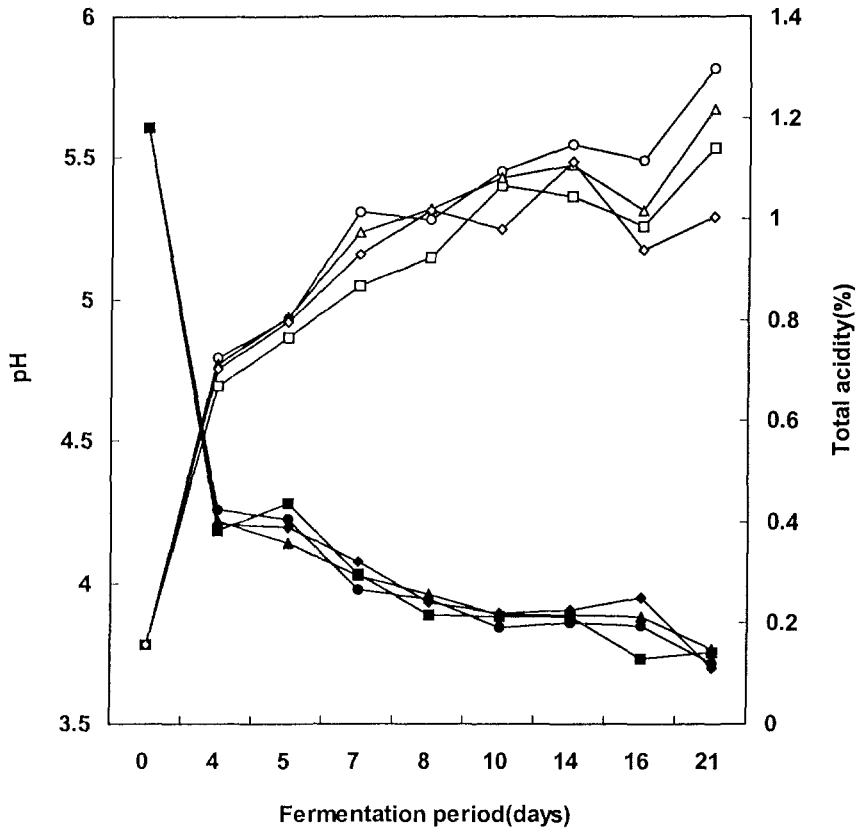
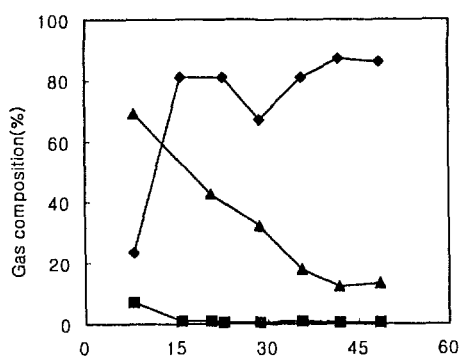
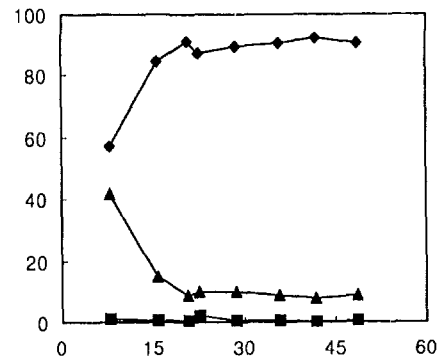


Fig. 3-15. Changes in pH and total acidity during fermentation of cut chinese cabbage *kimchi* packages with different films stored at 15°C. Salt contents : 2.2%, initial fill weight : 500g, volume : 512.74ml, package surface area : 0.0662m<sup>2</sup>

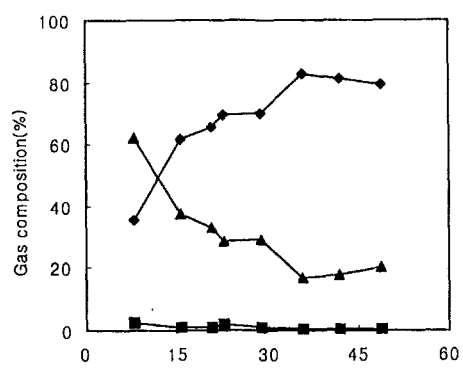
- , ● : Al laminated film(OPP 20 $\mu$ m/Al 7 $\mu$ m/PG 40 $\mu$ m/LDPE 50 $\mu$ m)package attached with zeolite sachet package(5.8g zeolite, 1.7g silicagel in 10 $\mu$ m HDPE)
- , ■ : Al laminated film(OPP 20 $\mu$ m/Al 7 $\mu$ m/PG 40 $\mu$ m/LDPE 50 $\mu$ m)package
- △, ▲ : Nylon laminated film(Ny 15 $\mu$ m/LDPE 55 $\mu$ m/PE 20 $\mu$ m)package. attached with zeolite sachet package(5.8g zeolite, 1.7g silicagel in 10 $\mu$ m HDPE)
- ◇, ◆ : Nylon laminated film(Ny 15 $\mu$ m/LDPE 55 $\mu$ m/PE 20 $\mu$ m)package



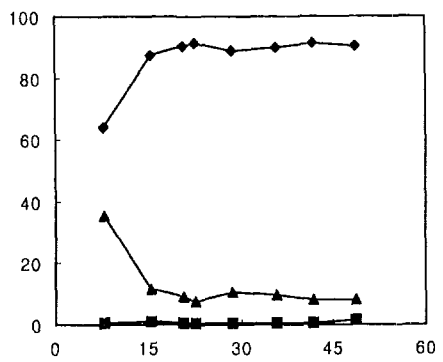
Fermentation period(days)  
Al laminated film with zeolite



Fermentation period(days)  
Al laminated film



Fermentation period(days)  
Nylon laminated film with zeolite



Fermentation period(days)  
Nylon laminated film

Fig. 3-16. Changes in gas composition of cut chinese cabbage *kimchi* with different packages stored at 4°C. Salt contents : 2.2%, initial fill weight : 500g, volume : 512.74ml, package surface area : 0.0662m<sup>2</sup>  
 ◆ : CO<sub>2</sub>    ■ : O<sub>2</sub>    ▲ : N<sub>2</sub>

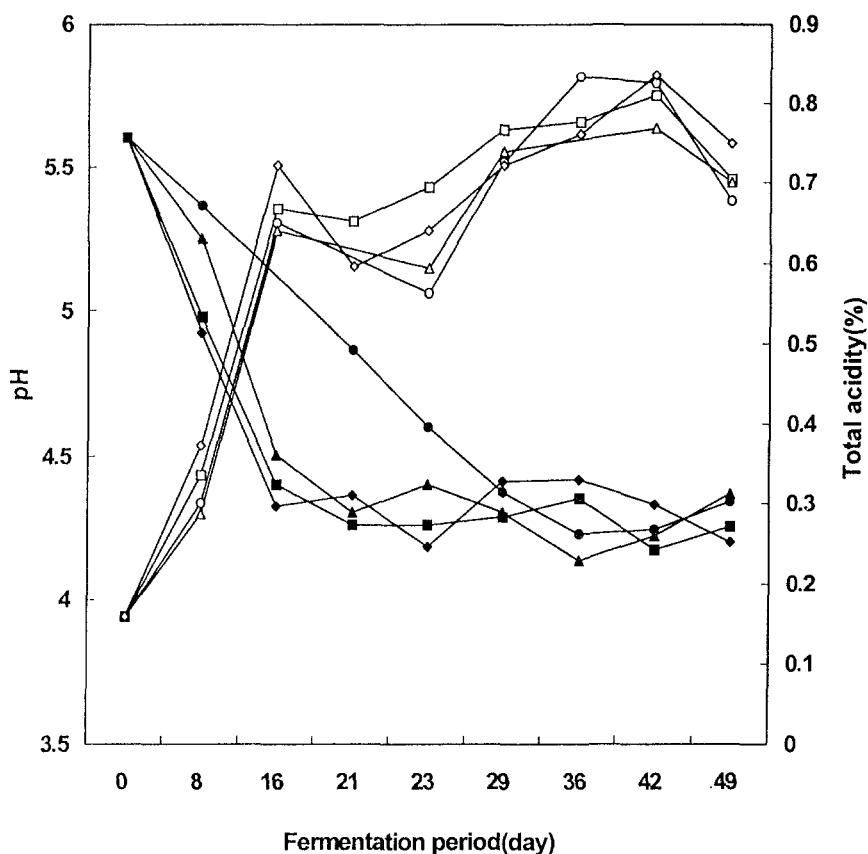


Fig. 3-17. Changes in pH and total acidity during fermentation of cut chinese cabbage *kimchi* packages with different films stored at 4°C. Salt contents : 2.2%, initial fill weight : 500g, volume : 512.74ml, package surface area : 0.0662m<sup>2</sup>

○, ● : Al laminated film(OPP 20 $\mu$ m/Al 7 $\mu$ m/PG 40 $\mu$ m/LDPE 50 $\mu$ m)package. attached with zeolite sachet package(5.8g zeolite, 1.7g silicagel in 10 $\mu$ m HDPE)

□, ■ : Al laminated film(OPP 20 $\mu$ m/Al 7 $\mu$ m/PG 40 $\mu$ m/LDPE 50 $\mu$ m)package

△, ▲ : Nylon laminated film(Ny 15 $\mu$ m/LDPE 55 $\mu$ m/PE 20 $\mu$ m)package attached with zeolite sachet package(5.8g zeolite, 1.7g silicagel in 10 $\mu$ m HDPE)

◇, ◆ : Nylon laminated film(Ny 15 $\mu$ m/LDPE 55 $\mu$ m/PE 20 $\mu$ m)package

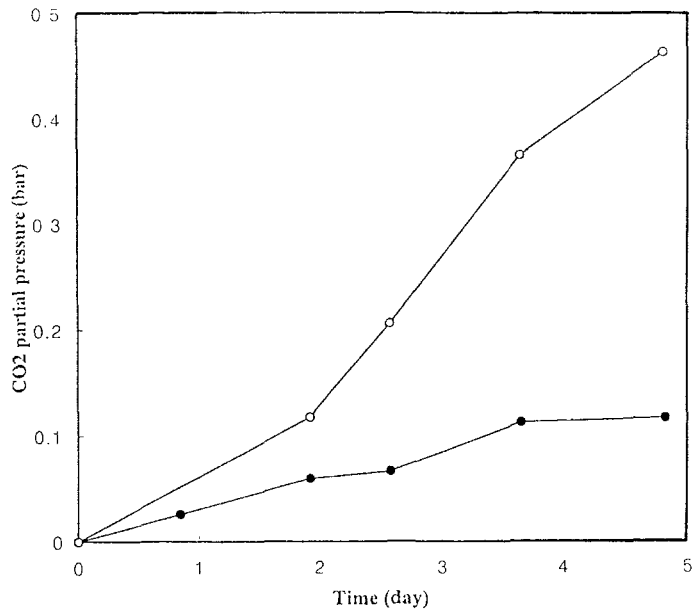
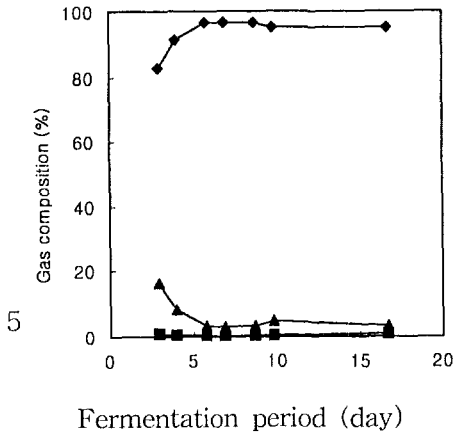


Fig. 3-18. Effect of filter attachment on the partial pressure of CO<sub>2</sub> inside *kimchi* packages at 15°C. Volume of the jar: 950mL; *Kimchi* weight : 590g; ●: CO<sub>2</sub> pressure of *kimchi* package with filter attachment; ○: CO<sub>2</sub> pressure of control *kimchi* package.

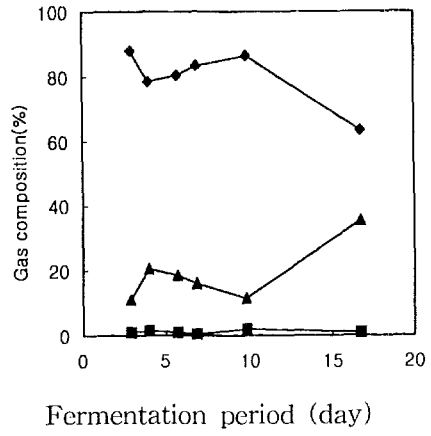
따라 포장내 기체조성의 변화가 아주 다양하고 포장내용물의 유출이 있을 수 있어서 제한적으로 김치포장에 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

#### 라. 포장필름에 따른 김치필름포장의 부피팽창(8)

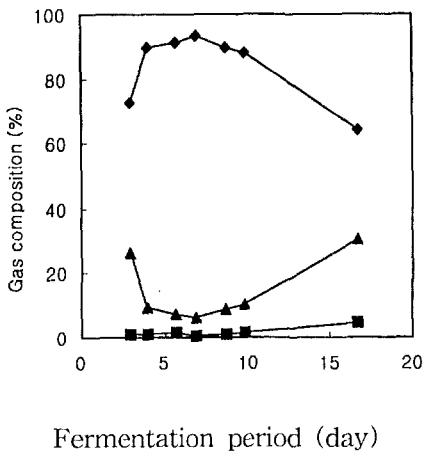
필름(유연포장)의 종류에 따른 김치의 부피변화 및 기체조성을 측정하였다. 기체투과성이 없는 AI 적층필름 포장의 경우에 발효 중 발생된 CO<sub>2</sub>가 포장 외로 배출되지 않으므로 가장 높은 부피팽창을 보였다.(Fig. 4-4) Nylon 필름은 15℃에서는 10일까지는 다소 팽창을 보이다가 그 이후에 감소하는 경향을 나타내고 있다. PE 필름은 비교적 낮은 부피 팽창을 유지하였는데 이는 PE의 높은 투과도에 기인한 것으로 생각된다. 비록 PE 필름은 낮은 부피 증가를 보였으나 김치냄새가 외부로 유출되는 것이 느껴져 김치포장으로 사용되기에는 어려움이 있는 것으로 판단되었다. 전체적으로 4℃에서는 투과성 포장소재의 종류에 따른 영향이 상대적으로 낮았다. 따라서 김치의 부피팽창의 억제를 위해서는 AI 적층 포장재와 같이 차단성이 있는 포장재로 포장한 경우는 4℃정도의 저온으로 10일 이내의 기간으로 유통되는 것이 필수적이며, nylon 필름일 경우는 4℃정도의 저온으로 유통되어도 부피에는 큰 영향을 받지 않지만, 어느 정도의 온도변동이 예상되는 경우나 저장기간이 길 때에는 폴리에틸렌 공압출 필름, PE 필름과 같이 투과성이 큰 포장 필름을 사용하여야 할 것으로 판단되었다. 15℃ 및 4℃에서 김치 포장을 저장하는 중에 일어나는 포장내부의 기체조성의 변화를 각각 Fig. 3-19와 Fig. 3-21에서 보여주고 있다. 15℃에서는 부피팽창이 심했던 AI 적층 필름과 OPP/PP/PE 필름의 포장에서는 높은 농도의 CO<sub>2</sub> 농도가 유지되며, 낮은 O<sub>2</sub> 및 N<sub>2</sub>의 농도가 지속되었다. 반면에 투과성이 커서 부피팽창이 비교적 완만하였던 폴리에틸렌 공압출 필름과 PE 필름은 증가후 감소하는 CO<sub>2</sub> 농도를 보여주고, N<sub>2</sub> 농도는 저장 후기에 상승하였다. 투과성이 증가된 필름의 기체조성에 미치는 영향은 4℃에서 더욱 현저하여 CO<sub>2</sub> 농도의 감소가 더욱 두드러져서 저장 말기에는 상당히 낮아진 CO<sub>2</sub> 농도와 증가된 N<sub>2</sub> 농도를 보였다. 이는 저온에서 상대



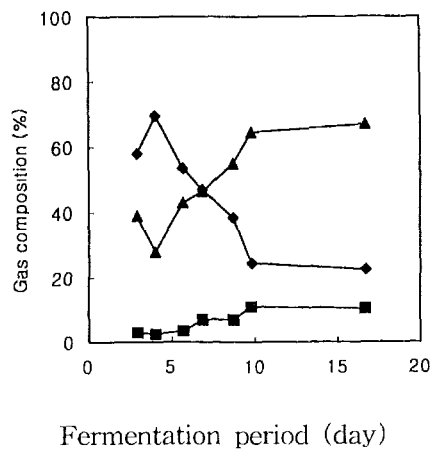
A) Al laminated film



B) OPP/CPP/PE



C) P71197



D) PE

Fig. 3-19. Changes in gas compositions of different *kimchi* packages stored at 15°C  
 Salt contents : 2.5%, initial fill weight : 500g, volume : 526.6ml  
 package surface area : 0.0632m<sup>2</sup>  
 ◆: CO<sub>2</sub>; ■: O<sub>2</sub>; ▲: N<sub>2</sub>.



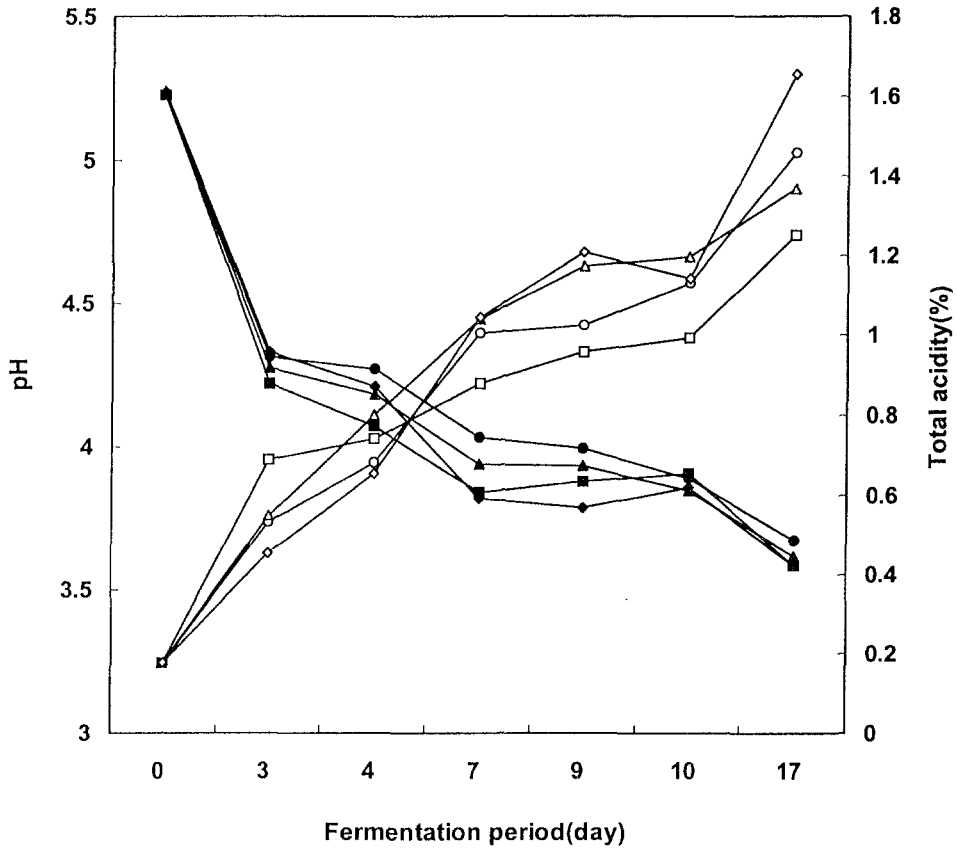
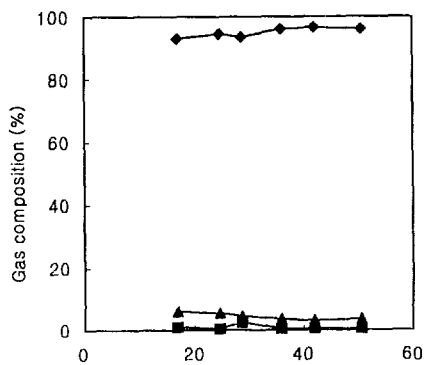


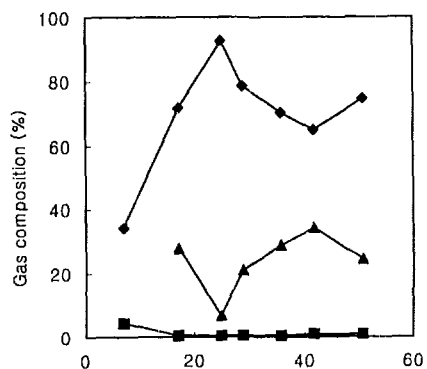
Fig. 3-20. Changes in pH and total acidity during fermentation of cut chinese cabbage *kimchi* packages with different films stored at 15°C. Salt contents : 2.5%, initial fill weight : 500g, volume : 526.6ml, package surface area : 0.0632m<sup>2</sup>

- , ● : Al laminated film(PET 12μm/PE 20μm/Al 7μm/LLDPE 60μm)
- , ■ : Nylon laminated film(Ny 15μm/LDPE 55μm/PE 20μm)
- △, ▲ : Polyolefin P71197
- ◇, ◆ : PE 100μm



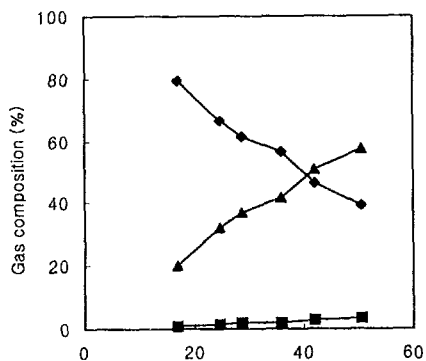
Fermentation period (day)

A) Al laminated film



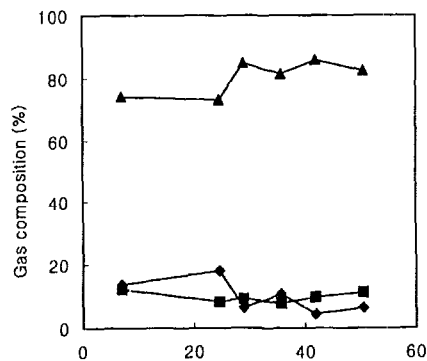
Fermentation period (day)

B) OPP/OPP/PE



Fermentation period (day)

C) P71197



Fermentation period (day)

D) PE

Fig. 3-21. Changes in gas compositions of different *kimchi* packages stored at 4°C  
 Salt contents : 2.5%, initial fill weight : 500g, volume : 526.6ml  
 package surface area : 0.0632m<sup>2</sup>

◆: CO<sub>2</sub>; ■: O<sub>2</sub>; ▲: N<sub>2</sub>.

적으로 발효속도는 많이 낮아지지만, 포장필름의 기체투과도는 약하게 감소된 데에 따른 결과이며, 이러한 온도의존성의 차이가 온도에 따른 포장의 부피변화와 기체조성의 변화에 영향을 준 것으로 생각된다. 포장필름(유연포장)의 종류에 따른 15℃와 4℃에서의 pH와 총산의 변화는 Fig. 3-20과 Fig. 3-22에서 보여주고 있다. 15℃의 pH 변화는 대체적으로 비슷한 경향이나 Al 적층필름, Polyolefin, nylon 적층필름, PE의 순으로 낮아지고, 총산의 변화는 PE가 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 김치포장 시 기체 투과도가 높을수록 빨리 시어짐을 알 수 있었다. 4℃에서는 김치발효시 온도의 의존성이 높으므로 이러한 차이가 현저히 줄어들어 pH나 총산의 변환에 큰 차이가 없었다.

Fig. 3-23에서는 포장필름에 따른 15℃에 저장된 180g 단위의 김치포장의 부피팽창을 보여주고 있다. 투과성이 거의 없는 Al적층 필름의 포장과 80μm두께의 nylon/PE (polyethylene) 적층 필름이 저장 3일이후부터 급격히 증가된 부피팽창을 보이고 있다. 반면에 CO<sub>2</sub> 투과도가 특별히 높게 제작된 Cryovac P71197필름(두께 80μm)은 이들 포장보다는 훨씬 작은 부피팽창을 나타내었고, 특히 저밀도폴리에틸렌 (LDPE, 두께 70μm)포장은 아주 미미한 부피의 팽창만을 보였다. 현재 김치포장에 많이 가장 사용되는 Al적층 필름과 nylon/PE포장의 부피팽창이 심한 반면, 다른 두 필름의 포장에서 부피 팽창이 상대적으로 작고 완만한 점은 투과도면에서 적절한 필름을 선택하면 김치의 유연포장에서의 부피팽창의 문제를 어느 정도 해결할 수 있을 것으로 전망된다. 앞으로 본연구에서는 다양한 필름의 포장조건과 여러 저장조건에서 김치를 저장하면서 부피의 변화를 측정할 예정이다.

#### 4. 유연포장에서 충전량에 따른 부피 팽창의 측정

Fig. 3-24의 simulation의 결과에서 PET계열이나 Nylon계열은 film의 기체 투과도가 낮아, PP, LDPE보다 훨씬 높은 부피팽창을 나타내고 있다. 즉 Nylon계열과 PET 포장에서는 낮은 기체투과도로 인하여 포장 내 CO<sub>2</sub>가 지속적으로 증가되어 부피

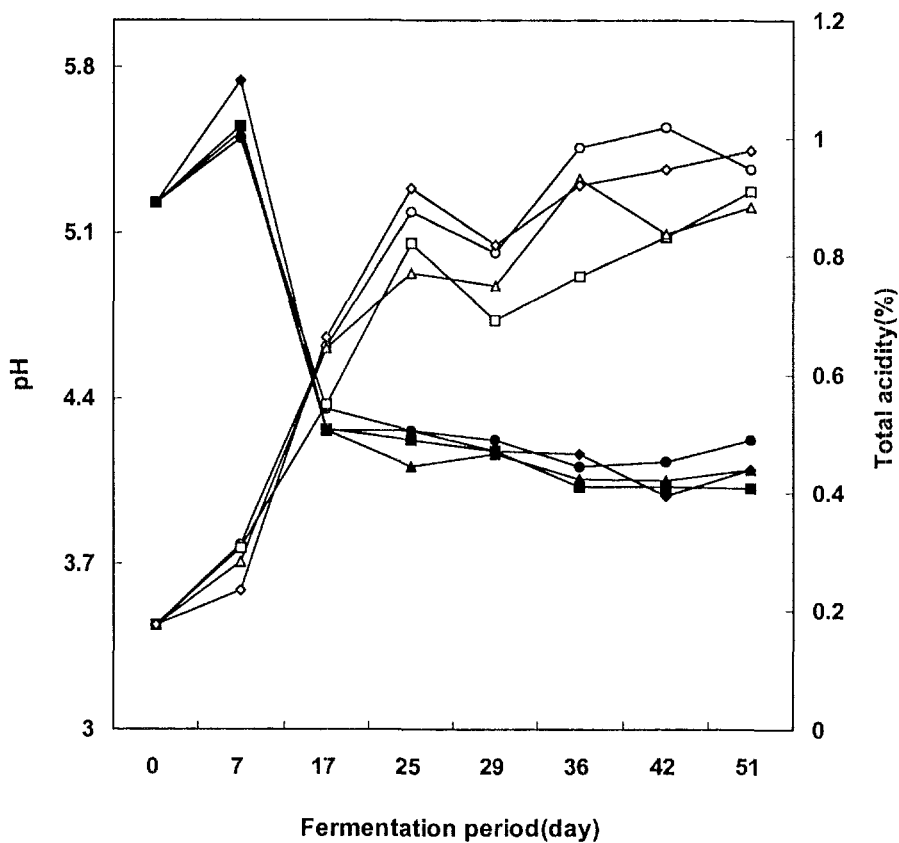


Fig. 3-22. Changes in pH and total acidity during fermentation of cut chinese cabbage *kimchi* packages with different films stored at 4°C. Salt contents : 2.5%, initial fill weight : 500g, volume : 526.6ml, package surface area : 0.0632m<sup>2</sup>

- , ● : Al laminated film(PET 12 $\mu$ m/PE 20 $\mu$ m/Al 7 $\mu$ m/LLDPE 60 $\mu$ m)
- , ■ : Nylon laminated film(Ny 15 $\mu$ m/LDPE 55 $\mu$ m/PE 20 $\mu$ m)
- △, ▲ : Polyolefin P71197
- ◇, ◆ : PE 100 $\mu$ m

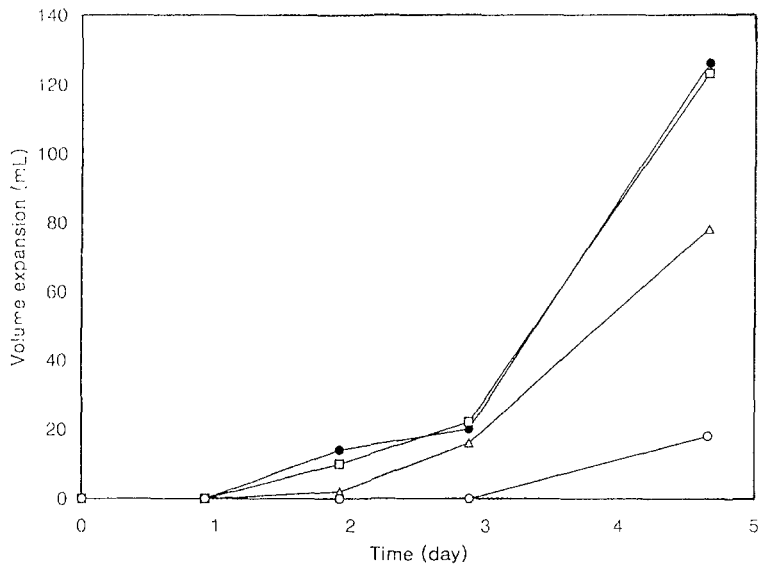


Fig. 3-23. Volume changes of flexible packages of 180g *kimchi* with different plastic film. ■: PET/Al/PP (polypropylen); □: 80µm Nylon/PE; △: cRYOVAC p71197 (80 µm nylon laminated film ); ○: 70 µm LDPE.

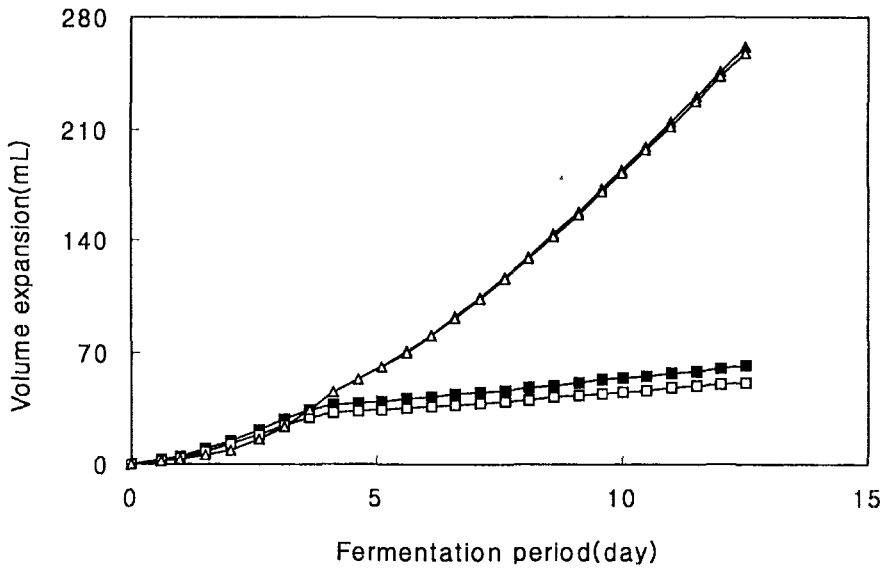


Fig. 3-24. Simulation of volume expansion of cut chinese cabbage *kimchi* packages with different films stored at 15°C. 500g weight, initial free volume : 10ml, salt contents : 2.5, package surface area : 0.0609m<sup>2</sup>

□ : PP(100 $\mu$ m)                      ■ : LDPE(100 $\mu$ m)  
 △ : Nylon(100 $\mu$ m)                ▲ : PET(100 $\mu$ m)

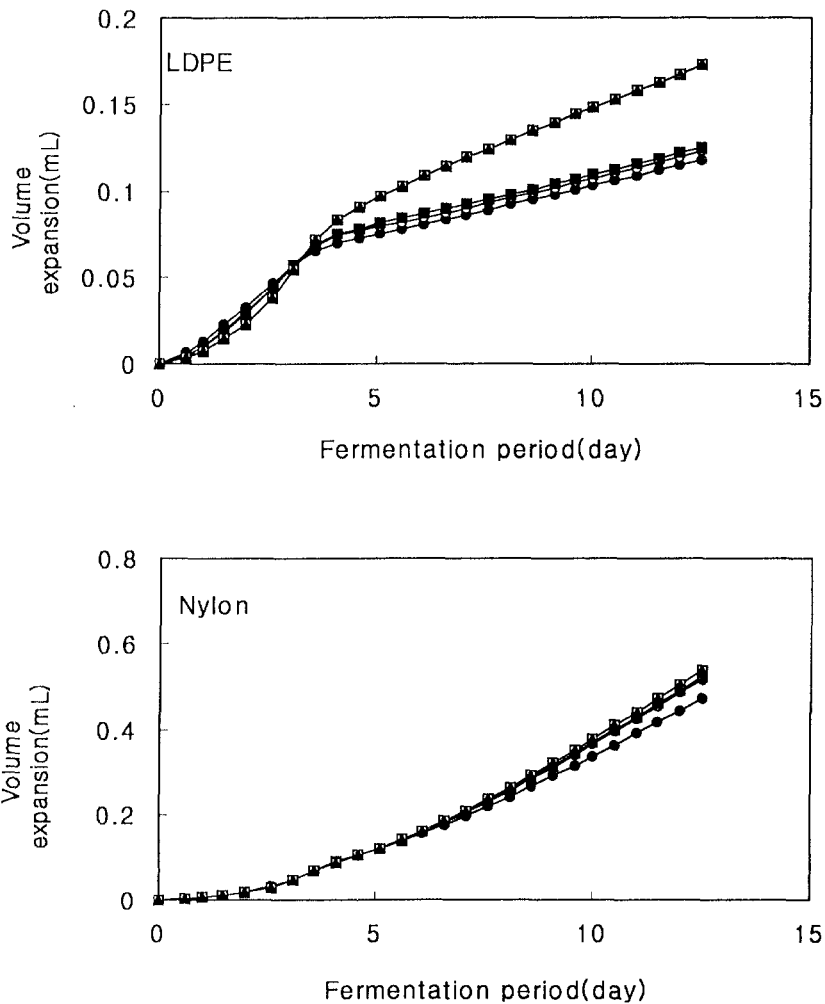


Fig. 3-25. Simulation of volume expansion of cut chinese cabbage *kimchi* packages with 2.5% salt contents and different films stored at 15°C.

- : 80g(100 $\mu$ m), initial free volume : 1.6ml, package surface area : 0.0216m<sup>2</sup>
- : 500g(100 $\mu$ m), initial free volume : 10ml, package surface area : 0.0609m<sup>2</sup>
- : 1kg(100 $\mu$ m), initial free volume : 20ml, package surface area : 0.10m<sup>2</sup>
- : 3kg(100 $\mu$ m), initial free volume : 60ml, package surface area : 0.1814m<sup>2</sup>
- ▲ : 5kg(100 $\mu$ m), initial free volume : 100ml, package surface area : 0.3024m<sup>2</sup>

팽창이 이루어졌으며, 반면 PP 및 LDPE의 현저히 낮은 부피팽창은 필름을 통한 CO<sub>2</sub>의 높은 투과도에 기인한 것으로 나타났다. Fig. 3-25에서 LDPE와 Nylon계열을 film size별 (80g, 500, 1Kg, 3Kg, 5Kg)부피팽창을 나타낸다. 특히 LDPE와 Nylon계열보다 부피팽창이 효과적으로 작았다. 이는 LDPE의 투과도가 높은 것에 기인한 것이다. LDPE의 3Kg, 5Kg의 경우에 g당 부피팽창이 80g, 500, 1Kg보다 상대적으로 높은 경향을 나타내고 있다. 단위수가 낮을수록 g당 부피팽창이 낮은 것을 알 수 있는데 80g이 가장 낮은 결과가 나타났다. 그러나 시중에 유통시키기에 너무 작은 단위이기 때문에 500g이 적당한 것으로 나타났다.

## 제 4 절 결 론

배추맛김치, 깍두기, 갓김치등의 보통김치 3종과 백김치, 나박김치등의 물김치류 2종의 저장발효중에 발생하는 CO<sub>2</sub>생산은 빠른 속도의 1단계와 느린 속도의 2단계 발효 경향을 나타내는 것은 배추맛김치와 깍두기이고 일정속도의 발생경향으로 나타내는 갓김치가 있었다. 그리고 물김치류에서는 나박김치에서 CO<sub>2</sub>생성량이 더 많았고 풀의 첨가는 제품종류간의 차이를 줄였고 지속적인 발생경향을 보였다. 포장필름(유연포장)의 종류에 따른 15℃와 4℃에서의 pH와 총산의 변화는 15℃의 pH 변화는 대체적으로 비슷한 경향이나 Al 적층필름, Polyolefin, nylon 적층필름, PE의 순으로 낮아지고, 총산의 변화는 PE가 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 김치포장 시 기체 투과도가 높을수록 빨리 시어짐을 알 수 있었다. 4℃에서는 김치발효 시 온도의 의존성이 높으므로 이러한 차이가 현저히 줄어들어 pH나 총산의 변환에 큰 차이가 없었다. 유연포장에서 충전량에 따른 부피 팽창의 측정에서 단위수가 낮을수록 g당 부피팽창이 낮은 것을 알 수 있는데 80g이 가장 낮은 결과가 나타났다. 그러나 시중에 유통시키기에 너무 작은 단위이기 때문에 500g이 적당한 것으로 나타났다. 그리고 흡수제 삽입에 의한 병포장 김치의 CO<sub>2</sub> 흡착에서 최적의 조건으로 사용될 수 있는 제올라이트



트 흡착제의 조건은 600g일 경우 7g의 제올라이트와 2g의 실리카겔을 첨가했을 때 이다. 또한 김치포장의 부피팽창을 억제하기 위해서는 Al, Nylon 적층 포장재에 제올라이트 흡착제를 삽입하여 15°C 저장일 경우는 15일, 4°C 저온 저장일 경우는 40일 유통되는 것이 바람직하다. 그리고 Al 적층필름 포장보다는 Nylon 적층필름이 더 바람직하고, 저온 저장 시 부피팽창 억제효과는 더 크게 나타났다. 15°C에서의 pH 변화는 비슷한 경향을 나타내고 있고, 총산의 변화는 제올라이트를 삽입한 Al 적층필름이 가장 높게 나타났는데 이는 CO<sub>2</sub>의 흡착으로 인하여 상대적으로 포장 내 CO<sub>2</sub> 양의 감소에 기인한 것으로 해석된다. 이러한 경향은 4°C에서도 비슷하게 나타났으나 온도 의존성에 의하여 이러한 차이는 현저히 줄어들었다.

## 참 고 문 헌

1. 김인혜, 김광옥 : 저염 깎두기의 관능적 특성, 한국식품과학회지, 22(4), 380-395 (1990)
2. 이동선 : 김치포장용기에서 압력발생 및 부피팽창, 식품산업과 영양, 1(1), 81(1996)
3. 권호령 : 김치 발효 중 CO<sub>2</sub>발생 modeling과 이를 이용한 김치포장의 압력 및 부피 예측, 경남대학교 대학원 석사학위논문(1995)
4. 이광희, 조형용, 변유량 : 총산도를 기준한 김치의 품질수명 예측모델 연구, 한국식품과학회지, 23(3), 306-310(1991)
5. Yasuda, H. and Stannett, V.: Permeability coefficient. In: *Polymer Handbook*, Brandrup, J. and Immergut, E.H. (ed.), John Wiley & Sons, New York, pp.III-229~III-240 (1975)
6. Exama, A., Arul, J., Lenki, R.W., Lee, L.Z. and Toupin, C.: Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Journal of Food Science*, 58, 1365-1370 (1993)

7. Lee, K. S. and Lee, D. S.: A Kinetic model for lactic acid production in *kimchi*, a Korean fermented vegetable dish. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, **75** (5), 392-394 (1993)
8. Robertson, G.L.: *Food Packaging*. Marcel Dekker, New York, pp.73-110 (1993)
9. 전정태 : 김치발효중 CO<sub>2</sub> 발생 특성 및 김치포장의 부피변화, 부산대학교 대학원 석사학위논문 (1999)
10. Rammert, M. and Paderson, M.H.P. : Die Loslichkeit von Kohlendioxid in Getranken. *Brauwelt*, **131**, 488-499 (1991)

## 제 4 장 김치포장의 압력 및 부피 변화에 영향을 미치는 변수의 규명

### 제 1 절 서 설

공장에서 생산되는 김치는 일반적으로 여러 재료를 혼합한 다음 바로 포장되어 유통되므로, 저장 및 유통과정 중에 유산발효가 계속적으로 진행되며 발효에 의하여 생성되는 CO<sub>2</sub>에 의하여 강성용기의 경우 압력이 발생하고 유연포장의 경우 부피가 팽창하게 된다(1,2). 이러한 압력발생이나 부피팽창은 소비자에게 수용될 수 없는 외관을 만들뿐만 아니라 심한 경우 용기의 누설이나 파손을 가져오게 되므로 포장김치의 품질유지를 위해서 적절히 제어되어야 할 필요가 있다.

김치포장용기에서 압력발생 및 부피팽창을 유발하는 CO<sub>2</sub> 가스는 이러한 부정적인 면을 갖는 반면 김치 액즙에 녹아 시원하고 상큼한 맛을 내는 역할을 하기 때문에 (3) 포장내에서 완전히 제거하는 것은 바람직하지 못하다. 포장된 김치에서 저장 중 CO<sub>2</sub> 가스가 발생하는 동시에 포장내부의 기체조성은 포장필름이나 용기를 통하여 포장외부의 환경조건과 상호작용을 하게 된다. 따라서 김치포장의 압력과 부피의 변화는 포장된 김치로부터의 CO<sub>2</sub> 가스 발생과 포장재를 통한 기체의 투과, 저장온도 등에 영향을 받게 된다. 압력발생과 부피팽창의 문제를 해결하면서 적절한 양의 CO<sub>2</sub>를 함유하는 김치포장의 설계를 위해서는 이러한 여러 변수에 따른 압력발생과 부피변화를 이해하는 것이 선행되어야 한다.

이를 위해서 본 연구에서는 김치포장의 압력발생과 부피팽창이 제어가능한 여러 변수에 의하여 어떻게 영향을 받는지를 분석하고자 하였다. 김치로부터의 CO<sub>2</sub> 발생과 김치포장과 외부환경과의 기체투과에 대한 관계를 수학적인 모델로 정립하고, 이를 이용하여 현실적으로 가능한 여러 변수가 압력생성과 부피팽창에 미치는 영향을

분석하였다. 이로부터 압력과 부피의 변화를 심하게 유발시키지 않는 포장 및 저장 조건을 제시하고자 하였다.

## 제 2 절 이론 및 방법

김치발효로부터의 CO<sub>2</sub> 발생과 포장을 통한 기체투과에 대한 수학적 모델을 확립하고 이로부터 computer simulation에 의하여 강성용기포장 및 유연포장에서 다양한 포장 및 저장조건에 대하여 압력발생 및 부피팽창을 계산하여 예측하였다. 김치로부터의 CO<sub>2</sub> 발생과 총산의 변화에 대한 모델로 Lee 등(14)의 것을 이용하였다. 즉, 김치발효로부터의 CO<sub>2</sub> 발생은 다음 식 (4-1)과 (4-2)에 의하여 표현되었다.

김치의 총산이 0.5% 이하에서는

$$R_{CO_2} = \exp(-0.495S+53.265) \cdot \exp(110100/RT) \quad (4-1)$$

김치의 총산이 0.6% 이상에서는

$$R_{CO_2} = \exp(-0.325S+41.935) \cdot \exp(86800/RT) \quad (4-2)$$

여기서  $R_{CO_2}$  는 CO<sub>2</sub> 발생속도 (mg/kg day), S는 염도(%), R은 기체상수 (8.314 J/K mol), T는 온도(K)이다.

김치의 총산이 0.5~0.6%인 경우는 식 (4-1)과 (4-2)에 의해 얻어지는 값의 내삽치를 취하게 된다.

그리고 포장재를 통한 N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>의 투과는 Fick의 법칙에 따라 다음 식 (4-3)에 의하여 얻어진다(5).

$$T_i = P_{fi} A (P_{i,out}-P_{i,in}) \quad (4-3)$$

여기서  $T_i$  는 필름이나 시트를 통한 i 기체의 투과속도 (mg/day),  $P_{fi}$ 는 i 기체의 투과도 (mg/day m<sup>2</sup> atm), A는 필름이나 시트의 표면적 (m<sup>2</sup>),  $P_{i,out}$ 는 외기에서의 i 기

체 분압 (atm),  $P_{i,im}$ 는 포장내에서의  $i$  기체의 분압 (atm)이다. Table 4-1에서는 본 연구의 분석에서 사용된 여러 포장필름에 대한 15°C에서의 투과도 값을 보여주고 있다. Table 4-1의 투과도 값은 단위  $\mu\text{m}$ 의 두께에 해당된 값을 문헌(6,7)으로부터 얻은 값이며 식 (4-3)에 적용시키기 위해서는 해당 두께로 나누어주고 이상기체 상태 방정식에 의하여 cc단위를 mg단위로 바꾸어 주면 된다. 또한 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate, PET)와 nylon/폴리에틸렌(polyethylene, PE) 적층 필름의 질소 투과도는 해당 데이터를 찾을 수 없어서 산소투과도 값의 1/5로 가정하였다(5). 저밀도 폴리에틸렌 (low density polyethylene, LDPE)에 대해서 다른 온도에서의 투과도 값은 활성화에너지 값을 이용하여 Arrhenius방정식에 의하여 계산할 수 있다(5,6).

시간  $t$ 에서 포장내의  $\text{CO}_2$  기체에 대한 물질수지의 관계로부터 다음 식 (4-4)가 얻어진다.

$$\int_0^t R_{\text{CO}_2} W dt + \int_0^t T_{\text{CO}_2} dt = \left( \frac{P_{\text{CO}_2} \times V_F \times M_{\text{CO}_2} \times 100000}{RT} \right) + (\zeta_{\text{CO}_2} \times P_{\text{CO}_2} \times \rho_L \times W) \quad (4-4)$$

여기서  $W$ 는 김치의 무게(kg)이고,  $V_F$ 는 포장내 자유용적(mL),  $M_{\text{CO}_2}$ 는  $\text{CO}_2$ 의 분자량 (kg/mol),  $P_{\text{CO}_2}$ 는  $\text{CO}_2$  가스의 분압(bar),  $\zeta_{\text{CO}_2}$ 는 Henry의 상수(mg/mL bar),  $\rho_L$ 은 단위중량당 김치의 액즙부피 (mL/kg)이다.

즉, 식(4)에서는 김치로부터 생산된  $\text{CO}_2$ 에서 포장필름을 통하여 투과되어나간 양을 빼면 이가 포장내에 축적된 양이며, 이는 포장의 헤드스페이스와 김치액즙에 평형을 유지한 상태로 존재하여 분압  $P_{\text{CO}_2}$ 를 형성시키게 된다.

$\zeta_{\text{CO}_2}$ 의 값은 염도와 온도 등의 함수로서 Rammert와 Paderson(8)에 따르면 염분 용액에 대해서 식 (4-5)로 나타낼 수 있다.

Table 4-1. Gas permeabilities of plastic polymers to O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> at 15°C.

Plastic	Permeability (cc μm/m <sup>2</sup> day atm)		
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> <sup>1)</sup>
Low density polyethylene <sup>2)</sup> (LDPE)	109,880	506,284	33,660
Polypropylene (PP)	74,485	397,339	21,244
Polyethylene terephthalate (PET)	1,443	4,774	289
Nylon laminated multilayer film (nylon/PE)	1,611	5,578	322

<sup>1)</sup>N<sub>2</sub> permeabilities of PET and nylon laminated film were assumed as 1/5 of those to O<sub>2</sub>.

<sup>2)</sup>For LDPE, the permeabilities of O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> at other temperatures were estimated using Arrhenius equation with respective activation energies of 42.6, 38.9 and 49.3 kJ/mol.

$$\begin{aligned} \zeta_{CO_2} = & 3.43764 - 0.014P_{CO_2} - 0.12723\theta + 2.8256 \times 10^{-3}\theta^2 - 3.3597 \times 10^{-5}\theta^3 \\ & + 1.5933 \times 10^{-7}\theta^4 - (0.47231 - 0.02988\theta + 1.1605 \times 10^{-3}\theta^2 \\ & - 2.2510 \times 10^{-5}\theta^3 + 1.5933 \times 10^{-7}\theta^4) \times (C_{NaCl}/27) \end{aligned} \quad (4-5)$$

여기서  $\theta$ 는 온도(°C),  $C_{NaCl}$ 는 염도 (g/L) 이다.

그리고  $O_2$ ,  $N_2$ 에 대해서는 김치 액즙에 용해된 양을 무시하여 식 (4-6)의 관계가 성립된다.

$$V_F \times C_{i,o} + \int_0^t T_i dt = \left( \frac{P_i \times V_F \times M_i \times 100000}{RT} \right) \quad (4-6)$$

여기서  $C_{i,o}$ 는 포장내에 있는  $i$  기체의 초기농도(mg/mL),  $P_i$ 는  $i$  기체의 분압 (bar),  $M_i$ 는  $i$  기체의 분자량 (kg/mol) 이다. 위의 식 (4) 및 (6)을 풀면  $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ 의 분압을 구할 수 있으며 전체 압력은 이들 분압을 더하면 얻을 수 있다 (식 (4-7)).

$$P_T = P_{O_2} + P_{CO_2} + P_{N_2} \quad (4-7)$$

유연포장의 부피 계산을 위해서는 짧은 시간  $\Delta t$ 동안  $V_F$ 가 일정한 것으로 가정하고 시간  $t$ 에서의  $P_{O_2}$ ,  $P_{CO_2}$  및  $P_{N_2}$ 를 얻은 다음, 1 기압에서 해당되는 각 기체의 부피,  $V_i$ 를 다음 식 (4-8)에 의하여 얻는다.

$$V_i = (P_i/1.01325) \times V_F \quad (4-8)$$

이렇게 얻은 각 기체의 1 기압에 기준한 부피를 더하여 전체 헤드스페이스의 부피  $V_F$ 를 얻게 된다 (식 (4-9)).

$$V_F = V_{O_2} + V_{CO_2} + V_{N_2} \quad (4-9)$$

이렇게 얻은  $V_F$ 의 조건에서 같은 흐름의 계산을(식(4-4) 및 식 (4-6)) 반복하여 각 기체의 분압을 다시 계산하고, 이로부터 식 (4-8)과 (4-9)를 한번 더 이용하여  $\Delta t$ 시

간 이후의 안정된 헤드스페이스의 용적값을 얻을 수 있다. 전체포장의 부피는  $V_F$ 에 고형분 김치의 부피를 더하여 구할 수 있으나, 본 분석에서는 자유용적  $V_F$ 를 얻고 이에 미치는 여러 인자의 영향을 분석하였다.

김치발효중의 총산 증가는 Lee와 Lee(9)의 모델을 수정한 다음 식 (4-10)~(4-15)의 관계를(4) 적분하여 예측되었고, 김치의 초기 총산은 0.2%로 가정하였다.

[LA] ≤ 0.8% 의 범위에서는

$$\frac{d[LA]}{dt} = V_C \quad (4-10)$$

$$V_C = C_1 \exp\left(\frac{-124063}{RT}\right) \quad (4-11)$$

$$\ln C_1 = -0.374 S + 50.39 \quad (4-12)$$

[LA] ≥ 0.8% 일 때는

$$\frac{d[LA]}{dt} = -Q[LA] + P \quad (4-13)$$

$$Q = C_2 \exp\left(\frac{-85100}{RT}\right) \quad (4-14)$$

$$\ln C_2 = -0.098 S + 33.99 \quad (4-15)$$

여기서 [LA]는 총산의 농도(%)이고,  $V_C$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $Q$ ,  $P$ 는 염도 및 온도에 따라 결정되는 상수이다.

김치의 일반적인 유통조건과 기한이 10℃ 부근에서 약 10일인 것을 감안하여 본 분석에서는 이보다 높은 온도조건에서 장시간의 유통조건을 고려하여 여러 변수의 정량적 영향을 살펴보고자 하였다. 온도의 영향을 분석한 경우를 제외하고는 염도 3%의 김치를 15℃에서 15일의 저장기간 동안 얻어지는 압력과 부피의 변화를 검토 분석하였다. 이러한 조건에서 압력과 부피의 변화를 억제하거나 완만하게 하는 포장 조건은 현실적인 적용에서 의미를 갖는 것으로 생각하였다. 그리고 대표적인 포장조건으로는 강성용기포장에 대해서는 400 g 단위의 김치용기(용적 545 mL, 자유용적



128.9 mL)로서 투과필름시트부분이 직경 10 cm x 높이 5.4 cm (표면적 0.0248 m<sup>2</sup>)의 측면과 바닥으로 구성된 경우를 설정하였고, 유연포장에 대해서는 3 kg 단위로 필름 크기 29.7 x 34.0 cm에 밀봉된 경우를 설정하였다. 위의 방정식 (4-1)~(4-15)의 과정을 Fortran으로 프로그래밍하여 개인용 컴퓨터에서 계산을 수행하였다.

## 제 3 절 결과 및 고찰

### 1. 15°C에서 강성 김치포장용기의 압력변화

Fig. 4-1에서는 시중에서 많이 유통되는 400 g 단위의 유리용기에 포장된 염도 3%의 김치를 15°C에서 15일간 저장하는 동안 얻어지는 압력발생을 나타내었다. 15°C에서 15일간 저장하면 김치의 총산은 1.15%에 도달하여 산패에 이른 것으로 예측된다. 따라서 적절한 포장조건의 설계에 의하여 이 기간 동안 압력이 1 기압보다 아주 높지 않은 수준으로 유지된다면 이 포장은 현실적인 유통에 무리가 없는 것으로 평가된다.

기체투과도가 0인 유리병포장의 경우 통상적인 포장과 같이 상압인 1 기압(1.01bar)상태로 포장하면 저장 15일후에 2.18 bar에 이르러 상당한 압력증가가 유발됨을 확인할 수 있다(Fig. 4-1). 압력발생은 총산 0.5~0.6%에 이르기까지 빨랐고 그 이후는 상대적으로 완만하여지는데, 이는 김치가 익는 초기의 이 기간에 CO<sub>2</sub> 생성이 왕성한 것에 기인한다(4,10). 초기에 병내부를 진공포장함에 의하여 압력발생을 낮추어줄 수 있는 것으로 분석되며, 그 감소정도는 초기에 부여하는 진공도만큼인 것으로 나타난다. 즉, 초기 진공도를 0.4 기압(0.41 bar) 정도로 유지하면 상압포장에 비해 약 0.61 bar가 낮은 1.57 bar를 발생시키는 것으로 분석된다. 현실적으로 진공포장만에 의하여 저장 15일동안 유리병포장의 압력을 1기압 이하로 유지시키는 것은 불가능하고, 0.1 기압의 진공도로 포장했을 때 1.27 bar를 얻을 수 있었다. 570 mmHg

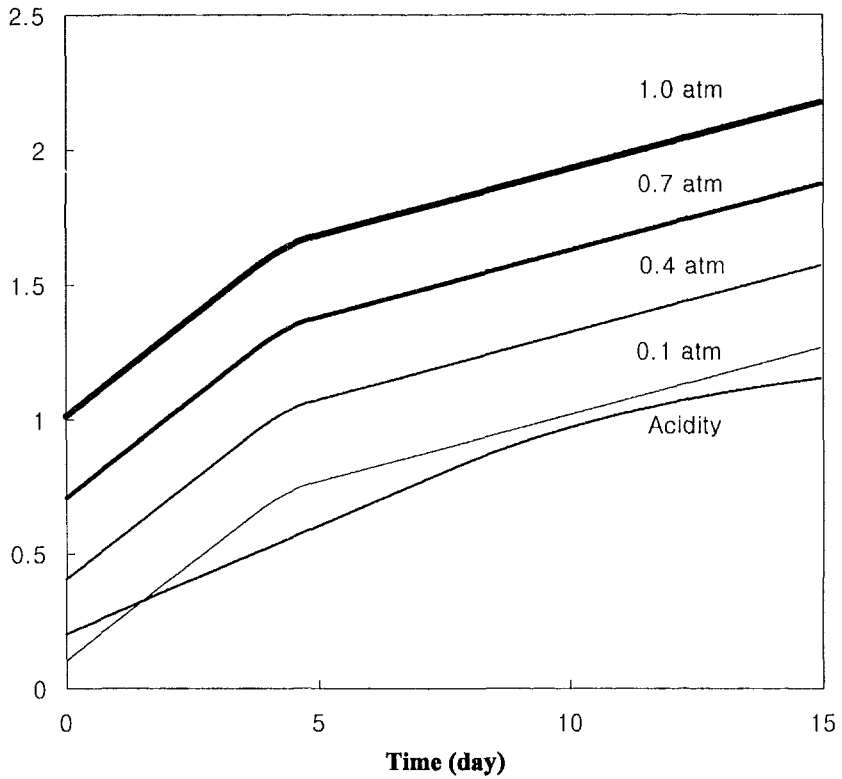


Fig. 4-1. Pressure build-up inside rigid glass jar *kimchi* packages at 15°C, which were vacuumized initially with different degrees. Fill weight: 400 g; volume: 545 mL; free volume: 128.9 mL; surface area: 0.0248 m<sup>2</sup>.

로 진공포장한 김치를 15℃이상의 온도에 저장한 경우, 저장초기이후에는 진공이 소멸되는 현상이 확인된 바 있다(11).

그리고 충전량을 감소시키면 얼마간의 압력발생은 완화시킬 수 있는 것으로 나타났으나 이는 포장의 부가적인 비용상승을 동반시킬 것이다(Fig. 4-2). 즉, 초기 상압에서 충전량이 400 g에서 300 g으로 감소되도록 포장하면 저장 15일에 유리병포장의 압력은 2.18 bar에서 0.31 bar가 낮아진 1.87 bar를 발생시키게 되며, 이는 초기 압력을 0.7 기압의 조건에서 포장한 효과와 비슷하다.

진공포장의 적용에 의하여 얻을 수 있는 압력상승의 완화에 제한이 있음으로 인하여, 기체투과성이 있는 플라스틱 용기포장에 의하여 이를 해결할 수 있는 지를 모색하였다. 두께 500 μm의 PET로 포장재질을 바꾸었을 때를 Fig. 4-1의 유리병에 대해서 비교하면, 압력하강효과가 거의 없는 반면에, 500 μm의 LDPE 및 폴리프로필렌(polypropylene, PP) 시트로 된 포장은 압력하강효과를 가져서 상압포장의 경우 저장 15일후에 각각 1.75 bar와 1.83 bar를 형성시켜서 유리병 포장의 2.18 bar에 비해서 상당히 낮아질 수 있는 것으로 분석되었다 (Fig. 4-3). 이러한 압력하강의 효과는 LDPE 및 PP의 포장시트벽면을 통한 CO<sub>2</sub>의 투과에 기인하며, N<sub>2</sub> 및 O<sub>2</sub>의 투과는 크게 영향을 미치지 못하고 따라서 포장내에 N<sub>2</sub> 및 O<sub>2</sub>의 분압도 비교적 일정한 상태로 유지되는 것으로 나타났다 (테이타 생략).

현실적으로 압력발생을 완화시키는 강성용기 포장을 얻기 위해서 초기 진공상태의 포장, 충전량의 감소, 고투과성 플라스틱 시트의 사용 등이 부분적인 효과는 있으나, 이들 중 하나의 수단만으로는 15℃에서 15일 저장하는 동안 압력을 1 기압 이내로 유지시키는 데에는 어려움이 있었다. 따라서 이러한 가능한 제어수단을 함께 병용하는 것이 효과가 있을 것으로 생각되어 가능한 제어변수의 몇 가지 조합에 대하여 simulation을 실시하였으며, 그 결과가 Table 4-2에 제시되어 있으며, 400 g단위의 LDPE 포장에 대해서 초기 압력을 0.2 기압의 진공조건으로 유지시킨 경우에 각 기체의 분압 및 전체압력을 Fig. 4에서 보여주고 있다. 초기 진공에 의하여 질소와 산

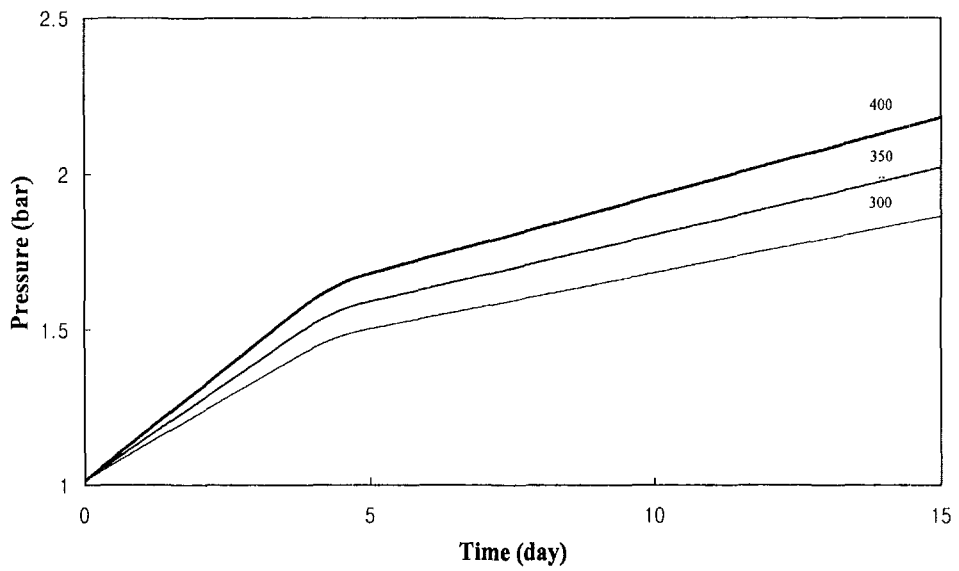


Fig. 4-2. Effect of fill weight on total pressure inside rigid glass jar *kimchi* package at 15°C. Volume: 545 mL; surface area: 0.0248 m<sup>2</sup>.

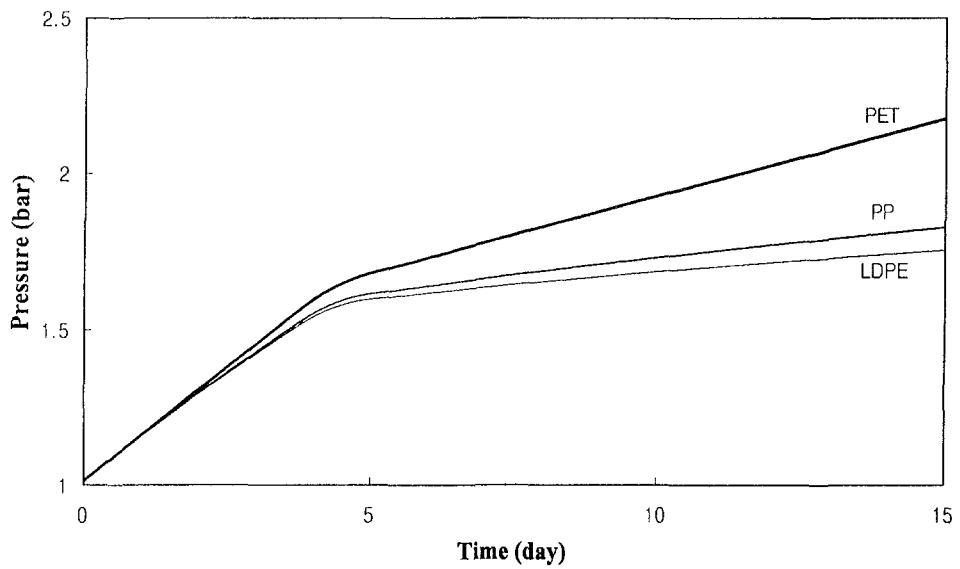


Fig. 4-3. Pressure build-up vs. packaging materials (500  $\mu\text{m}$  thick) for packages of 400 g *kimchi* at 15°C. Volume: 545 mL; free volume: 128.9 mL; surface area: 0.0248  $\text{m}^2$ .

Table. 4-2 Some packaging conditions designed to avoid severe pressure build-up inside the *kimchi* packages stored at 15°C.

Package type	Fill weight (g)	Initial vacuumized pressure (atm)	Pressure after 15 days at 15°C (bar)
Glass jar	300	0.2	1.05
Glass jar	350	0.1	1.11
LDPE (500 µm)	350	0.3	1.07
LDPE (500 µm)	400	0.2	1.14

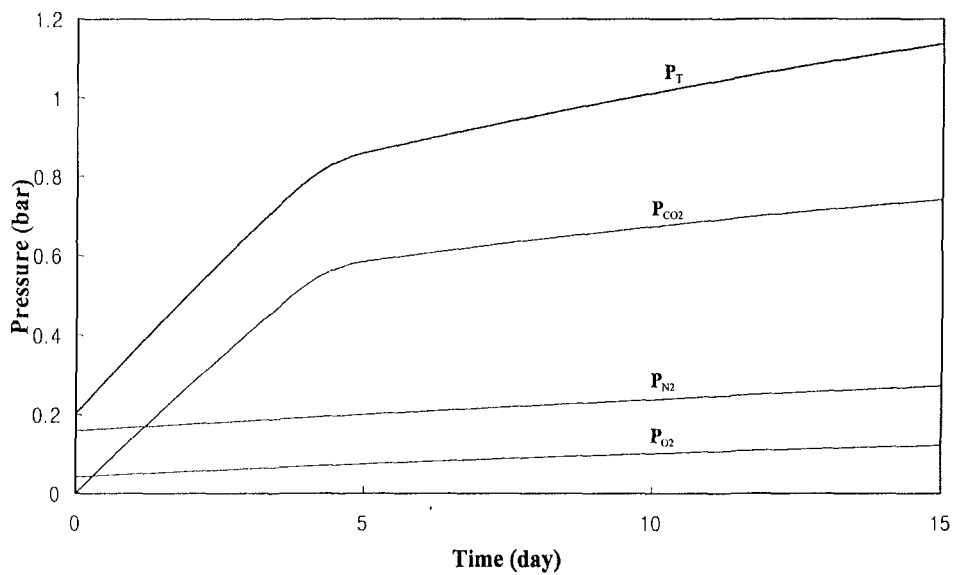


Fig. 4-4. Changes in total pressure and partial pressures of  $O_2$ ,  $CO_2$  and  $N_2$  for 500  $\mu m$  LDPE rigid pack initially vacuumized at 0.2 atm and stored at 15°C. Volume: 545 mL; free volume: 128.9 mL; surface area: 0.0248  $m^2$ .

소의 분압이 낮게 유지된 관계로 인하여 외부로부터 포장내부의 방향으로 이들 기체의 투과가 진행되고 이로 인하여 이들 기체분압이 약간 증가하고 있으나 상대적으로 낮은 이들 기체의 투과도로 인하여 큰 변화는 없었다. 김치발효로부터 CO<sub>2</sub>의 생산에 의해서 저장5일경까지는 그 분압이 계속 상승하지만, LDPE의 높은 CO<sub>2</sub> 투과도와 포장내외간의 증가된 기체분압의 차로 얻어진 CO<sub>2</sub> 투과로 인하여 그 이후 CO<sub>2</sub> 분압은 비교적 완만히 증가하여 저장 15일 후에도 0.74 bar에 머무는 수준에 있었다.

김치의 CO<sub>2</sub> 생산모델을 이용하여 투과성 김치포장에 대한 압력완화의 가능성을 검토한 결과, CO<sub>2</sub> 투과도가 높은 시트와 초기 진공포장의 적용에 의하여 압력완화의 목적을 얻을 수 있으며, 추가적으로 충전량을 줄임에 의하여 압력발생을 제어할 수 있었다.

## 2. 15℃에서 유연포장김치의 부피변화

3 kg 단위로 필름 크기 29.7 x 34.0 cm에 밀봉된 김치포장을 15℃에 저장한 경우에 대해서 예측된 부피 팽창을 보면 기체투과도가 낮으면서 현재 많이 이용되는 nylon/PE (두께 30 μm) 포장의 경우 시간에 따라 지속적으로 부피팽창이 심하게 진행되어 15일후에 1646 mL에 달하여(Fig. 4-5(A)), Al 적층필름과 같이 투과도 0인 비투과성포장의 1893 mL와 크게 차이를 보여주지 않았다. 반면에 투과도가 높은 100 μm두께의 LDPE 필름 및 PP 필름으로 포장된 경우는 부피 팽창이 비교적 완만한 수준에 머물고 있음을 (15일 후에 LDPE포장에서 547 mL, PP포장에서 505 mL) 보여주었다 (Fig. 4-5(B) & 4-5(C)). 부피 팽창의 속도는 강성용기포장에서와 같이 김치로부터의 CO<sub>2</sub> 생성속도에 의한 영향으로 모든 포장에서 총산 0.5~0.6%에 이르기까지 발효초기에 빠르며, 이후에는 상대적으로 완만하여지며, LDPE필름 및 PP필름의 포장에서는 이러한 현상이 더욱 현저하였다. Nylon/PE 포장에서는 낮은 기체 투과도로 인하여 포장내 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>부피는 비교적 변화가 없으나 김치발효로부터 발생된 CO<sub>2</sub>의 부피(1기압 기준)가 지속적으로 증가됨에 따라 부피팽창이 이루어졌으며



이는 투과도 0인 밀폐포장의 경우와 크게 다르지 않았다. 이 포장에서는 포장내 기체농도로 볼 때 저장기간에 따라 부피증가가 이루어지는 것으로 인하여 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>농도는 감소하고, CO<sub>2</sub> 농도는 총산 0.5~0.6%에 이르기까지 급속하게 증가하고 그 이후는 완만하게 변화하였다.

이에 비해서 LDPE 및 PP의 포장(두께 100 μm)에서의 현저히 낮은 부피팽창은 필름을 통한 CO<sub>2</sub>의 높은 투과에 기인하는 것으로 나타나며, 따라서 CO<sub>2</sub>의 부피는 총산 0.5~0.6%에 이르기까지 최대로 증가한 후, 발효 후반부에 완만히 감소한다 (Fig. 4-5(B) & 4-5(C)). 이는 발효초기에 CO<sub>2</sub>의 발생이 왕성하여 부피의 팽창이 빠르나 포장내 CO<sub>2</sub> 농도가 높아지면서 식 (4-3)으로 나타난 CO<sub>2</sub> 투과가 증가함과 아울러 후반부에는 김치로부터 생성되는 CO<sub>2</sub> 량이 작아짐으로 생긴 결과이다. 그리고 시간에 따른 부피의 팽창으로 포장내에서 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>의 농도가 낮아지면서 외부와 내부의 농도차로 인하여 이들 기체의 투과유입이 진행되고 부피는 지속적으로 증가하게 된다. CO<sub>2</sub>의 발생과 기체들의 투과로 인한 부피변화로 인하여 시간에 따른 기체조성의 변화에 있어서는 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub> 농도는 감소 후 다시 증가하고 CO<sub>2</sub> 농도는 증가하여 최대점에 도달한 후 다시 감소하는 것으로 분석되었다 (Fig. 4-5(B) & 4-5(C)). 이와 비슷한 결과로서 20℃에 저장된 500 g 단위의 100 μm LDPE 김치포장에서 O<sub>2</sub> 농도는 감소한 후 다시 증가하고 CO<sub>2</sub> 농도는 최대점에 이른 후 감소하는 기체조성의 변화가 박 등(12)에 의하여 보고된 바 있다.

LDPE 필름이 PP 필름에 비해서 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>에 대해서 기체투과도가 높지만 (Table 4-1), 전자의 부피팽창이 후자의 것보다 높은 점이 특이하다. 김치의 투과성 유연포장에서는 그 기체조성의 변화로 인하여 (Fig. 4-5), CO<sub>2</sub>는 포장외부로 배출되고, N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>는 포장내부로 유입되는 상황을 형성시키게 된다. 이로 인해 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>의 투과도에 비해 CO<sub>2</sub>의 투과도가 높은 PP 필름이 상대적으로 CO<sub>2</sub>의 배출은 많이 하면서 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>의 유입은 억제하게 되는 것으로 판단된다. LDPE와 PP와 같은 고기체 투과도의 필름에 의한 김치포장에서는 부피팽창에 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>의 유입이 큰 역할을 하기

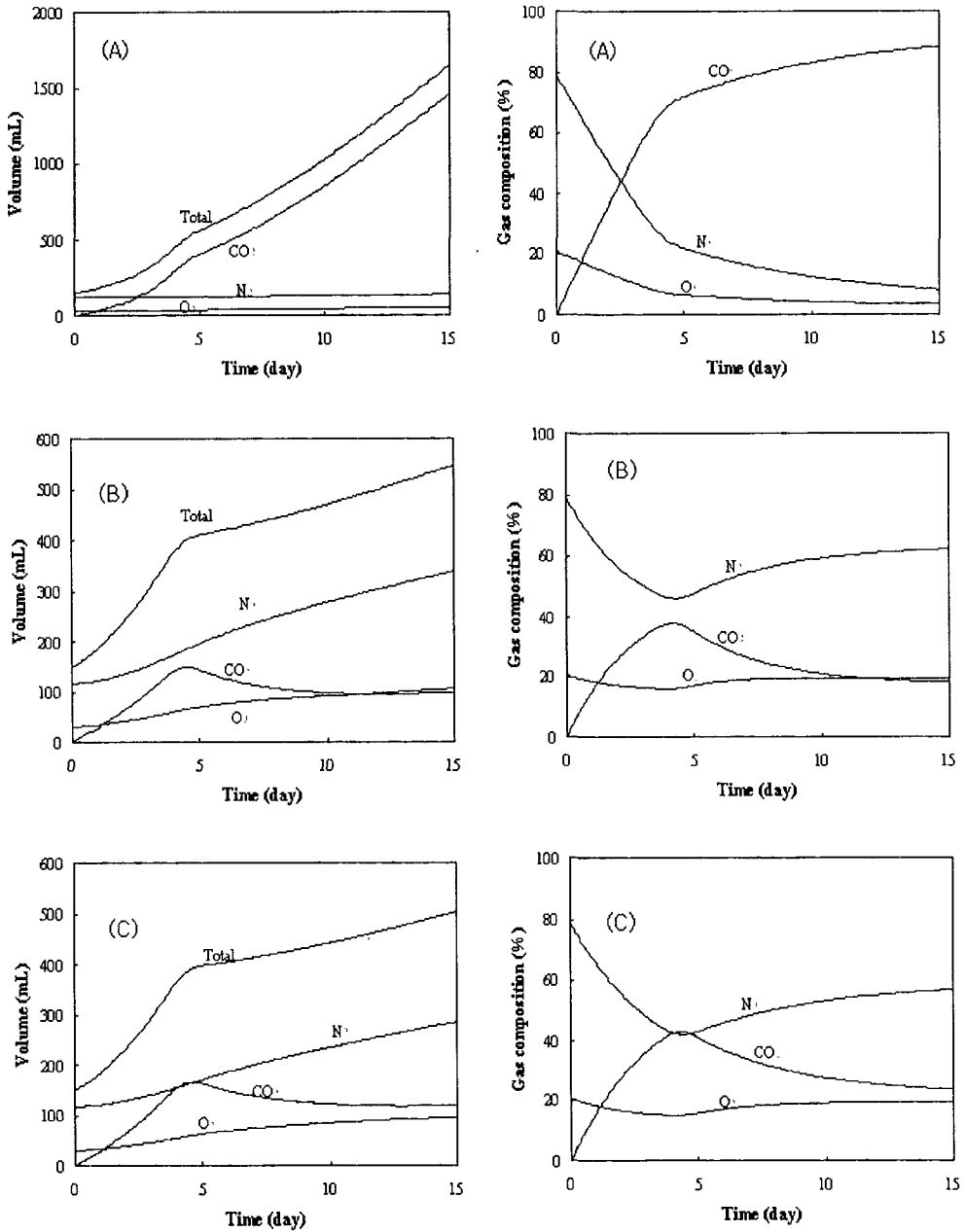


Fig. 4-5. Changes in total headspace volume, volume of each gas and gas composition for the flexible *kimchi* packages at 15°C. Fill weight: 3 kg; initial free volume: 150 mL; surface area: 0.2020 m<sup>2</sup>. (A) 30 μm Nylon/PE; (B) 100 μm LDPE; (C) 100 μm PP.

때문에, 포장의 표면적을 증가시키는 것은 CO<sub>2</sub>의 투과유출을 증가시키면서 한편으로는 이들 기체의 유입을 증가시키므로 그 효과가 상쇄되어 부피팽창을 완화시키는 데 기여하지 않았다 (테이타 생략). 기체투과도의 절대적인 값이 유연포장김치의 부피변화에 결정적인 영향을 주지만 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>의 투과도에 대한 CO<sub>2</sub> 투과도비가 그 부피팽창에 큰 영향을 줄 수 있으며, 이는 앞으로 유연포장김치의 포장설계에 큰 의미를 가지는 것으로 생각된다. 즉, 고분자 공학적 기술에 의하여 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>의 투과도에 대한 CO<sub>2</sub> 투과도비를 크게 한 플라스틱 필름이 개발되어 김치포장에 사용될 수 있다면, 어느 정도 부피팽창의 문제를 해결할 수 있을 것으로 전망된다. 예로서 폴리부타디엔계 필름은 O<sub>2</sub>에 대한 CO<sub>2</sub>의 투과도비가 9.2부근인 것으로 보고되고 있다 (7).

유연포장의 경우는 진공포장의 부분적인 적용에 의하여 초기 부피의 조절이 가능한데, 초기 자유용적이 작은 김치포장이 부피가 작으나, 초기로부터의 절대적 부피증가량은 초기부피에 관계없이 비슷하게 나타났다 (Fig. 4-6). 따라서 김치 유연포장의 저장중에 얻어지는 부피는 진공포장에 의해 초기의 자유용적을 줄임으로서 감소시킬 수 있을 것이다.

김치로부터의 CO<sub>2</sub> 생산모델을 유연포장에 적용하면, LDPE 및 PP와 같은 기체투과성이 큰 플라스틱 필름에 의하여 부피 팽창을 줄일 수 있으며, 특히 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>에 비해 CO<sub>2</sub>의 투과가 큰 필름이 이에 효과적이었다. 이 경우 포장표면적의 증가는 부피팽창의 억제에 기여하지 못하며, 진공포장에 의하여 자유용적의 감소는 절대적인 팽창부피의 정도를 감소시킬 수 있었다.

### 3. 온도의 영향

온도가 압력발생과 부피팽창에 미치는 영향을 보기 위하여 각 온도에서 김치의 숙성과 과숙에 이르는 시간을 계산하고 이러한 시간에서 용기나 봉지에서 압력과 부피를 계산하였다 (Fig. 4-7). 김치의 적숙상태로는 일반적으로 총산 0.6% 정도로 수용되며, 과숙된 상태로는 총산 1.0%부근으로 인정되고 있어서(13,14), 이러한 조건까지

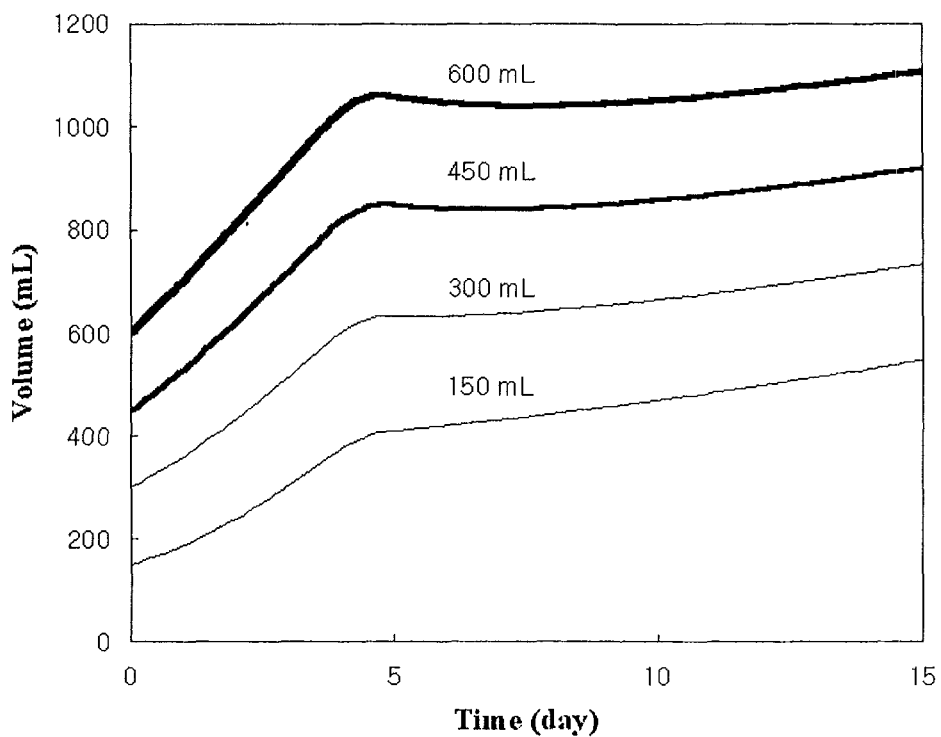


Fig. 4-6. Effect of initial free volume on the headspace volume changes of the flexible LDPE (100  $\mu\text{m}$  thickness) *kimchi* package of 3 kg at 15°C. Surface area: 0.2020  $\text{m}^2$ .

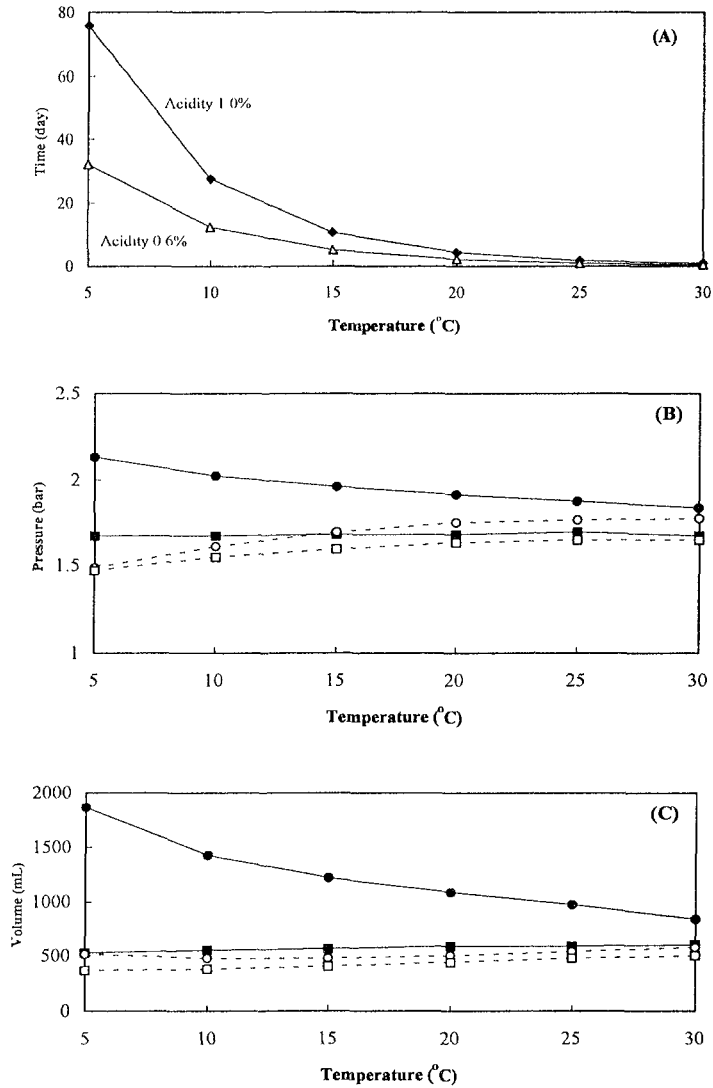


Fig. 4-7. (A) Times to reach optimum and over ripening stages of 0.6% and 1.0% acidities, (B) estimated pressures of 400 g rigid package, and (C) estimated headspace volumes of 3 kg flexible packages for *kimchi* (3% salt content) at different temperatures. Thicknesses of LDPE for rigid and flexible packages are 500 and 100  $\mu\text{m}$ , respectively. For other conditions refer to Figs. 1 and 5. ●: with acidity of 1.0% for impermeable package; ■: with acidity of 0.6% for impermeable package; ○: with acidity of 1.0% for LDPE packages; □: with acidity of 0.6% for LDPE package.

도달되는 시간을 계산하였다. 투과도가 0인 경우의 비투과성 포장에 대해서, 과숙상태(총산 1.0%)에서 얻어지는 강성용기의 압력과 유연포장의 부피는 저온에서 현저히 높으며, 적숙상태(총산 0.6%)에서는 온도의 영향이 경미하고 저온에서 오히려 낮은 압력과 부피를 보였다. 이는 저온에서 김치가 과숙에 이르기에는 아주 오랜 시간이 소요되며(Fig. 4-7(A)), 이 기간 동안에도 낮지만 지속적으로 CO<sub>2</sub>의 발생이 진행됨에 기인하는 것으로 해석된다. 반면에 적숙상태까지는 산생성의 속도와 CO<sub>2</sub>의 발생에 미치는 온도의 영향이 비슷하며, 이로 인하여 적숙된 상태에 이른 김치의 비투과성포장의 압력이나 부피는 온도에 크게 영향을 받지 아니한 것으로 나타난다.

투과성인 LDPE의 유연포장에서는 적숙 및 과숙의 상태 모두에 대해서 부피에 미치는 온도의 영향은 아주 작으며, LDPE의 성형용기포장에서는 온도증가에 따라 압력은 약간 높아졌다. 김치의 투과성 포장에서는 CO<sub>2</sub>의 발생과 기체투과사이의 정상상태적인 관계가 이루어지지 않으며 지속적으로 기체분압이나 조성의 변화가 일어나므로 (Fig. 4-4 & 4-5), 이들의 관계를 단순하게 분석하는 것은 어렵다. 온도에 따라 달라지는 발효소요기간 동안에 이루어지는 CO<sub>2</sub>의 발생이 포장내에 동적인 기체조성의 변화를 유발하면서 기체투과속도가 영향을 받으며, 이는 다시 기체조성, 부피변화, 압력변화에 영향을 미치게 된다. 이러한 과정으로 인하여 CO<sub>2</sub>의 발생과 기체투과의 온도의존성에 의해 포장의 부피와 압력의 변화는 온도에 따라서 달라지는 것으로 생각된다. LDPE의 기체투과도의 온도의존성을 나타내는 활성화에너지는 38.9~49.3 kJ/mol인 반면에 (Table 4-1), 김치의 산도증가의 활성화에너지는 85.1~124.1 kJ/mol 이고(식 (4-11)과 (4-14)), CO<sub>2</sub> 발생의 활성화에너지는 86.8~110.1 kJ/mol인 점을(식 (4-1)과 (4-2)) 고려한다면, 온도의 증가는 기체투과속도에 비해 산도증가와 CO<sub>2</sub> 발생속도를 크게 증가시키는 역할을 할 것으로 생각된다. Fig. 4-7의 LDPE 포장에 대한 압력과 부피의 변화도 이러한 상호작용의 결과로 해석된다.

김치를 유리병이나 AI 적층필름봉지와 같은 비투과성 밀폐포장에 포장하여 저장유통하는 경우 유통기한을 넘겨 과숙된 상태까지 이른다면 저온에서의 유통이 오히려

더 많은 압력발생이나 부피증가를 유발할 것이다. 반면에 적숙된 상태로 저장유통한다면, 이들에 미치는 온도의 영향을 크지 않을 것이다. 그리고 고기체투과성 필름으로 포장된 김치에 대해서는 같은 숙성도에 기준할 때, 온도에 관계없이 비교적 압력발생이나 부피변화는 일정하여서 온도이외의 포장변수를 고려하는 것이 더욱 중요한 것으로 판단된다.

위에서 김치포장에서 압력발생이나 부피팽창에 미치는 여러 요인의 영향을 분석하였으며 이는 몇 가지의 가정에 기초하여 예측된 것이다. 즉, 위에서 제시된 김치로부터의 CO<sub>2</sub> 발생 모델은 포장환경에 무관하며, 포장필름의 기체투과도는 일정하다고 가정한 것이다. 예를 들면 김치의 발효속도는 진공포장에 의해 약간 지연시킬 수 있다는 보고(11)가 있다. 강성용기 포장의 경우는 부피가 일정한 것으로 가정하고 유연포장의 경우는 포장필름의 모든 표면적으로 기체가 투과되는 것으로 가정하였다. 실제의 포장조건에서는 플라스틱 성형용기에서는 진공의 도입이나 압력의 발생에 따라 용기의 부피가 얼마간 변할 수 있으며, 유연포장에서는 포장과 포장의 접촉에 의하여 실제 공기와의 기체투과를 위한 유효면적이 감소될 수 있다. 또, 비록 액체식품을 포장한 경우에 액체와 접촉한 필름을 통한 기체투과에 대해서 식 (4-3)이 성립되는 것으로 인정되고 있지만 (15), 필름과 액체접촉면에서의 상평형이 이러한 가정과 다를 가능성이 있다. 이러한 모든 면에서 압력발생이나 부피팽창을 완화시키는 포장조건을 실험적으로 구현하면서 확인할 필요가 있으며, 다음의 연구과제로 진행 중에 있다.

## 제 4 절 결 론

김치의 강성용기포장과 유연포장에 대해서 CO<sub>2</sub> 발생과 투과성 필름을 통한 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>의 투과를 포함시킨 수학적 모델을 확립하고 여러 조건에 따른 압력 및 부피의 변화를 예측하였다. 염도 3%인 김치를 15°C에서 저장시에 여러 변수가 포장의

압력이나 부피에 미치는 영향을 살펴본 다음, 온도가 적숙 및 과숙상태인 김치의 포장에서 압력과 부피에 미치는 영향을 분석하였다. 400 g 단위의 강성용기에 대해서 CO<sub>2</sub> 투과도가 높은 시트와 초기 진공포장의 적용에 의하여 압력완화의 목적을 얻을 수 있으며, 추가적으로 충전량을 작게 하면 압력발생을 줄일 수 있었다. 3 kg 단위의 유연포장에 대해서 LDPE 및 PP와 같은 기체투과성이 큰 플라스틱 필름에 의하여 부피 팽창을 줄일 수 있으며, 특히 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>에 비해 CO<sub>2</sub>의 투과가 큰 필름이 이에 효과적이었다. 기체투과도가 큰 유연포장의 표면적을 증가시킴에 의해서 부피팽창을 줄이는 효과는 거의 없었다. 비투과성 강성용기 및 유연포장에서 과숙상태에서 (총산 1.0%) 얻어지는 압력과 부피는 저온일수록 증가하였으나, 적숙상태에서는 (총산 0.6%) 온도의 영향은 아주 경미하였다. LDPE의 투과성 강성용기포장에서 모든 숙성단계에서 얻어지는 압력은 온도증가에 따라 약간 증가하였으며, 유연봉지에서는 온도의 영향이 미미하였다. 이러한 예측을 이용하여 현실적으로 가능한 포장 및 저장조건을 설계하고 이를 실험적으로 확인하는 것이 다음 단계로서 필요하다.

## 참 고 문 헌

1. 홍석인, 박진숙, 박노현: 저장온도에 따른 포장김치의 기체압력변화와 품질과의 관계. 한국식품과학회지, 26(6), 770-775 (1994)
2. 홍석인, 박진숙, 박노현: 소포장 김치의 포장방법별 품질특성 변화. 홍석인, 박진숙, 박노현 27(1), 112-118 (1995)
3. 이서래: 한국의 발효식품. 이화여자대학교 출판부, 서울, pp.141-192 (1986)
4. Lee, D.S., Kwon, H.R. and Ha, J.U.: Estimation of pressure and volume changes for packages of *kimchi*, a Korean fermented vegetable. *Packaging Technol. Sci.*, 10(1), 15-32 (1997)
5. Robertson, G.L.: *Food Packaging*. Marcel Dekker, New York, pp.73-110 (1993)



6. Yasuda, H. and Stannett, V.: Permeability coefficient. In: *Polymer Handbook*, Brandrup, J. and Immergut, E.H. (ed.), John Wiley & Sons, New York, pp.III-229~III-240 (1975)
7. Exama, A., Arul, J., Lenki, 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)
8. Rammert, M. and Paderson, M. H. P.: Die Löslichkeit von Kohlendioxid in Getränken. *Brauwelt*, **131**(12), 488-499 (1991)
9. Lee, K.S. and Lee, D.S.: A Kinetic model for lactic acid production in *kimchi*, a Korean fermented vegetable dish. *J. Ferment. Bioeng.*, **75**(5), 392-394 (1993)
10. 이영진, 전재근: 김치발효 중 가스압력 변화와 압력측정 시스템의 개발. 한국식품과학회지, **22**(6), 686-689 (1990)
11. 신동화, 김분숙, 한지숙, 임대관, 박준명: 진공처리 병포장 김치의 저장조건별 성분과 미생물 변화. 한국식품과학회지, **28**(1), 127-136 (1996)
12. 박우포, 안택순, 이동선: 포기김치와 맛김치의 온도별 품질특성 비교. 한국식품과학회지, **29**(4), 784-789 (1997)
13. 민태익, 권태완 : 김치발효에 미치는 온도 및 식염농도의 영향. 한국식품과학회지, **16**(4), 443-450 (1984)
14. 이양희, 양익환: 우리나라 김치의 포장과 저장방법에 관한 연구, 한국농화학회지 **13**(3), 207-218 (1970)
15. Kim, J.N. and Harte, B.R.: Shelf life prediction model and experimental validation of a packaged liquid food system. *Foods and Biotechnology*, **5**(3), 310-315 (1996)

여 백

## 제 5 장 포장조건에 따른 김치의 발효특성

### 제 1 절 서 설

앞장에서 언급한 바와 같이 김치는 일반적으로 살균없이 포장되어 유통되므로 계속적으로 발효가 진행되며, 이로 인해 CO<sub>2</sub> 기체가 발생한다. 이러한 발효속도와 CO<sub>2</sub> 기체의 생산속도는 온도나 염도와 같은 제조 및 유통 조건에 따라서 영향을 받지만, 포장에서의 충전비율, 내부의 진공도 등에 의해서도 영향을 받을 수 있는 것으로 생각된다. 전자가 미치는 여러 영향에 대해서는 많은 연구가 이루어졌지만 후자의 영향에 대해서는 거의 밝혀진 바가 없다. 이는 김치발효가 원료 및 그 배합조건, 계절, 실험자의 사전 실험조건 등의 여러 변이에 의해 아주 넓은 범위의 발효속도를 가져서 현실적으로 오차범위를 넘는 어떤 결론에 도달하기에 어려운 점에 기인하기도 한다. 하지만 본 연구과제의 목적의 하나인 김치포장의 내압조절을 위해서는 포장조건의 이러한 영향에 대한 정보가 필요하며, 이를 시도하였다.

따라서 본 장에서는 병포장 김치에서 충전량의 변화가 CO<sub>2</sub> 발생량과 발효속도에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 또한 병포장 김치에서 초기 진공도에 따라서 달라지는 CO<sub>2</sub> 발생량과 발효속도를 측정하였다.

### 제 2 절 재 료 및 방 법

#### 1. 김 치

김치의 제조는 민과 권 (1)의 방법에 따랐다. 4 x 5 cm 크기로 찢은 배추를 15% 농도의 소금물에 약 5시간 담근 다음 행구고 이를 2% 소금물로 씻었다. 절인 배추를 방치하여 물을 뺀 다음 양념을 혼합하여 김치를 제조하였다. 배합비는 절인 배추

100g 당 2g의 다진 마늘, 2g의 파, 2g의 고춧가루, 0.5g의 생강을 첨가하였다. 그리고 절인 배추의 염도를 염도계(Model TM-301, Takemura Electric Work Ltd., 동경, 일본)로 미리 측정 한 후 물질수지 관계식을 이용하여 계산된 소금을 첨가하여 최종 김치의 염도가 2.5%가 되도록 조정하였다.

## 2. 병포장의 충전량에 따른 압력, 발효속도, CO<sub>2</sub> 발생속도의 측정

부피 950 mL의 유리병에 염도 2.5%인 김치를 700g, 500g, 300g씩으로 충전량을 달리하여 포장하고 15°C에서 저장하면서 압력, 포장내 기체조성, pH, 총산의 변화를 측정하였다.

포장내 기체조성을 측정하기 위하여 헤드스페이스 (head space)의 가스 1 mL를 취하여 gas chromatograph (Hitachi Ltd., Tokyo, 일본)에 의하여 CO<sub>2</sub>의 농도를 측정하고 유리병을 개봉하여 김치의 pH 및 총산을 측정하였다. gas chromatograph에 의한 CO<sub>2</sub>가스농도의 측정조건으로는 He을 carrier gas로 하여 Alltech CTR I column (Alltech Associate Inc., Deerfield, IL, 미국)을 통과시킨 후 열전도도 검출기(TCD)에 의하여 정량하였다. 기체조성에서 CO<sub>2</sub> 농도로부터 충전량에 따라 생성되는 CO<sub>2</sub> 발생량을 다음 식 (5-1)에 의하여 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{김치발효로부터 발생된 CO}_2\text{량} &= \text{헤드스페이스의 CO}_2\text{량} + \text{액즙에 녹아있는 CO}_2\text{량} \\ &= C_{\text{CO}_2} V_F + D_{\text{CO}_2} V_L \end{aligned} \quad (5-1)$$

여기서  $C_{\text{CO}_2}$ 는 헤드스페이스에서의 CO<sub>2</sub> 농도 (mg/mL),  $V_F$ 는 포장내 자유용적 (mL),  $D_{\text{CO}_2}$ 는 김치액즙에 녹아있는 용존 CO<sub>2</sub> 농도 (mg/mL),  $V_L$ 은 김치액즙의 양 (mL)이다.

헤드스페이스의 CO<sub>2</sub> 농도  $C_{\text{CO}_2}$ 로부터 김치액즙에 녹아있는 용존 CO<sub>2</sub> 농도  $D_{\text{CO}_2}$ 를 계산하기 위해서는 Henry의 법칙을 사용하였고, 그 방법은 제4장에서와 동일하였다.

포장의 전체 압력을 측정하기 위해서는 부르돈관식 Asherfort 압력계 (Stratford.

CT, 미국)를 사용하였다.

김치의 pH는 액즙에 대하여 Orion Model 230A pH meter (Orion Research Inc., Boston, 미국)로 측정하였고, 총산은 김치액즙 5g 을 취하여 증류수 100 mL를 더한 다음 pH meter로 측정하여 pH 8.1이 될 때까지 0.1N NaOH로 적정하여 젖산함량의 적정산도로 나타내었다.

저장 중 측정에서는 4반복 이상으로 측정하여 발효속도 및 CO<sub>2</sub>발생에 미치는 충전량의 영향을 Turkey의 HSD (honestly significant difference) 방법 (2)에 의하여 유의성 검정을 하였다. 실험의 재현성의 확인을 위하여 2차에 걸쳐 실험하였다.

### 3. 포장의 진공도에 따른 압력, 발효속도, CO<sub>2</sub> 발생속도의 측정

부피 1 L의 병포장 용기에서 염도 2.5%의 김치 600g을 담은 다음, 진공도를 80%, 40%, 0%로 조절한 상태에서 15℃에서 저장하면서 압력, 헤드스페이스의 기체조성, pH, 총산의 변화를 측정하였다. 모든 항목의 측정방법은 위와 동일한 조건으로 수행하였다.

## 제 3 절 결과 및 고찰

### 1. 병포장의 충전량에 따른 발효속도 및 CO<sub>2</sub> 발생

Fig. 5-1와 Fig. 5-2에서는 병포장에서 충전량에 따른 pH, 총산의 변화를 각각 보여주고 있다. 전반적으로 저장초기를 제외하고는 발효속도에 미치는 충전량의 영향은 크게 유의하지 않은 것으로 보인다. 다만 총산 0.4% 이하의 발효초기에는 충전량이 작을수록 pH가 낮고 총산이 높아서 김치발효가 약간 빨랐으나, 그 이후에는 pH, 총산 모두에서 비슷한 수준을 보였다. 특히 2차실험의 저장초기에는 충전비율 약 32%인 충전량 300g 단위는 pH와 총산의 변화가 유의하게 빨랐다.

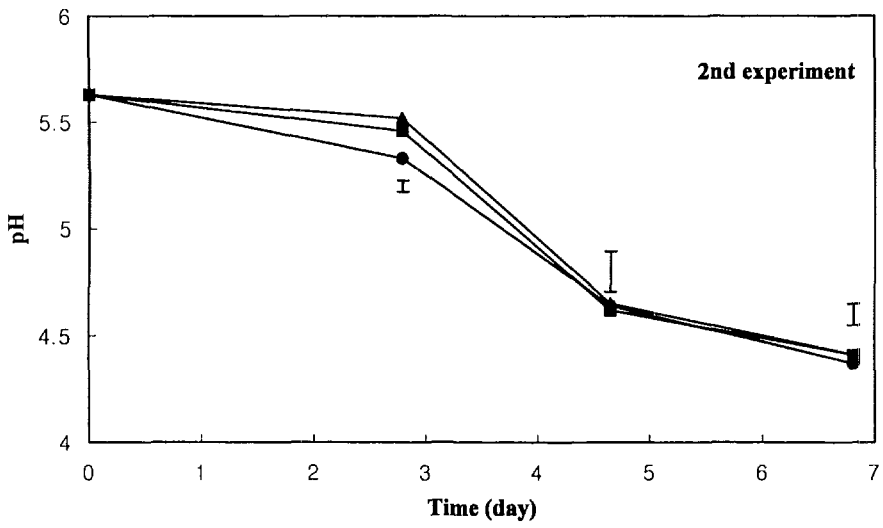
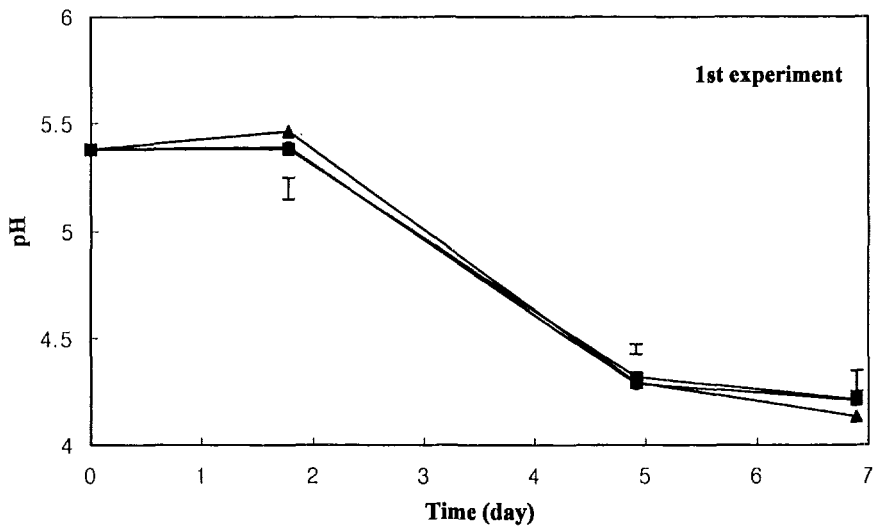


Fig. 5-1. Effect of fill weight in 950 mL jar on pH change of the *kimchi* package. Vertical bars indicate Turkey's HSD at  $\alpha=0.05$ . ●: 300g; ■: 500g; ▲: 700g.

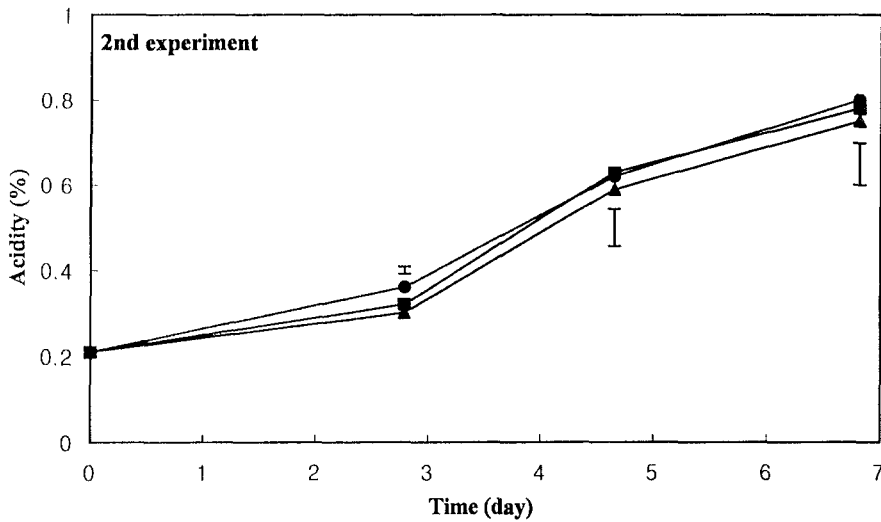
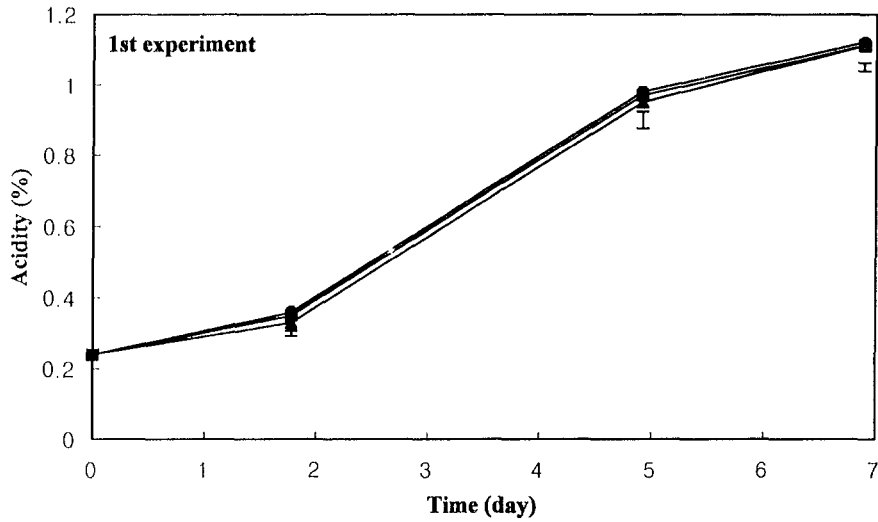


Fig. 5-2. Effect of fill weight in 950 mL jar on the acidity change of the *kimchi* package  
 Vertical bars indicate Turkey's HSD at  $\alpha=0.05$ . ●: 300g; ■: 500g; ▲: 700g.

김치로부터의 CO<sub>2</sub> 생산은 충전량 300g 단위가 유의하게 빨라서, 저장 3일 이후에는 생산된 CO<sub>2</sub>에서는 뚜렷이 많은 수준을 보여주었다 (Fig. 5-3). 500g 충전은 700g 충전에 비해서 단위중량기준으로 뚜렷한 유의성을 보이지는 않았다. 총산 0.8%에 이르기까지의 CO<sub>2</sub> 생산속도를 Lee등(3)의 방법에 의하여 직선적인 회귀에 의해 구하면, 300g 충전에서 현저한 증가를 보였고, 500g 단위와 700g 단위에서는 약간의 차이를 보였다 (Table 5-1). 일반적인 충전량이 950 mL 용기에 600g 이상임을 고려한다면 현실적인 포장조건에서의 충전량이 CO<sub>2</sub> 생산속도에 미치는 영향은 크지 않을 것으로 생각된다.

그러나 충전량은 포장내에서 생산되는 절대적인 CO<sub>2</sub>의 양에는 영향을 주게 되므로 압력에는 현저한 차이를 보여서 충전량이 많을수록 압력이 높았다 (Fig. 5-4). 이는 CO<sub>2</sub>를 생산하는 김치의 양이 상대적으로 많은 것에 따르는 당연한 결과이다.

충전량이 현저히 낮은 경우에 김치의 발효속도가 유의하게 빠르고, CO<sub>2</sub> 생산속도도 빨라지는 현상은 현실적인 공장 생산 김치의 경우 유통기한과 유통중 압력 및 부피의 변화에는 큰 의미를 부과하지는 않을 것이다. 왜냐하면, 공장에서 생산되어 포장되는 김치는 포장의 효율성을 위해 가급적 헤드스페이스의 비율을 줄이는 방향으로 충전되고, 이로 인해 충전율에서는 포장설계에서 별 차이를 주지 않게 된다. 하지만, 소비자 단계에서 갓 생산된 김치를 시장에서 구입하여 일부를 덜어내어 소비하고, 약간의 김치를 용기속에 담아두면, 김치의 숙성이 빨리 진행되고 이산화탄소의 발생도 상대적으로 많아진다는 것을 의미한다.

## 2. 진공도에 따른 김치의 발효속도 및 CO<sub>2</sub> 발생

염도 2.5%의 김치 600g을 담은 1 L의 병포장 용기에서 진공도에 따른 CO<sub>2</sub> 생산, pH변화, 총산의 증가를 Fig. 5-5 에서 보여주고 있다. 진공도가 낮을수록 CO<sub>2</sub>발생은 유의하게 높은 값을 보이고 있어서, 진공포장에서 CO<sub>2</sub>가 빠른 속도로 생성되고 있음을 보였다. 그리고 pH는 발효초기에 낮은 진공도에서 빨리 감소되었으나, 저장



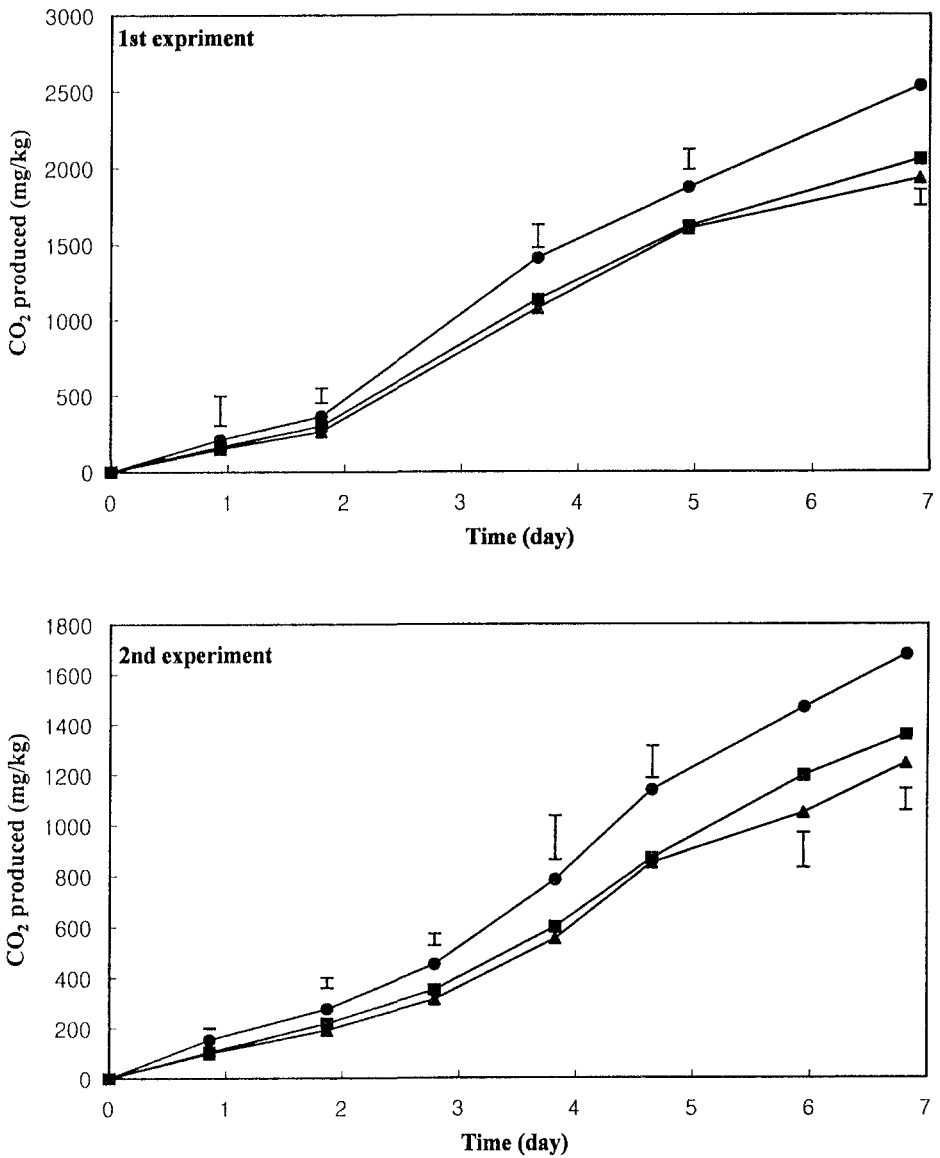


Fig. 5-3. Effect of fill weight in 950 mL jar on the CO<sub>2</sub> production of the *kimchi* package. Vertical bars indicate Turkey's HSD at  $\alpha=0.05$ . ●: 300g; ■: 500g; ▲: 700g.

Table 5-1. CO<sub>2</sub> production rate of *kimchi* packaged in different fill weights.

Fill weight in 950 mL jar	CO <sub>2</sub> production rate (mg/kg day)	
	1st experiment	2nd experiment
300g	388.7	211.3
500g	313.3	161.6
700g	297.2	152.7

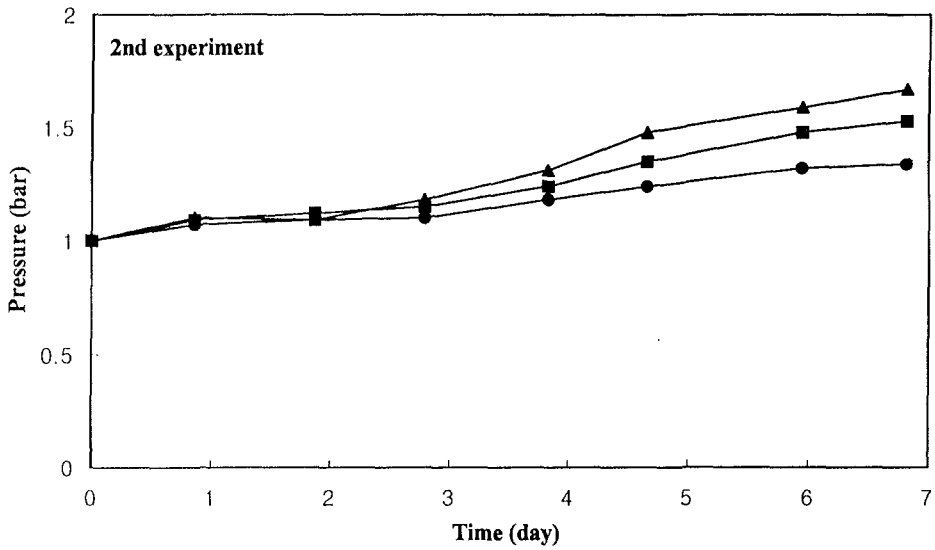
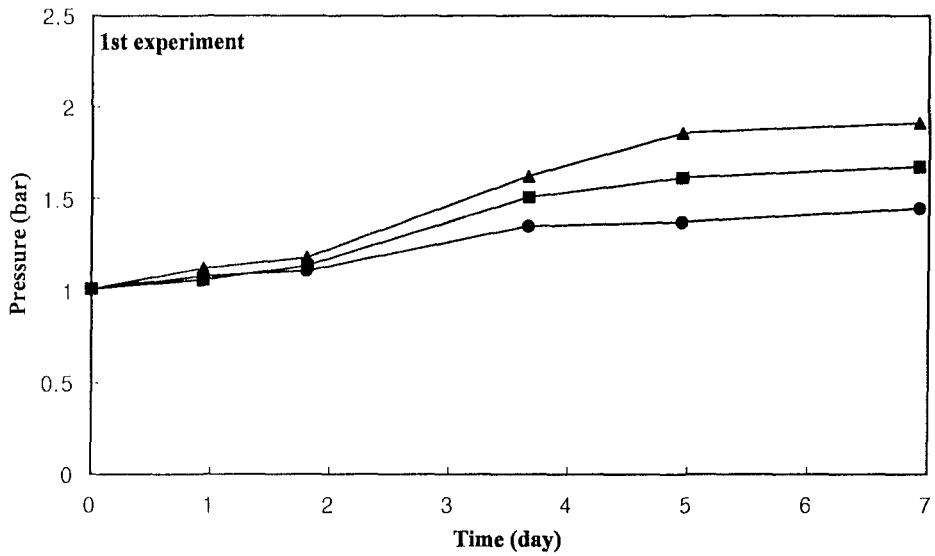


Fig. 5-4. Effect of fill weight in 950 mL jar on the pressure build-up of the *kimchi* package. ●: 300g; ■: 500g; ▲: 700g.

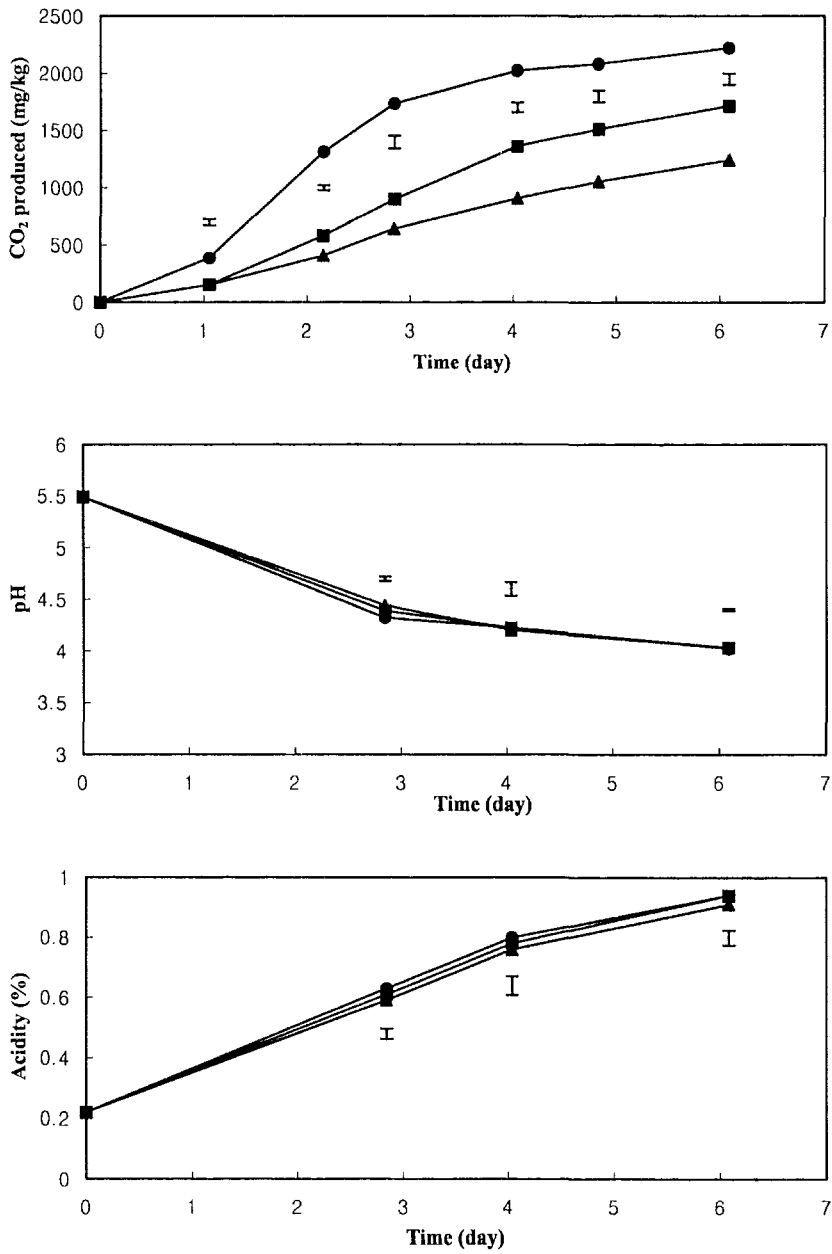


Fig. 5-5. CO<sub>2</sub> production, pH and acidity of *kimchi* for different degrees of initial vacuumization of the packages at 15°C. ▲: control of normal atmosphere; ■: 40% vacuum; ●: 80% vacuum

4일 이후에는 거의 같아졌다. 총산의 생성은 비록 유의하게 차이가 있지는 않았지만 낮은 진공도에서 그 생성속도가 빠른 것을 알 수 있다. 이러한 실험결과는 진공포장에서 발효의 진행속도가 느렸다는 신 등 (4)과 김 등 (5)의 실험결과와는 상반되는 것이다. 또한 홍 등 (6)은 차단성 유연포장 김치에서 초기 진공도 적용의 차이가 김치의 발효속도에 영향을 주지 않았다고 보고한 바 있다. 하지만 김 등 (5)은 깍두기에서 감압포장조건에서 유산균의 증식은 크게 촉진된다고 보고한 바 있다. 총산의 증가와 pH의 감소로 나타난 김치의 숙성에 미치는 진공포장의 영향은 Fig. 5-5에서 보듯이 그 차이가 크지 않기 때문에 실험에서 유의한 결과를 보기에 많은 어려움이 따른다. 김치 시료간 및 실험조건에서 오차와 변이가 있기 때문에 이를 잘 제어하여 확실한 경향을 얻기 위해서는 충분히 관리된 조건에서 많은 반복의 실험이 필요한 것으로 생각된다. 본 실험은 5반복의 실험에 의하여 얻어진 결과로 비교적 분명한 경향을 보여준 것으로 여겨지며, 특히 이산화탄소 생성에서는 확실한 경향을 보여주기 때문에 초기 진공의 형성은 이상젖산발효 미생물의 성장을 촉진시켜 준 것으로 해석할 수 있을 것이다. 식품 포장에서 낮은 산소 농도와 높은 이산화탄소 농도의 혐기적인 조건은 호기성 미생물의 생육은 억제하고 유산균의 생육은 촉진하는 것으로 일반적으로 알려져 있다 (7). Lee와 Paik (8) 도 핀홀을 장착하여 산소 농도가 낮고 이산화탄소 농도가 높은 김치 포장이 발효초기의 많은 유산균의 증식을 이룬 것으로 보고한 바 있다.

진공포장에 의하여 초기의 압력을 낮추어준다고 할지라도, 진공포장을 하면 CO<sub>2</sub>가 많이 생기기 때문에 이로 인한 압력강하의 효과는 저장이 경과함에 따라 상대적으로 감소할 것으로 생각된다. Fig. 5-6 에서는 진공도를 다르게 포장한 김치포장의 압력변화를 보여주고 있다. 예상한 바와 같이 진공도가 높은 조건에서 CO<sub>2</sub> 발생이 크므로 저장 6일동안의 압력상승이 비록 상대적으로 크지만, 진공포장을 하면 이 동안 1기압 이하로 유지할 수 있어서 진공포장은 압력발생을 완화시킬 수 있는 좋은 수단이 될 수 있음을 보여주었다. 따라서 진공포장과 함께 이산화탄소 흡수제 등을 함께

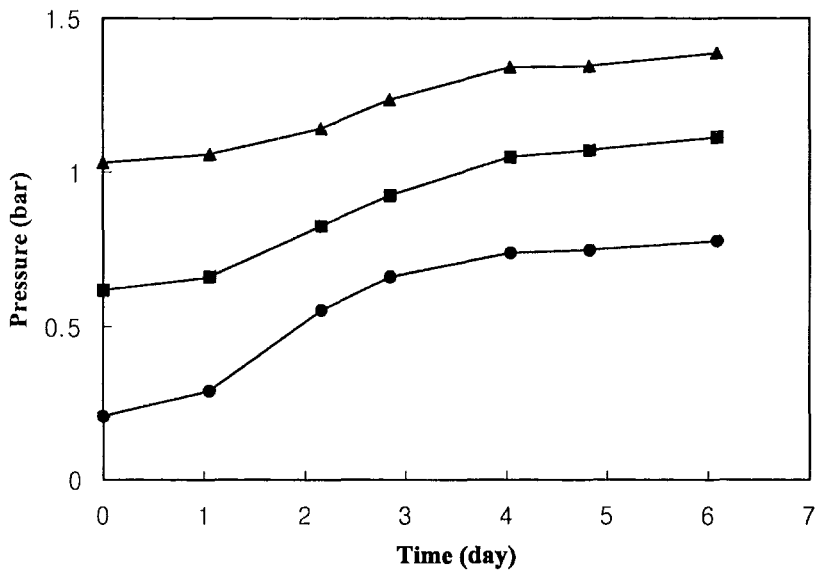


Fig. 5-6. Pressure history of *kimchi* jar packages with different degrees of initial vacuumization at 15°C. ▲: Control of normal atmosphere; ■: 40% vacuum; ●: 80% vacuum.

사용하면, 저장의 전과정중의 포장내 압력발생을 완화시키는 데 긍정적으로 기여할 수 있을 것으로 생각되어, 계속적으로 다음 장에서 연구하였다.

## 제 4 절 결 론

병포장 김치를 충전량과 진공도를 다르게 포장하고 15°C에서 저장하면서 pH, 총산, 이산화탄소 발생을 측정하였다. 부피 950 mL의 병에 충전 포장된 김치에서 총산 0.4% 이하의 발효초기에는 충전량이 작을수록 pH가 낮고 총산이 높아서 김치발효가 약간 빨랐으나, 그 이후에는 pH, 총산 모두에서 비슷한 수준을 보였다. 김치로부터의 단위중량기준 CO<sub>2</sub> 생산은 충전량 300g 단위가 유의하게 빨랐으나, 500g 충전과 700g 충전은 서로간에 뚜렷한 유의성있는 차이를 보이지는 않았다. 일반적인 충전량이 950 mL 용기에 600g 이상임을 고려한다면 현실적인 포장조건에서의 충전량이 CO<sub>2</sub> 생산속도에 미치는 영향은 크지 않을 것으로 평가되었다.

1 L 유리병 용기에 600g 단위로 포장된 김치에서 진공도가 낮을수록 CO<sub>2</sub>발생은 유의하게 높았고, pH와 총산의 변화에서는 낮은 진공도에서 약간 빨랐다. 높은 진공도 조건에서 CO<sub>2</sub> 발생이 크므로 압력상승이 상대적으로 크지만, 진공포장을 하면 저장 초기에 1기압 이하로 유지할 수 있는 이점으로 인하여 진공포장은 압력발생을 완화시킬 수 있는 좋은 보조수단이 될 수 있는 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 민태익, 권태완: 김치발효에 미치는 온도 및 식염농도의 영향. 한국식품과학회지, 16(4), 443-450 (1984)
2. Daniel, W.W.: *Biostatistics: a foundation for analysis in health sciences*. John Wiley & Sons, New York, p. 203(1978)

3. Lee, D.S., Kwon, H.R. and Ha, J.U.: Estimation of pressure and volume changes for packages of *kimchi*, a Korean fermented vegetable. *Packaging Technol. Sci.*, **10**, 15-32 (1997).
4. 신동화, 김문숙, 한지숙, 임대관, 박준명: 진공처리 병포장 김치의 저장조건별 성분과 미생물 변화. *한국식품과학회지*, **28**(1), 127-136 (1996)
5. 김순동, 윤영홍, 강명수, 박남숙: 깍두기의 숙성에 미치는 감압 및 Polyethylene Film 포장처리 효과. *한국식품영양과학회지*, **15**(1) 39-44 (1986)
6. 홍석인, 박노현, 구영조: 초기 진공조건이 유연포장김치의 품질변화에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **28**(1), 190-196 (1996)
7. Stiles, M.E.: Modified atmosphere packaging of meat, poultry and their products. In *Modified Atmosphere Packaging of Food*. Ooraikul, B. and Stiles, M.E. (eds.), Ellis Horwood, New York, pp. 118-147 (1991)
8. Lee, D.S. and Paik, H.D.: Use of a pinhole to develop an active packaging system for *kimchi*, a Korean fermented vegetable. *Packaging Technology and Science*, **10**, 33-43 (1997)



## 제 6 장 김치포장용 유연포장필름의 발굴

### 제 1 절 서 설

과거와는 달리 공장김치의 생산과 유통이 확대증가되면서 현대적인 유통환경하에 서 적용될 수 있는 김치의 포장개발이 필요하다. 김치는 저장 중 자신의 화학적 품질이 변화할 뿐만 아니라 발효에 의하여 생성되는 CO<sub>2</sub>에 의하여 강성용기의 경우 압력이 발생하고 유연포장의 경우 부피가 팽창하게 된다 (1). 이러한 압력발생이나 부피팽창은 소비자에게 수용될 수 없는 외관을 만들뿐만 아니라 심한 경우 용기의 누설이나 파손을 가져오게 된다. 따라서 이에 대한 해결방안을 다양하게 모색할 필요가 있으며, 이가 김치포장시스템 개발의 결정적 문제의 하나이다.

현재 시장에서 김치포장은 유연 플라스틱 봉지, 반강성 플라스틱 성형용기, 병 등으로 이루어지고 있다 (2). 플라스틱 유연포장으로서는 나일론이나 알미늄을 차단층으로 한 봉지 포장이 김치냄새의 외부 유출과 다양한 인쇄 등의 이점으로 인하여 사용되고 있다. 이런 봉지포장들은 보통 포장작업시에 진공포장으로 이루어지고 있다. 반강성 플라스틱 용기에서는 뚜껑 필름을 열접착시킨 폴리프로필렌 트레이 용기들이 사용되고 있다.

이러한 플라스틱 필름을 사용한 김치포장에서는 사용되는 필름이 충분한 기체투과도를 가진다면 포장의 부피팽창의 완화가 얻어질 수도 있을 것으로 생각된다. 그러나 이렇게 높은 기체투과도는 조건에 따라서 포장에서 산소와 질소의 유입을 초래하고, 이로 인해 오히려 포장의 부피팽창을 심화시킬 수 있는 가능성도 있는 것으로 앞의 제4장에서 분석된 바 있고, 실제적으로 박 등 (3)에 의하여 보고된 바도 있다. 그리고 종종 필름의 기계적인 특성이 충분한 기계적 강도를 제공하지 못할뿐아니라, 낮은 향기차단성으로 인하여 강한 김치 냄새를 외부로 유출시켜 슈퍼마켓 저장고 등

의 환경을 오염시키기도 한다 (4).

따라서 높은 CO<sub>2</sub> 투과도를 가지면서도 낮은 O<sub>2</sub> 투과도와 향기 투과도를 함께 갖고 우수한 기계적 성질을 가진 필름이 있다면 김치의 유연포장에 유용할 것으로 판단된다. 이에 본 장에서는 이러한 목적으로 사용될 수 있는 필름을 조사 선발하고 이의 김치포장에서의 적용성을 검토하고자 하였다.

김치는 시장조건에서 다양한 포장단위로 유통되고 있기 때문에 사용가능한 필름에 의한 김치포장에서 포장단위의 영향을 4개의 다른 저장온도에서 살펴보았다. 포장단위가 다르면 부피대 포장 표면적의 비가 달라지기 때문에 포장필름을 통한 기체 투과도의 양은 포장단위별로 달라질 것으로 생각된다. 김치는 비록 냉장조건에서 유통되는 것이 권장되지만, 실제적인 유통조건에서는 높은 온도에 노출되기도 한다. 따라서 투과성 김치포장에서 포장단위와 온도의 영향을 살펴보는 것이 선발된 포장필름의 적용범위를 결정하는 데 필요하여 이를 검토하였다.

## 제 2 절 재료 및 방법

### 1. 김치

진해식품(경남, 진해시)에서 생산된 김치를 제조직후에 구입하여 포장실험에 사용하였다. 염도계 (Model TM-301, Takemura Electric Work Ltd., 동경, 일본)에 의하여 측정된 김치의 염도는 2.5%였다.

### 2. 포장 및 저장

산소 투과도에 비하여 이산화탄소 투과도가 높은 필름으로서 Cryovac (Cryovac Division, Sealed Air Corporation, Duncan, SC, USA)에 의하여 최근에 개발된 무정형 나일론 적층 필름인 P71197 필름이 김치의 유연포장에 현실적으로 효과적으로

적용될 수 있을 것으로 판단되어서 사용하였다. 이 P71197 필름이 김치포장에서 갖는 효과를 확인하기 위하여 서로 다른 포장 필름으로 500g의 김치를 포장하고 13°C에서 저장하면서 부피변화와 일반적인 포장의 성상을 측정 평가하였다. 원래 이 필름은 CO<sub>2</sub>를 발생하는 원두커피의 포장용으로 개발되었으며, 산소투과도에 비해서 비교적 높은 이산화탄소 투과도를 갖는 것으로 알려져 있다. Table 1에서는 제조업체에 의해서 제시된 산소 및 이산화탄소의 투과도를 보여주고 있다. 이와 함께 비교된 포장재로서는 두께 60 μm의 저밀도 폴리에틸렌 (LDPE), 두께 99 μm의 알루미늄 적층 필름 (polyethylene terephthalate 12 μm/polyethylene 20 μm/aluminium 7 μm/linear low density polyethylene 60 μm, PET/PE/Al/LLDPE, 기린화학, 김해), 두께 80 μm의 nylon/폴리에틸렌 적층필름 (nylon 60 μm/PE 20 μm, nylon/PE, 기린화학, 김해) 등이었다. 위에서 열거된 4가지의 필름을 14.7×21.5cm 크기로 파우치 형태로 만든 다음 500g의 김치를 충전하고 진공 포장하고 13°C에 저장하였다.

또 달리 P71197의 적용 가능한 조건을 알아보기 위한 실험에서는 포장단위로 80g, 500g, 1 kg, 3 kg 의 김치를 각각 8.7×12.0 cm, 14.7×21.5cm 18.5×28.0cm, 29.7×33.0 cm 크기로 만들어진 포장 필름봉지에 담고 진공포장을 행하였다. 충전과 밀봉의 온도는 10°C이었다. 이렇게 제조된 포장을 30°C, 22°C, 13°C 및 5°C에서 저장하면서, 부피, 포장내 기체조성, pH, 총산의 변화를 측정하였다. 시간별로 포장 김치를 꺼내어 실험에 사용하였고 80g과 500g의 단위는 3반복으로 실험하였고, 1 kg과 3 kg 단위는 2반복의 평균값으로 측정결과를 나타내었다.

### 3. 포장부피의 측정

작은 중량단위의 포장에 대해서 부피의 측정은 메스실린더에 물을 채우고 포장된 김치를 물 속에 넣어 증가되는 물의 부피를 얻어 포장 김치의 부피로 결정하였다. 3 kg 단위의 포장에 대해서는 11 L의 용기에 물을 가득 담고 포장된 김치를 물 속에 넣었을 때 넘치는 물의 부피를 측정하여 포장의 부피로 결정하였다. 측정된 포장의

Table 6-1. Gas permeability of P71197 film for different humidity conditions at 25°C

Relative Humidity	Gas permeability (mL m <sup>2</sup> day <sup>-1</sup> atm <sup>-1</sup> )	
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
0%	417.4	1523.3
50%	112.0	959.7
100%	409.3	2613.3

부피로부터 초기 포장의 부피를 빼서 증가된 포장의 부피를 얻고, 이를 김치의 무게로 나누어서 단위 무게당 증가된 부피(mL/g)를 구하였다.

#### 4. 포장내 기체조성의 측정

김치 포장내 헤드스페이스의 기체 시료 1 mL를 gas tight syringe로 취하여 Alltech CTR I column (Alltech Associates, Inc., Deerfield, IL, USA)과 TCD detector가 장착된 Hitachi Model 163 기체크로마토그래프 (Hitachi Ltd, Tokyo, Japan)로 CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>의 농도를 분석하였다. 분석조건으로 column 온도는 40°C, injection 온도는 70°C, detector 온도는 90°C로 유지하였고 운반기체(carrier gas)로는 헬륨을 30 mL/min의 유량으로 흐르게 하였다.

#### 5. 총산 및 pH의 측정

김치의 총산은 김치 액즙 약 10g을 취해 증류수를 가하여 100 mL로 만든 후 Orion Model 520A pH Meter (Orion Research Inc., Boston, USA)로 pH 8.1이 될 때까지 0.1N NaOH로 적정해서 그 적정치를 젯산으로 환산하여 백분율로 표시하였다. pH는 김치액즙에 대하여 Orion Model 520A pH Meter (Orion Research Inc., Boston, USA)로 측정하였다.

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 포장의 부피 변화

Fig. 6-1에서 보듯이 현재 쓰이고 있는 Al 적층 필름이나 nylon/PE 필름은 13°C에서 상당히 많은 부피 팽창을 보여주고 있다. 이와 반면에 LDPE 포장은 작은 부피 변화를 보이고, 고 CO<sub>2</sub> 투과도를 갖는 부정형 나일론 적층 필름 P71197의 포장은

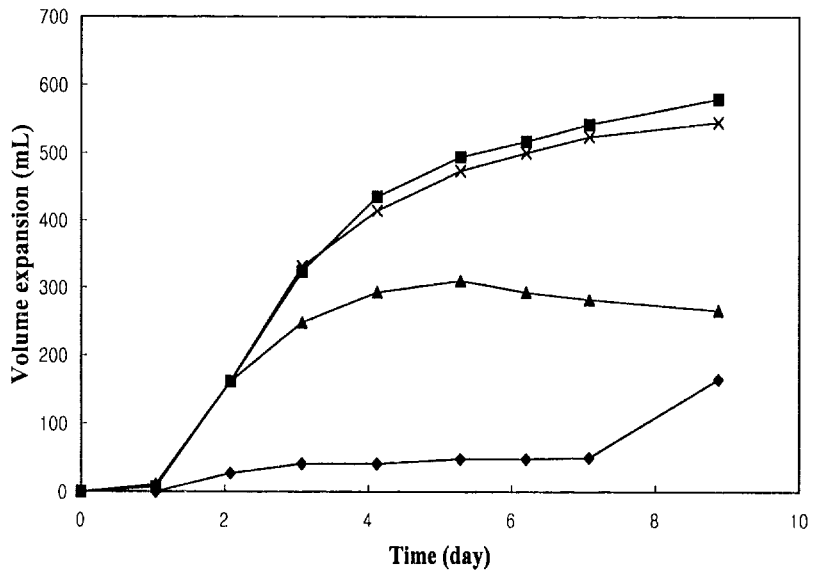


Fig. 6-1. Effect of packaging material on the volume change of 500g *kimchi* package at 15°C. ◆ : LDPE; ■ : Al laminated film; ▲ : P71197 ; x : Nylon/PE

LDPE포장보다는 크지만 AI 적층필름과 nylon/PE의 포장보다는 훨씬 작은 부피팽창을 보였다. 저장 초기에 P71197포장은 LDPE포장에 비교하여 큰 팽창을 보이거나 시간이 경과함에 따라 후반에 LDPE포장의 부피가 증가함에 따라 그 차이가 줄어들었다. 이러한 투과성 포장의 부피증가는 높은 산소와 질소의 투과도로 인하여 포장의 외부로부터 내부로의 이들 기체의 투과유입에 따른 것으로 앞의 제4장에서 분석된 바 있다. 비록 LDPE포장이 가장 낮은 부피팽창을 보이고 있었으나 이는 김치 냄새를 외부로 배출시키고 강도가 약한 점 등으로 인하여 김치포장에 사용되기에는 어려운 것으로 판단되었다. 한편 P71197 포장에서는 부피팽창도 비교적 허용 가능한 범위이고, 주위에 어떤 김치냄새도 느낄 수 없어서, 한정된 범위에서 사용된다면 김치포장에 이용 가능한 것으로 생각되었다. 따라서 김치포장재로서 새로운 가능성을 제시한 P71197필름의 적용 가능 범위를 보다 명확히 하기 위해 다양한 포장단위와 온도에서의 부피 팽창의 결과를 Fig. 6-2에 제시하였다.

여러 온도에서 저장된 P71197 필름의 김치포장의 부피변화를 총산 1.2%에 도달할 때까지 측정하였다. 이러한 실험 저장기간은 산패가 일어난 한계품질에 도달된 기간이며, 이 정도의 저장기간동안 부피변화가 문제되지 않으면 실제의 김치유통에서 이용될 수 있을 것으로 진제하였다. Fig. 6-2 에서는 네 실험온도에서의 P71197 포장의 부피변화를 단위 중량당 부피변화에 기준하여 나타내었다. 부피는 초기의 유도기 이후에 급속히 증가하여 최대에 도달한 후, 안정되거나 감소하는 경향을 보였다. 온도가 낮아지면 이러한 변화경향은 훨씬 약화된 것으로 나타났다. 이러한 부피변화의 경향은 김치로부터의 CO<sub>2</sub> 발생과 필름을 통한 기체투과의 상호작용에 의해 이루어졌을 것이다. 김치발효로부터의 CO<sub>2</sub> 생산은 총산 0.6%, 혹은 pH 4.0부근에 이르기까지는 빠르고, 그 이후에는 늦어지는 것으로 보고된 바 있다 (1,5~6). 이러한 최대 부피의 시점은 Fig. 6-3과 비교할 때 총산이 0.6%보다 약간 높은 시점과 비교적 일치하고 있다. 전체적으로 온도가 높고 포장단위가 클수록 부피팽창이 컸다. 부피팽창이 1.2 mL/g이상에 이르면 극심한 팽창과 파손이 일어났고, 1 kg과 3 kg 단위의 포장이

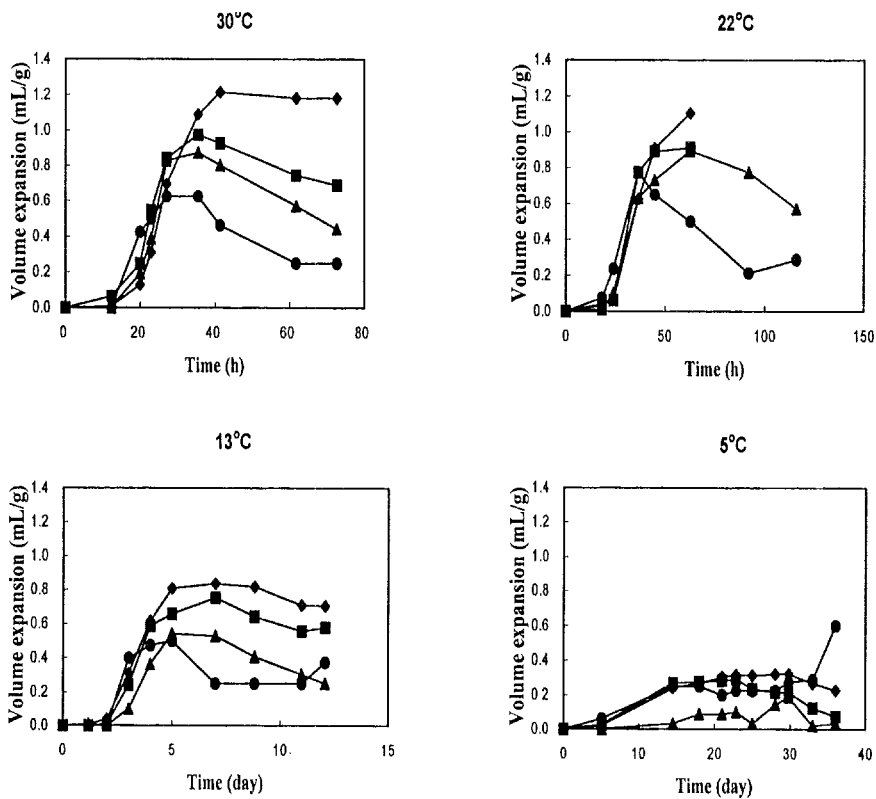


Fig. 6-2. Effect of package size on the volume change of P71197 kimchi package  
 ◆: 3 kg; ■: 1 kg; ▲: 500g; ●: 80g.



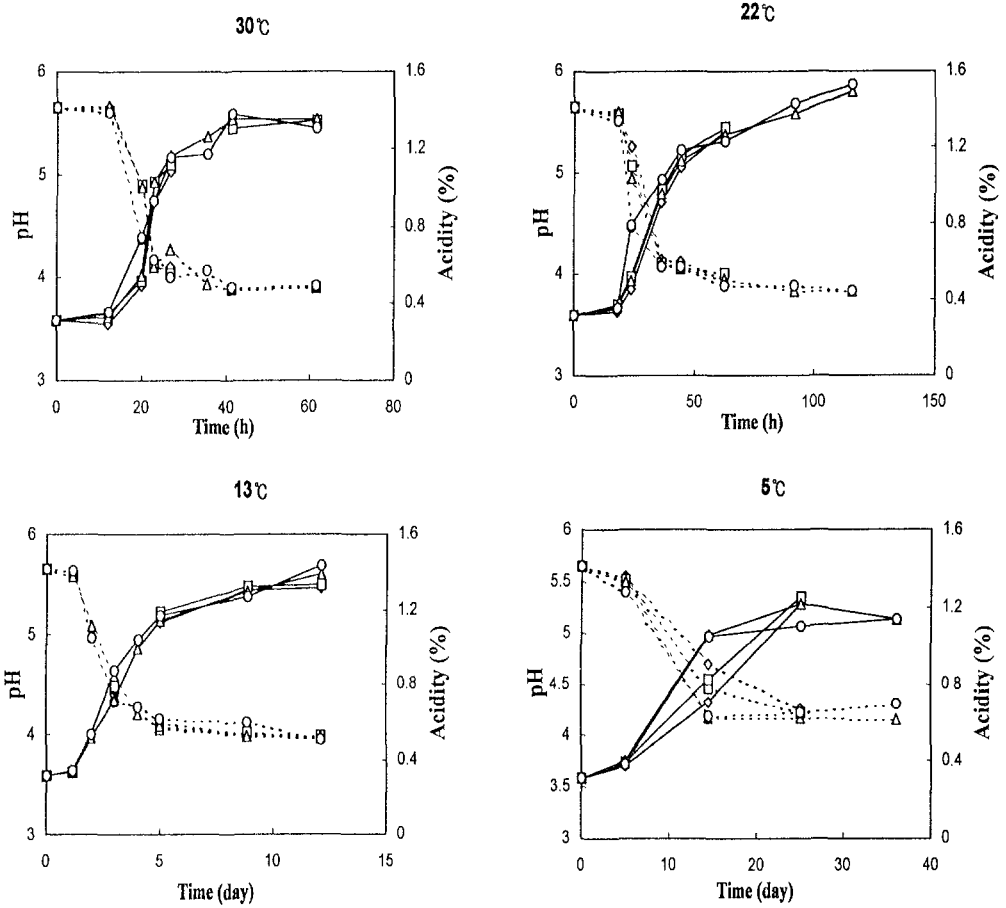


Fig. 6-3. Effect of package size on the fermentation progress of *kimchi* at 13°C  
 Solid and dotted lines are for acidity and pH, respectively. ◇: 3 kg; □  
 1 kg; △: 500g; ○: 80g.

22℃에서 63~92일 사이에 이러한 현상을 나타내어서 그 이후의 저장에서 측정이 불가능하였다. 투과성 포장에서 높은 온도에서 부피팽창이 크다는 사실은 김치로부터의 CO<sub>2</sub> 생산이 필름을 통한 기체투과보다 훨씬 온도에 민감하다는 것을 의미한다. 김치로부터의 CO<sub>2</sub> 생산은 86.8~110.1 kJ/mol의 활성화에너지를 갖는 반면에 (1), 플라스틱 필름을 통한 기체투과의 활성화에너지는 20.0~60.0 kJ/mol으로 알려져 있다 (7,8).

그리고 포장단위가 작을수록 부피팽창이 작은 현상은 Table 6-2에서 보여주는 바와 같이 표면적의 비율의 차이에 의한 것으로 분석된다. 그러나 이러한 포장단위간의 차이는 저온으로 가면 작아지고 있으며, 5℃에서는 거의 무시할 정도였다 (Fig. 6-2). 저온에서 낮아진 CO<sub>2</sub> 생산속도는 부피팽창에 미치는 포장단위의 영향을 감소시키고 있다.

육안으로 관찰한 결과로 볼 때, 부피팽창이 0.8 mL/g이하이면 별다른 문제가 없는 것으로 판단되었으며, 이러한 기준으로 허용 가능한 범위를 파악하고자 하였다. 80g의 포장단위는 5~30℃의 온도범위에서 부피팽창의 문제없이 저장 유통될 수 있는 것으로 평가되었다. 그러나 500g 포장은 13℃이하에서만 저장될 수 있었다. 5℃에서는 모든 포장단위가 한 달의 유통기한 동안 부피팽창의 문제가 발생되지 않았다. 따라서 위의 실험에서의 부피팽창 양상을 보면 모든 조건에서 공통적으로 발효 초기에 급격한 팽창을 보이고 그 후에 완만해지거나 오히려 감소하는 경향을 보이며, 현실적으로 이용가능한 포장단위와 저장온도의 범위가 제시되었다.

## 2. pH 및 총산의 변화

Fig. 6-3에서는 여러 온도에서 각 포장단위 김치의 pH와 총산의 변화를 보여주고 있다. 모든 온도에서 pH와 총산의 변화는 초기 저장기간 동안에는 큰 변화가 없다가, 그 이후 급격히 변화한 후에 일정한 값에 머물고 있었다. 발효중에 김치액의 pH가 감소하는 현상은 발효가 진행됨에 따라 유기산이 생성이 증가하기 때문이지만,

Table 6-2. Dimensions of commercial *kimchi* packages used in the experiment

Fill weight	Dimension (cm x cm)	Surface area (cm <sup>2</sup> )	Area/weight ratio (cm <sup>2</sup> /g)
80 g	8.7 x 12.0	208.8	2.61
500 g	14.7 x 21.5	632.1	1.26
1 kg	18.5 x 28.0	1036.0	1.04
3 kg	29.7 x 33.0	1960.2	0.65

초기에 pH가 어느 기간 동안 일정한 현상은 김치액 자체의 완충작용 때문으로 생각되며, 저장 말기에 pH의 변화가 완만하게 되는 것은 발효에 관여하는 미생물이 사멸기에 접어들어 유기산 생산량이 줄어든 것에 따른 것으로 여겨진다. 그리고 온도가 높을수록 빠른 pH의 변화를 나타내었으며, 이는 고온에서 높은 유산균의 증식과 연관된다. 총산의 변화도 이러한 유기산의 생성 패턴과 직접적인 관계에 의한 것으로 해석할 수 있다. 이러한 총산과 pH의 변화 현상은 여러 연구자 (9~13)의 보고에서도 확인된 바 있다.

pH와 총산의 변화에서 포장단위의 영향을 보면 대체적으로 저장초기에 소포장에서 그 변화가 빨랐으며, 특히 80g 단위의 포장에서 이러한 경향은 뚜렷하게 나타났다 (Fig. 6-3). 앞의 제5장에서처럼 충전율이 작게 포장된 김치에서 pH와 총산 변화가 약간 빨랐음이 보고된 바 있으나 (14), 이 원인에 대해서는 아직 뚜렷이 설명되지 못한 형편이며 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다. 아무튼 소포장 김치에서 초기의 빠른 발효속도는 Fig. 6-2에 나타난 초기의 빠른 부피증가에도 약간의 영향을 주었을 것으로 생각된다.

### 3. 포장내 기체조성의 변화

Fig. 6-4~Fig6-6에서는 30℃, 22℃, 13℃에 저장된 김치포장의 기체조성 변화를 보여주고 있다. 저장 전에 진공포장된 관계로 인하여 초기 기체조성의 측정은 불가능하였다. 세 온도 모두에서의 포장 기체조성의 변화경향은 비슷하였다. 전반적인 경향으로 볼 때, CO<sub>2</sub> 농도는 초기에 증가하여 최대치에 도달한 다음 서서히 감소하였고, N<sub>2</sub>농도는 이와는 반대의 경향을 보였다. O<sub>2</sub> 농도는 시간에 따라 약간 증가되는 경향이였다. 포장단위가 작아질수록 이러한 변화경향은 더욱 분명하였다. 대체적으로 CO<sub>2</sub> 농도가 최대인 시점이 부피가 최대인 시점과 일치하였다 (Fig. 6-2). 이로 볼 때, 이 때의 부피팽창은 김치발효로부터 유래된 CO<sub>2</sub> 가스로 인하며, 이는 다시 포장내 O<sub>2</sub> 농도를 감소시키는 역할을 한 것으로 생각된다. 이 시점을 경계로 하여 미생물

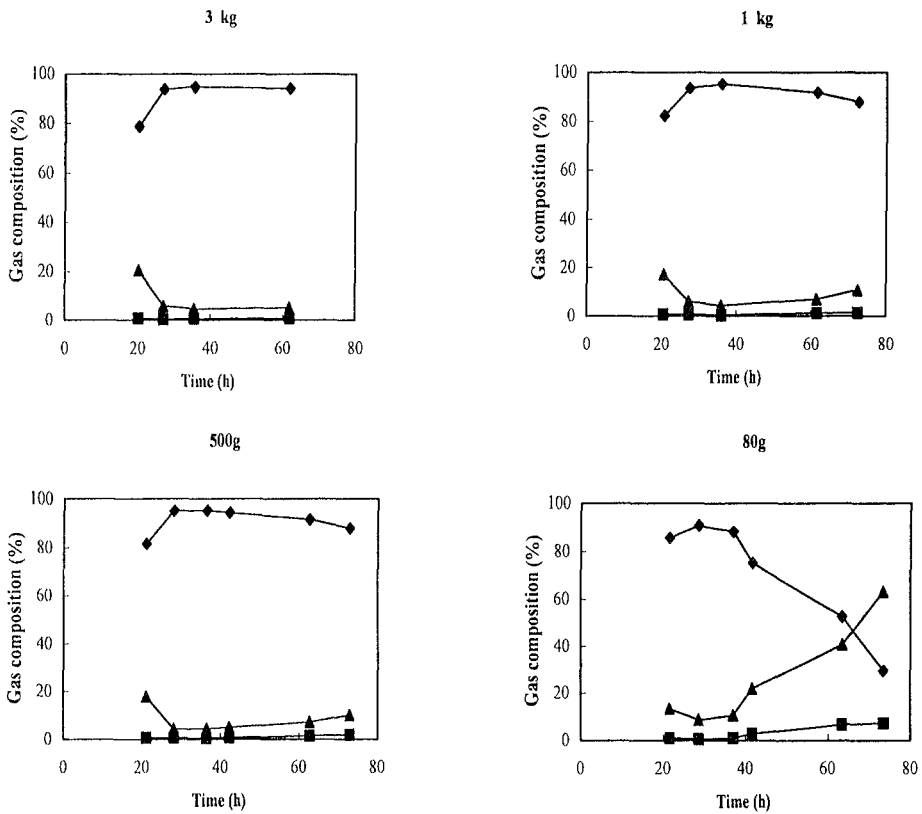


Fig. 6-4. Changes in gas compositions of different size *kimchi* packages stored at 30°C. ◆: CO<sub>2</sub>; ■: O<sub>2</sub>; ▲: N<sub>2</sub>.

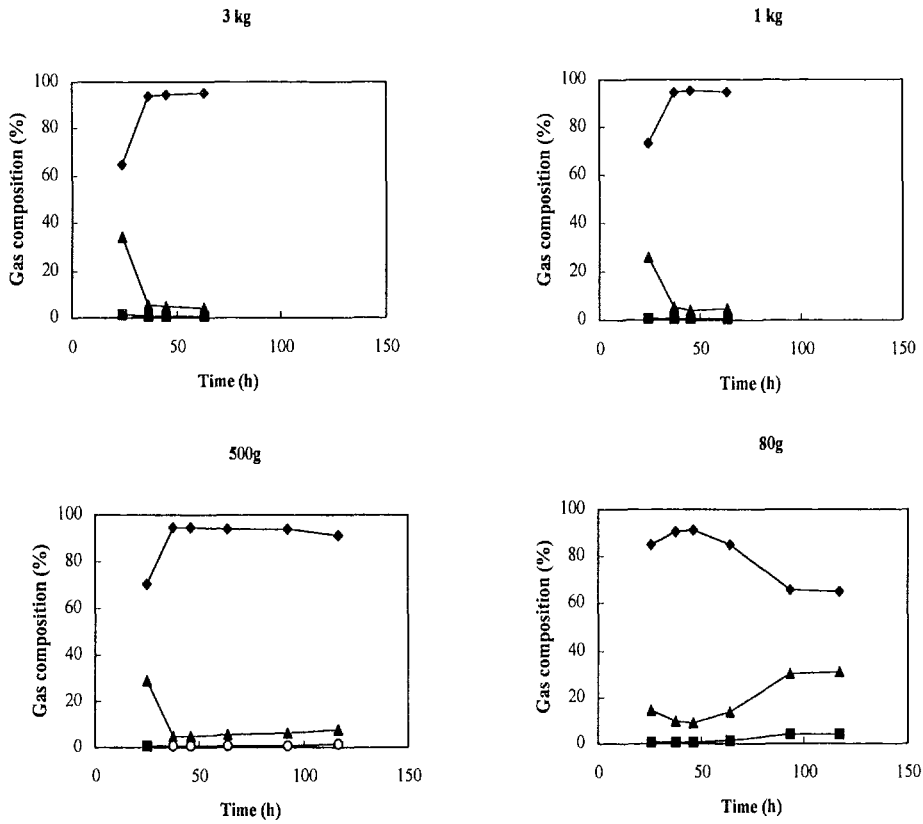


Fig. 6-5. Changes in gas compositions of different size *kimchi* packages stored at 22°C. ◆: CO<sub>2</sub>; ■: O<sub>2</sub>; ▲: N<sub>2</sub>.

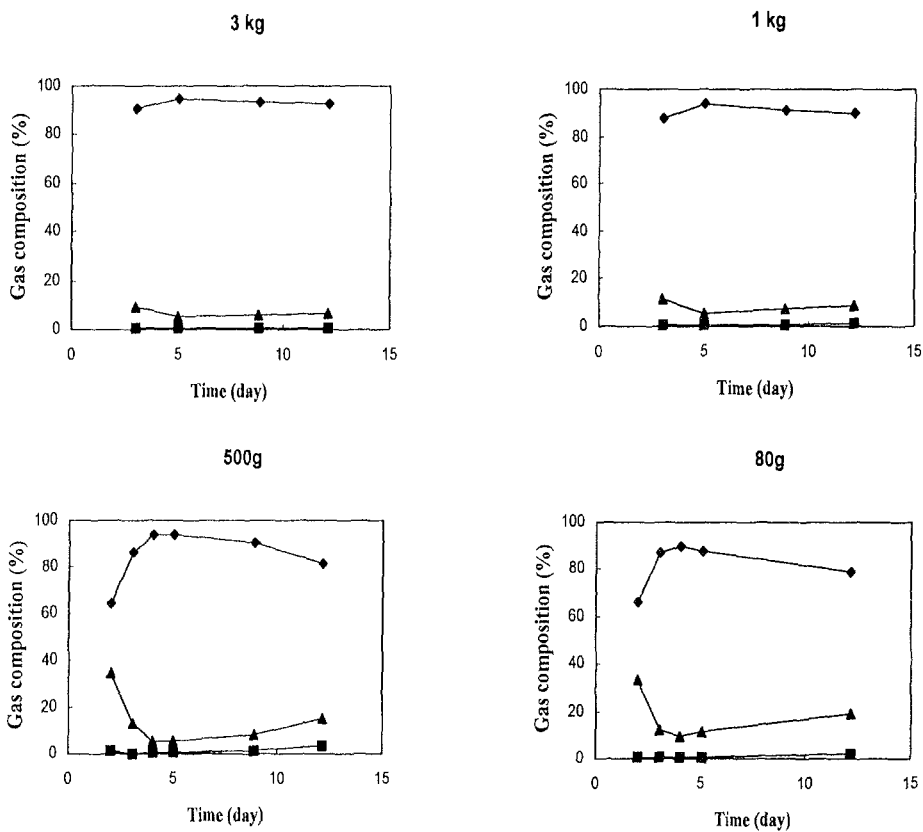


Fig. 6-6. Changes in gas compositions of different size *kimchi* packages stored at 13°C. ◆: CO<sub>2</sub>; ■: O<sub>2</sub>; ▲: N<sub>2</sub>.

균집의 변화로 인하여 CO<sub>2</sub> 생산은 고속의 1단계로부터 저속의 2단계로 전이되는 것으로 분석된다 (1,5,6). 이 시점 이후에는 포장밖으로의 CO<sub>2</sub> 유출속도가 그 생산속도를 앞지르고, O<sub>2</sub>와 N<sub>2</sub>가 포장내외의 농도 구배로 인하여 외부로부터 필름을 통하여 유입되는 것으로 추측된다.

포장단위가 클수록 포장내 기체조성은 높은 CO<sub>2</sub> 농도를 유지하였고, 이는 큰 부피의 팽창을 야기하게 되었다 (Fig. 6-2). 이러한 포장단위에 따른 기체조성의 차이는 무게대비 표면적비의 차이에 유래한다 (Table 6-2). 소규모 포장에서 표면적비가 크기 때문에 필름을 통한 기체투과가 기체조성변화에 미치는 영향이 증가되고, 이로 인하여 기체조성의 변화는 보다 동적으로 변하게 되는 것으로 추정된다.

하지만 5°C에서는 김치포장의 기체조성은 13~30°C에 저장된 김치포장과는 다른 경향을 보여주었으며, 이는 500g 포장의 기체조성에 미치는 온도의 영향을 나타낸 Fig. 6-7에서 확인된다. 5°C에 저장된 김치 포장은 CO<sub>2</sub> 농도가 지속적으로 감소하고, N<sub>2</sub> 농도는 지속적으로 증가하였으며, O<sub>2</sub> 농도는 큰 변화를 보이지 않았다. 저온에서는 CO<sub>2</sub> 생산이 너무 미약하여 부피팽창도 작고, CO<sub>2</sub> 농도도 낮은 것으로 판단된다. 비교적 낮은 CO<sub>2</sub> 발생속도가 그 투과에 비해 현저히 작기 때문에 CO<sub>2</sub> 농도의 감소를 이룬 것으로 보인다.

고온에서 포장내 CO<sub>2</sub> 농도가 높은 현상은 포장 필름의 기체투과의 온도의존성 보다 CO<sub>2</sub> 발생의 온도의존성이 높은 것에 기인하며 (1, 7, 8), 이는 고온에서 큰 부피 팽창을 야기하는 것과 같은 이유이다 (Fig. 6-2). 하지만 포장단위 및 온도의 변화가 발효되는 김치의 유산균총의 변화를 야기할 수 있으며, 이가 포장내 기체조성 및 포장부피의 변화에 또한 영향을 미칠 것으로 분석된다. Lee와 Paik (15)은 김치포장내 기체조성의 변화가 김치의 미생물군에 영향을 미칠 수 있음을 보고한 바 있다. 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요한 것으로 생각된다.

결론적으로 본 연구에서는 고 CO<sub>2</sub>투과도 필름인 P71197에 대해서 적용가능한 포장단위와 저장온도의 범위가 제시되었으며, 이로부터 적절한 포장 및 저장조건의 변



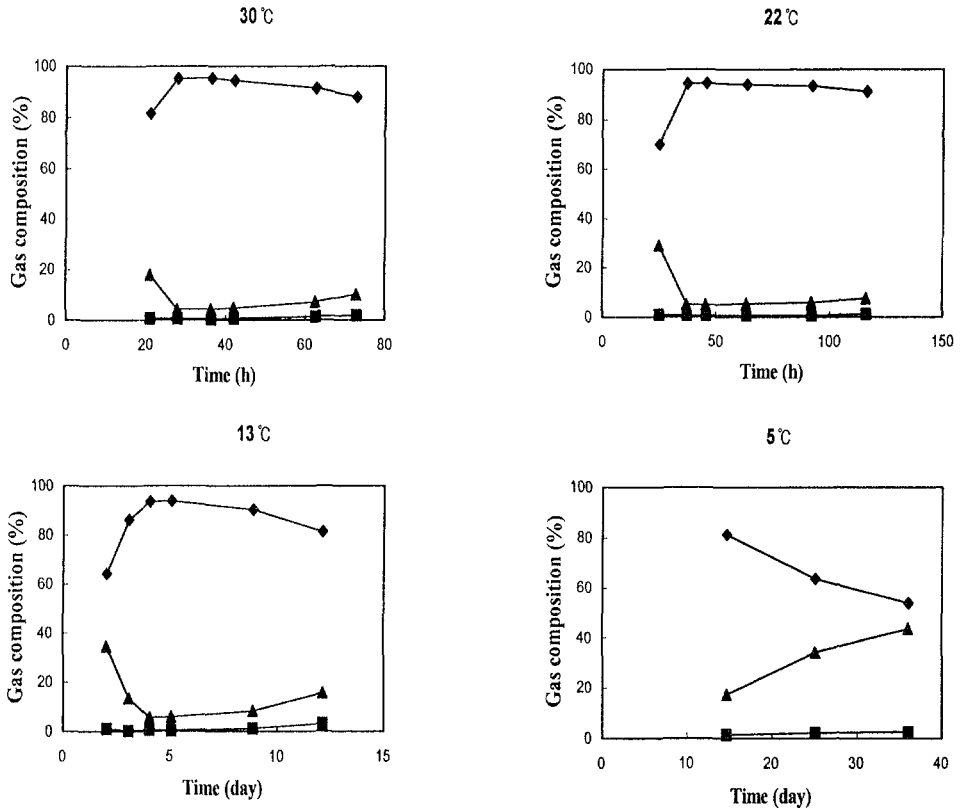


Fig. 6-7. Changes in gas compositions of 500g *kimchi* package stored at different temperatures. ◆: CO<sub>2</sub> ; ■: O<sub>2</sub> ; ▲: N<sub>2</sub>

수를 제어함에 의해서 투과성 김치포장의 유통을 가능하게 할 수 있을 것으로 생각된다.

## 제 4 절 결 론

높은 이산화탄소 투과도를 갖는 무정형 나일론 적층필름인 P71197이 김치의 유연 포장에서 김치발효시 생성되는 CO<sub>2</sub>의 효과적인 방출과 N<sub>2</sub> 및 O<sub>2</sub>로 이루어진 외부 기체의 유입을 최소화함으로써 부피팽창을 방지하는 효과를 기대할 수 있어서 이의 김치포장에서의 적용가능성을 실험적으로 평가하였다. 염도 2.5%의 김치를 3 kg, 1 kg, 500g, 80g 단위로 포장하여 30℃, 22℃, 13℃, 5℃에서 저장하면서 포장 부피, 포장내 기체조성, pH, 총산의 변화를 측정함에 의하여 그 적용성을 평가하고 가능한 이용범위를 제시하고자 하였다. 포장단위가 클수록 무게대비 표면적 비율이 낮음으로 단위 중량당 부피팽창이 컸으며, 80g의 경우는 모든 온도에서 큰 부피 팽창이 발생하지 않았고, 500g의 경우 13℃이하의 온도에서 비교적 부피팽창이 작아서 현실적인 유통에 적합한 것으로 나타났다. 1 kg과 3 kg 단위는 5℃를 제외한 모든 온도에서 상당한 부피 팽창을 보였다. 모든 조건에서 공통적으로 발효 초기에 급격한 팽창을 보이고, 그 이후에 완만해지거나 감소하는 경향을 보였다. 포장내 기체조성의 경우 3 kg 및 1 kg 단위의 포장에서는 CO<sub>2</sub>가 계속 높게 유지되었고, 500g과 80g의 포장에서는 저장기간이 오래 경과함에 따라 CO<sub>2</sub> 농도가 감소하는 경향이 보였다. pH와 총산도로 대표되는 발효진행속도에 있어서는 포장 단위간에 큰 차이를 보이지 않았지만, 소포장의 경우가 약간 빨랐으며, 특히 80g 단위의 경우 다른 포장단위에서 보다 빨랐다. 따라서 이산화탄소 투과도가 높은 무정형 나일론 적층필름을 사용함에 의하여 작은 포장단위의 김치를 비교적 저온에 유통하는 경우에 현실적으로 큰 부피 팽창 없이 이용할 수 있고, 외부로의 냄새등의 유출문제는 없었다.

## 참 고 문 헌

1. Lee, D.S., Kwon, H.R. and Ha, J.U.: Estimation of pressure and volume changes for packages of *kimchi*, a Korean fermented vegetable. *Packaging Technology & Science*, **10**(1), 15-32 (1997)
2. Hong S.I. and Park W.S.: Development of color indicators for *kimchi* packaging. *J. Food Sci.* 1999; **64**: 255-257.
3. 박우포, 안덕순, 이동선: 포기김치와 맛김치의 온도별 품질특성 비교. 한국식품과학회지, **29**(4), 784-789 (1997)
4. 이양희, 양익환: 우리나라 김치의 포장과 저장방법에 관한 연구, 한국농화학회지 **13**(3), 207-218 (1970)
5. 이영진, 전계근: 김치발효 중 가스압력 변화와 압력측정 시스템의 개발. 한국식품과학회지, **22**(6), 686-689 (1990)
6. 천종희, 이해수: 김치의 휘발산 유기산과 이산화탄소에 관한 연구. 한국식품과학회지, **8**(2), 90-94 (1976)
7. Exama, A., Arul, J., Leneki, 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)
8. Yasuda, H. and Stannett, V.: Permeability coefficient. In: *Polymer Handbook*, Brandrup, J. and Immergut, E.H. (eds.), John Wiley & Sons, New York, pp.III-229- II-240 (1975)
9. 최신양, 김영봉, 유진영, 이인선, 정건섭, 구영조: 김치제조시 온도 및 염농도에 따른 저장효과. 한국식품과학회지, **22**(6), 707-710 (1990)
10. 구경형, 강근욱, 김우정: 김치의 발효과정중 품질변화. 한국식품과학회지, **20**(6), 476-482 (1988)

11. 박우포, 김재욱: 소금농도가 김치 발효에 미치는 영향. 한국농화학회지, 34(3), 295-297 (1991)
12. 박우포, 김재욱: 조미료, 젓갈등이 김치 발효에 미치는 영향. 한국농화학회지, 34(3), 242-248 (1991)
13. 박우포, 김재욱: 향신료가 김치 발효에 미치는 영향. 한국농화학회지, 34(3), 235-241 (1991)
14. 홍석인, 박진숙, 박노현: 충전율에 따른 포장김치의 품질변화. 한국식품과학회지, 26(5), 590-595 (1994)
15. Lee, D.S. and Paik, H.D.: Use of a pinhole to develop an active packaging system for *kimchi*, a Korean fermented vegetable. *Packaging Technol. Sci.*, 10, 33-43 (1997)

# 제 7 장 김치포장용 물리적 이산화탄소 흡수 포장소재의 개발

## 제 1 절 서 설

앞장에서 이미 언급된 바와 같이 김치포장에서 압력발생과 부피팽창을 최소화하기 위한 여러 시도가 있어왔다. 이산화탄소 흡수제인  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 가 일부 김치 포장내에 부착되어 사용되고 있으나 이는 김치포장의 헤드스페이스 내에 있는 이산화탄소를 비가역적으로 제거하기 때문에 헤드스페이스와 김치 액즙에서 이산화탄소를 고갈시키게 된다. 이로 인해 김치에서는 액즙에 녹아있는 이산화탄소 (탄산가스)로 인한 시원한 맛을 느낄 수 없는 단점을 유발시킨다 (1). 김치 액즙에 녹아있는 이산화탄소는 김치에 독특한 산뜻한 맛을 주는 역할을 한다 (2-4). 본 연구의 제 8 장에서 다루는 핀홀을 통한 통기조절 포장이 병포장과 같은 강성 포장에서는 적절한 이산화탄소 축적과 함께 압력발생의 문제를 완화시킬 수 있는 하나의 방안이 되겠지만 유연포장에서는 액즙의 유출 문제 등으로 제한이 따른다 (4).

그러므로 가역적인 이산화탄소 흡수제가 김치포장의 헤드스페이스와 김치액즙에 적절한 수준의 이산화탄소를 유지하면서 김치포장내의 부피팽창이나 압력발생을 완화시킬 수 있는 하나의 방안이 될 수 있을 것으로 평가된다. 본장에서는 김치포장에 사용될 수 있는 물리적인 이산화탄소 흡수제를 발굴하고 이의 적용조건을 연구하였다.

## 제 2 절 재료 및 방법

### 1. 기체 흡착 소재

이산화탄소의 물리적인 흡착제로서 제올라이트 (8-12 mesh)와 활성탄은 각각 Wako

純藥工業 (오사카, 일본)과 Junsei 화학 (동경, 일본)의 제품을 사용하였다. 화학적 흡수제로서  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 는 덕산약품공업 (용인)의 것을 사용하였다. 기체 흡착보조제로서 철 계통 산소 흡수제와 실리카겔은 태풍겔 (주) (김포)의  $\text{O}_2$  Zero를 사용하였다.

## 2. 이산화탄소 흡수 능력의 측정

여러 가지 기체 흡착제를  $15^\circ\text{C}$ 에서 정적법 (5)에 의하여 측정하였다. 각 기체 흡착제는 크기  $5 \times 5\text{cm}$ 의 플라스틱 필름 봉지로 포장된 다음 1 L 유리병 내부에 부착하였다. 수분이 많은 김치의 포장조건을 닮게 하기 위하여 유리병에는 미리 100 mL의 물을 담아두었다. 기체 흡수제의 봉지를 만드는 데 사용된 플라스틱 필름으로는 두께  $10\mu\text{m}$ 의 고밀도 폴리에틸렌 (HDPE, 크린랩, 부산), 두께  $20\mu\text{m}$ 의 폴리올레핀 (PD 941, Cryovac Division, Sealed Air Corporation, Duncan, SC, USA)와 부직포로 된 HDPE 필름(Tyvek 1059B, 두께  $167\mu\text{m}$ , Du Pont de Nemours and Company, Wilmington, Delaware, USA)를 사용하였다. 봉지 필름의 이산화탄소 투과도의 측정은  $15^\circ\text{C}$ 에서 Karel 등 (6)의 준동압 방법을 사용하였다. 필름의 수증기 투과도는 크기  $5 \times 5 \text{ cm}$ 로 된 각 플라스틱 필름 봉지에 7g의 silicagel를 밀봉시키고 100%의 상대습도 조건에 두어서 얻어진 무게증가의 기울기로부터 계산하였다.

300 mL (약 550 mg)의 순수한 이산화탄소를 실리콘 샘플링 밀봉구를 통하여 기밀성 주사기로 밀봉된 1 L 병내부로 주입하였다. 또다른 300 mL의 이산화탄소를 같은 방법으로 3~5일 후에 주입하였다. 이러한 조건은 김치포장에서의 실제적인 이산화탄소 발생을 모사시킨 것이다. 앞에서 언급한 대로 100 mL의 물은 김치포장내에서 이루어지는 포화습도의 조건을 닮도록 미리 담겨져 있었다. 이렇게 주입된 1,100 mg의 이산화탄소는  $15^\circ\text{C}$ 에서 600g의 김치에 의해 5일동안 생산된 양과 동일하다 (7). 헤드스페이스에서의 이산화탄소의 농도는 Alltech CTR I column (Alltech Associate Inc., Deerfield, IL USA)을 장착시킨 기체크로마토그래프 (Hitachi 163, Hitachi Ltd, Tokyo, Japan)에 의하여 측정되었다. 유리병의 기밀성은 이산화탄소 흡

수제를 넣지 않은 대조구 병 속에서 이산화탄소 농도를 측정함에 의하여 확인하였다.

흡착제에 의해 흡수된 이산화탄소는 주입된 이산화탄소로부터 물에 녹아있는 양과 헤드스페이스에 잔존하는 양을 빼서 결정하였다. 물에 녹아있는 이산화탄소의 양,  $D_{CO_2}$  ( $mg\ mL^{-1}$ )은 헤드스페이스에서의 이산화탄소 분압,  $P_{CO_2}$  (bar)으로부터 헨리의 법칙을 사용하여 계산하였다 (식 (7-1)).

$$D_{CO_2} = k_{CO_2} P_{CO_2} \quad (7-1)$$

여기서  $k_{CO_2}$ 는 헨리 상수 ( $mg\ mL^{-1}\ bar^{-1}$ )이며,  $P_{CO_2}$ 는 헤드스페이스의 이산화탄소 농도,  $C_{CO_2}$  ( $mg\ mL^{-1}$ )로부터 이상기체상태방정식인 식 (7-2)를 이용하여 계산하였다.

$$P_{CO_2} = \frac{C_{CO_2} R T}{100000 M_{CO_2}} \quad (7-2)$$

여기서  $R$ 은 기체상수 ( $8.314\ J\ K^{-1}\ mol^{-1}$ )이고  $T$ 는 절대온도 (K)이고,  $M_{CO_2}$ 는 이산화탄소의 분자량 ( $0.044\ kg\ mol^{-1}$ )이다.

불에서 헨리의 상수  $k_{CO_2}$ 는 Rammert와 Paderson (8)에 의해 주어진 방정식 (7-3)에 의하여 온도  $\theta$  ( $^{\circ}C$ )와 이산화탄소 분압( $P_{CO_2}$ )의 함수로 계산된다.

$$k_{CO_2} = 3.36764 - 0.01004 P_{CO_2} - 0.12723 \theta + 2.8256 \times 10^{-3} \theta^2 - 3.3597 \times 10^{-5} \theta^3 + 1.5933 \times 10^{-7} \theta^4 \quad (7-3)$$

### 3. 김치의 제조

김치의 제조는 민과 권 (9)의 방법을 따랐다. 4 x 5 cm 크기로 절단한 배추를 염도 15%의 소금물에 5시간 동안 담그어 절인 다음 건져올렸다. 절인 배추를 2% 염도의 소금물로 씻은 다음 물을 빼고 부원료와 버무려서 김치를 담았다. 배합비는 절인 배추 100g 당 2g의 마늘, 2g의 파, 2g의 고춧가루, 0.5g의 생강을 하였고 최종 염도의 조절을 위해 절인 배추의 염도를 측정한 후에 물질수지의 관계를 이용하여 계산

된 약간의 소금을 첨가함에 의하여 김치의 최종 염도를 2.0~2.5%로 조절하였다. 염도의 측정은 염도계 (Model TM-301, Takemura Electric Work Ltd., 동경, 일본)에 의하여였다.

#### 4. 김치의 포장 및 저장

물리적인 기체흡착제가 김치의 포장에서 압력 및 부피의 증가를 억제할 수 있는지를 검증하기 위하여 유리병, 유연 플라스틱 파우치, 폴리프로필렌의 반강성 용기 등의 포장에서 실험하였다. 유리병 포장에서는 1 L의 병에 600g 단위로 염도 2.5%의 김치를 포장하였으며, 유연 플라스틱 파우치 포장으로는 14.7 x 21.5 cm 크기의 알미늄 적층 플라스틱 봉지에 500g 단위로 포장하였다. 이산화탄소 흡수를 위한 제올라이트 봉지는 5 x 5 cm의 HDPE 필름으로 밀봉하고 유리병 뚜껑의 하면이나 알미늄 적층 플라스틱 봉지의 내면에 부착시켰다. 포장을 15 °C에 저장하면서 그 압력과 부피를 측정하였다.

반강성 용기의 포장실험에서는 크기가 12.2 x 11.7 x 6.0 cm이고 부피 800 mL인 사각형 폴리프로필렌 (polypropylene, PP 평균적인 두께 239 $\mu$ m)용기에 담고 염도 2.5%의 김치 400g을 담은 다음 Al적층 포장재 (polyethylene terephthalate 12 $\mu$ m/polyethylene 20 $\mu$ m/aluminium 7 $\mu$ m/linear low density polyethylene 60 $\mu$ m), OPP/PE/CPP 적층포장 필름(oriented polypropylene 30 $\mu$ m/polyethylene 20 $\mu$ m/cast polypropylene 30 $\mu$ m)으로 상부층을 열접착에 의하여 밀봉하였다. 물리적 흡착제를 장착한 처리구에서는 제올라이트 4.7g과 silicagel 1.3g을 담은 HDPE 봉지(크기 4.5 x 4.5 cm)를 상면 필름에 접착제를 이용하여 장착시켰다. 15°C에서 저장하면서 포장내의 기체조성과 부피변화를 측정하였다.

그리고 별도로 진공조건과 기체흡착제의 병용조건을 실험하였다. 유리병 포장에서의 적용 실험에서는 염도 2.3%의 김치를 700g 씩 1 L의 유리병에 담은 다음 0.26 bar부근으로 진공포장을 행하였다. 포장내에는 제올라이트 8g과 silicagel 2g을 10 $\mu$ m



두께의 4.5 x 5.5 cm인 고밀도폴리에틸렌 (high density polyethylene, HDPE)봉지에 밀봉한 봉지를 장착시켰다. 비교를 위하여 상압에서 포장한 처리구와 단순히 진공포장한 유리병을 같은 15℃의 조건에서 저장하면서 헤드스페이스의 기체조성과 압력변화를 측정하였다. 반강성 폴리프로필렌 용기에서 진공과 기체흡착제의 병용을 검토한 실험에서는 위의 반강성 용기의 조건과 동일하면서 초기에 약간의 진공을 가하여 포장한 조건으로 실험하였다. 진공포장을 위하여서는 진공포장기(Model Mark-6TM, 한국전자공업, 부천시)에서 1초간 진공을 적용시켰다.

## 5. 분석항목 및 방법

포장을 파괴하지 않고 압력을 측정하기 위하여 5 cm 길이의 바늘을 Bourdon관형의 Ashcroft 압력계 (Ashcroft Instrument, Startford, CT, USA)에 실리콘으로 부착시키고 이를 병 뚜껑에 장치된 실리콘 밀봉구를 통하여 병 내부로 주입하였다. 파우치 포장의 부피는 포장을 불에 담을 때 증가되는 물의 부피를 측정함에 의하여 얻어졌다. 포장 부피의 측정에서 온도의 영향을 피하기 위하여 물의 온도는 포장의 온도와 동일하게 유지하였다. 포장내 기체조성으로서 질소, 산소, 이산화탄소의 농도를 측정하였는데, 이는 Alltech CTR I column (Alltech Associate Inc., Deerfield, IL USA)을 장착시킨 기체크로마토그래프 (Hitachi 163, Hitachi Ltd, Tokyo, Japan)에 의하여 측정되었다. 포장내 기체조성의 데이터로부터 질소, 산소 및 이산화탄소의 분압을 더하여 전체압력을 반강성 포장의 경우는 계산하였다.

김치의 총산은 김치 액즙 약 10g을 취해 증류수를 가하여 100 mL로 정용한후 Orion Model 520A pII Meter (Orion Research Inc., Boston, USA)로 pH8.1이 될 때까지 0.1N NaOH로 적정해서 그 적정치를 췌산으로 환산하여 백분율로 표시하였다. 김치액즙의 pII는 Orion Model 520A pH Meter (Orion Research Inc., Boston, USA)로 측정하였다.

## 제 3 절 결과 및 고찰

### 1. 물리적 이산화탄소 흡수제의 특성

Fig. 7-1에서는 제올라이트 기체흡착제와 물을 함께 함유한 유리병으로 주입된 이산화탄소에 대한 물질수지의 관계를 보여주고 있다. 초기에 헤드스페이스로 주입된 이산화탄소는 빨리 제올라이트 흡착제 봉지에 의하여 흡수되고 있었고, 이는 3.6일 후의 2차 주입후에서도 마찬가지였다. 이산화탄소는 물, 헤드스페이스, 제올라이트에 녹거나 분산되어 존재하며, 이 중에서 제올라이트에 의해서 흡수된 이산화탄소가 가장 많은 양을 차지하고 있었다. 이산화탄소의 흡수는 약 5일후에 최대에 도달한 후에 감소하였다. 5일후에 제올라이트와 헤드스페이스 공기 사이에 이산화탄소의 흡착평형이 이루어진 것으로 생각된다. 그러나 그 이후에 제올라이트에 흡수된 이산화탄소의 양은 감소하였는데, 이는 흡착제 봉지 필름을 투과한 수분이 제올라이트에 흡착됨에 따라 이전에 흡착되었던 이산화탄소가 역으로 탈착됨에 따른 것으로 분석된다. 수증기는 제올라이트에서의 흡착특성에 있어서 이산화탄소와 경쟁하여 우선적으로 흡착되고, 흡착되었던 이산화탄소를 방출시키는 것으로 알려져 있다 (10,11). 따라서 이로 인하여 헤드스페이스의 이산화탄소 농도는 증가하게 된다. 즉, 유효직경이 더 작은 수증기 분자 ( $<3\text{\AA}$ )는 유효직경  $3-4\text{\AA}$ 의 이산화탄소 분자에 비하여 선택적으로 제올라이트 공극에 흡착되게 된다 (5,11).

제올라이트에 흡착된 평형 이산화탄소의 양이 활성탄에 비하여 높은 것으로 나타났다 (Fig. 7-2A). 따라서 김치포장에서 이산화탄소 흡수의 목적으로 사용되는 흡착제로는 제올라이트가 보다 높은 가능성을 가진 것으로 보인다. 제올라이트를 화학적인 이산화탄소 흡수제인  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 와 비교하였을 때, 이는 오랜 저장시에 나타나는 흡착의 평형상태로 특징화된다 (Fig. 7-2B).

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 가  $\text{CO}_2$ 와 반응하여  $\text{CaCO}_3$ 와  $\text{H}_2\text{O}$ 를 생성시키는 화학방정식의 관계에 의하여 헤드스페이스에서 대부분의  $\text{CO}_2$ 를 제거시키는 반면에 제올라이트는 평형상태에

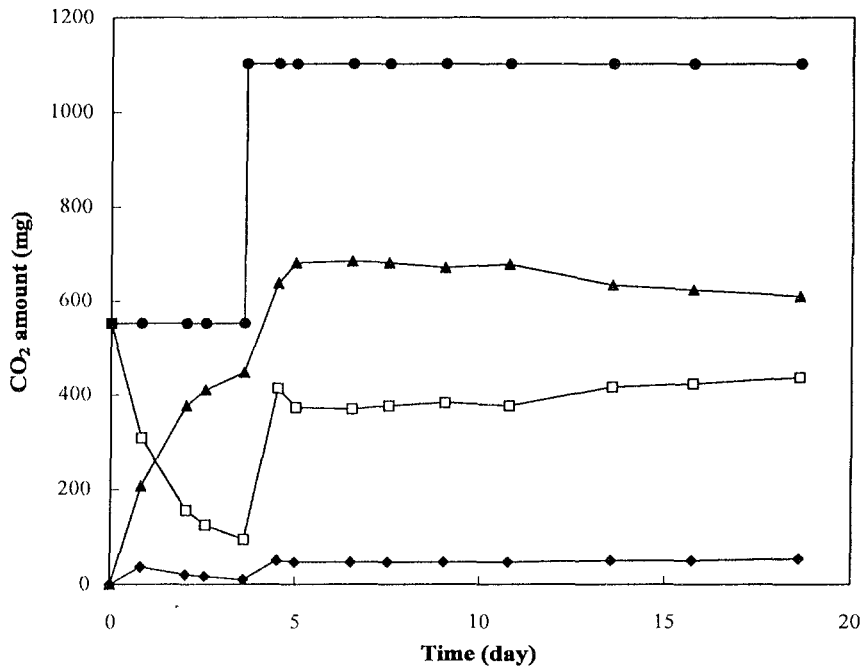
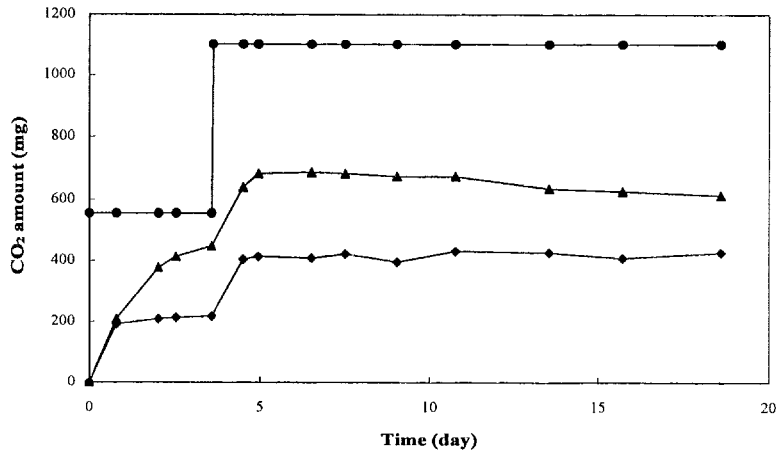
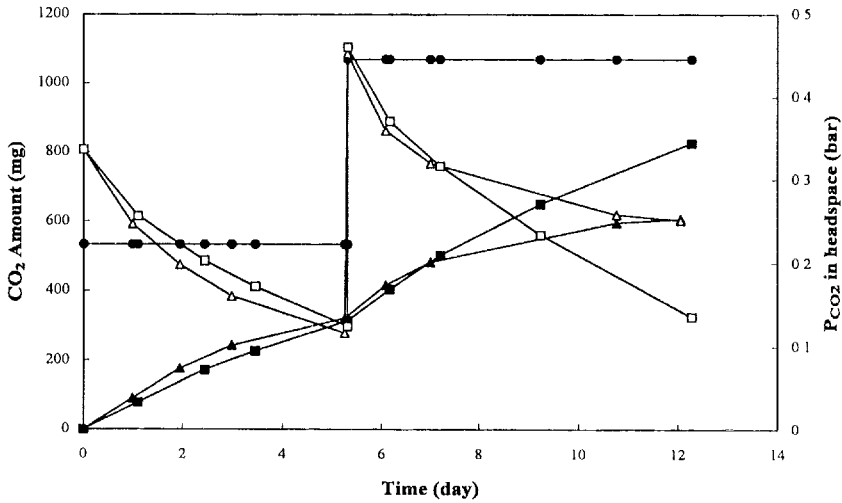


Fig. 7-1. Distribution of carbon dioxide among headspace, water and zeolite in a 1 L glass jar containing 7g zeolite sachet and 100 mL water at 15°C. The zeolite was packed in a 5x5 cm polyolefin PD941 pouch. ●: total CO<sub>2</sub> injected; □: CO<sub>2</sub> in headspace; ◆: CO<sub>2</sub> dissolved in water; ▲: CO<sub>2</sub> absorbed on zeolite.



(A)



(B)

Fig. 7-2. Comparison of CO<sub>2</sub> absorption behaviour among different types of absorbent. (A) 7g physical absorbents of active carbon and zeolite in polyolefin PD941 pouch; (B) Physical absorbent of 7g zeolite and chemical absorbent of 1.88g Ca(OH)<sub>2</sub> in 10 μm HDPE pouch. ●: total CO<sub>2</sub> injected; ▲: CO<sub>2</sub> absorbed on zeolite; ◆: CO<sub>2</sub> absorbed on active carbon; ■: CO<sub>2</sub> absorbed on Ca(OH)<sub>2</sub>; △: CO<sub>2</sub> partial pressure in headspace with zeolite; □: CO<sub>2</sub> partial pressure in headspace with Ca(OH)<sub>2</sub>.

도달한 후에도 헤드스페이스에 약간의 CO<sub>2</sub> 수준을 유지하고 있었다. 제올라이트의 이러한 특성이 단점 및 이용의 제한이 되기도 하지만, 이의 동적인 평형관계는 김치 포장에서 저장후기에 적절한 수준의 이산화탄소 분압을 유지시키는 데 긍정적으로 기여할 수 있다. 헤드스페이스와 제올라이트 흡착제간의 평형관계에 따라 포장내에 존재하는 이산화탄소는 식 (7-1)의 관계에 따라 김치의 조직과 액즙에 녹을 것이며, 이로 인해 김치의 관능적 품질을 향상시킬 수 있다 (2,4). 비록 양적으로는 Ca(OH)<sub>2</sub>가 동일한 목적에 소량 사용될 수 있지만, 이는 등온흡착곡선의 관계에 의해 헤드스페이스의 이산화탄소 수준이 결정되는 물리적인 이산화탄소 흡착제와 비교했을 때 (5), 다양한 저장 유통의 조건에 적용될 수는 없을 것이다.

다른 한편으로 철계 산소흡수제를 제올라이트 흡착제 봉지에 함께 첨가시켜서 이가 포장내의 산소를 흡수제거하여 포장내의 압력과 부피의 감소에 기여할 수 있는지를 살펴보았다. 철분을 주성분으로 한 산소흡수제가 포장내의 산소를 제거하는 목적으로 촉매와 함께 많이 사용되고 있으므로 (12), 제올라이트와 이의 병용에 대하여 검토하였다. 그러나 7g의 제올라이트 봉지에 3g의 철계 산소흡수제를 같이 함입시킨 높은 이산화탄소 농도하에서 산소를 조금도 제거시키지 못한 것으로 나타났다 (Fig. 7-3). 그리고 이는 또 헤드스페이스로부터 이산화탄소의 제거도 전혀 도와주지 못하였다 (Fig. 7-2 & 7-3). 철계 산소 흡수제는 산소제거 반응을 위해서 물을 필요로 하므로, 봉지 필름을 통하여 충분한 물이 필름을 통하여 투과되지 못하였을 수도 있다. 다른 가능성으로는 높은 이산화탄소 농도하에서 철의 산소흡수반응이 통상의 공기조건에서와는 다를 수도 있을 것이다.

Fig. 7-4는 여러 다른 종류의 플라스틱 필름으로 포장된 제올라이트의 이산화탄소 흡수량을 보여주고 있다. 필름간의 이산화탄소 투과도와 수증기 투과도에서의 차이에 의해서 (Table 7-1) 이산화탄소 흡수 패턴에서 큰 차이를 보이고 있다. 위에서 언급한 바와 같이 흡착제 봉지 필름을 투과한 수증기가 제올라이트의 흡착 공극에 이산화탄소에 비해 우선적으로 흡착되었을 것이다. 이산화탄소와 수증기에 대해 모두

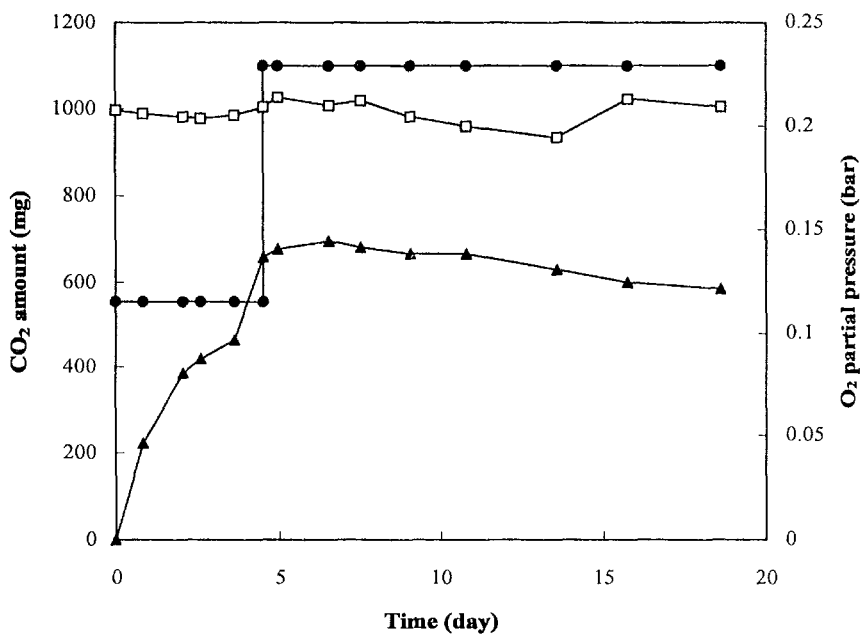


Fig. 7-3. CO<sub>2</sub> absorption of 7g zeolite packed with 3g iron-based oxygen scavenger in polyolefin PD941 film. ●: total CO<sub>2</sub> injected; ▲: CO<sub>2</sub> absorbed on zeolite; □: O<sub>2</sub> partial pressure in headspace.

Table 7-1. Gas permeability of sachet films to carbon dioxide and water vapour at 15°C

Film	Thickness ( $\mu\text{m}$ )	Gas transmission rate ( $\text{mmol s}^{-1} \text{m}^{-2} \text{Pa}^{-1}$ )	
		$\text{CO}_2$	$\text{H}_2\text{O}$
HDPE	10	$1.950 \times 10^{-7}$	$1.461 \times 10^{-6}$
Polyolefin PD941	20	$2.025 \times 10^{-7}$	$2.598 \times 10^{-6}$
Spunbonded olefin, Tyvek	167	$7.654 \times 10^{-6}$	$1.216 \times 10^{-4}$

큰 투과도를 갖는 Tyvek 필름의 봉지에서는 오직 조금의 이산화탄소만 흡착될 수 있었다. 반면에 수증기 투과도가 낮은 HDPE 필름 봉지에서는 많은 이산화탄소가 흡수되었다. 10 $\mu$ m의 HDPE에 비해서 이산화탄소 투과도는 비슷하고 수증기 투과도는 높은 폴리올레핀 PD941 필름의 봉지는 9일 후에 감소된 이산화탄소 흡착을 보여주었다. 이 시점에서는 상당히 많은 양의 물이 필름을 통하여 제올라이트로 투과되어 들어가서 흡착된 이산화탄소를 축출시켰을 것으로 여겨진다. 따라서 제올라이트 흡착제 봉지 필름의 수증기 차단성은 이산화탄소를 생산하는 발효식품의 포장시스템에서 사용되는 이산화탄소 흡착제에서 지속적인 기체 흡착의 유지를 위해서는 아주 중요한 인자이다. 물론 해당 필름의 이산화탄소 투과도가 충족되는 경우에 대해서 이는 성립된다. 제올라이트가 수분을 흡착하지 못하게 하는 하나의 방법으로서 HDPE와 같은 저수증기투과도의 플라스틱 필름이 봉지용으로 사용되어야 할 것이다.

또다른 한 면으로 고수분투과도를 가진 PD941 필름의 제올라이트에서 6일 후에 낮아진 이산화탄소의 흡착은 김치포장을 한번 개봉하고 다시 닫아놓은 경우에 포장내에 헤드스페이스에서 적당한 이산화탄소 수준을 유지하는 목적으로 유용하게 이용될 수 있다. 김치가 가장 맛있게 익는 적숙기는 저장온도와 시간에 따라 달라진다. 염도 2.25%의 보통 김치는 14 $^{\circ}$ C에서 5일 숙성후에 가장 적절한 상태인 것으로 보고되었다 (9). 이산화탄소의 생산은 이 기간동안 비교적 활발하게 이루어지고, 그 이후에는 아주 낮은 속도로 떨어진다 (2,7). 그러므로 흡착제에 의한 높은 이산화탄소 흡수는 김치의 초기저장기간에 요구되지만, 저장 후반부에 어느 수준의 이산화탄소 수준을 유지하는 것도 필요하다. 제올라이트로부터 역으로 포장 헤드스페이스로 탈착된 이산화탄소는 이산화탄소가 김치액즙에 녹는 것을 도와줄 것이고, 특히 이는 한번 개봉한 후 다시 밀봉시켜서 저장한 포장에서 더욱 유용할 것이다.

그리고 초기부터의 저장후기까지 지속적인 이산화탄소 흡수가 필요한 경우에는 제올라이트를 수분으로부터 추가적으로 보호하기 위하여 silicagel과 같은 탈습제를 함께 사용할 수 있을 것이다. 하지만 본연구에서 HDPE 필름에 탈습제를 첨가하여 이



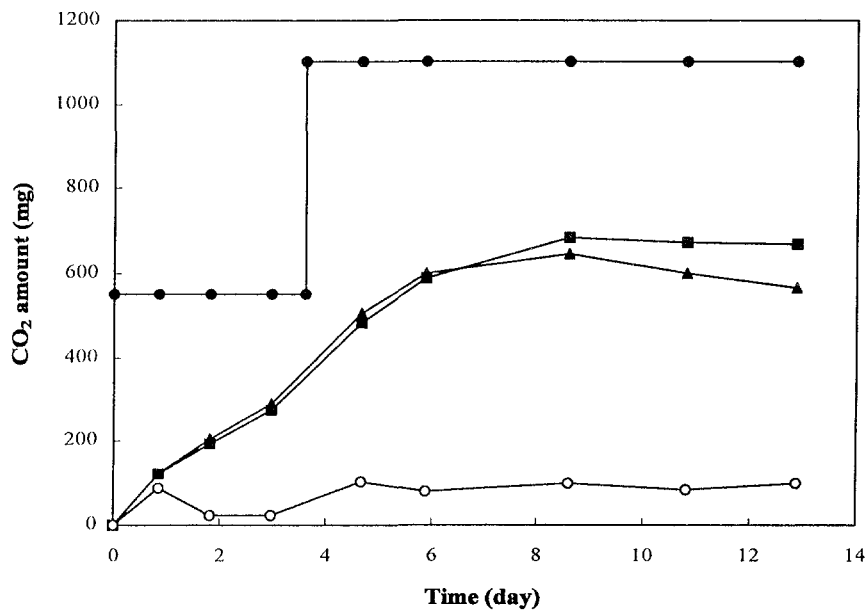


Fig. 7-4. CO<sub>2</sub> absorption behaviour of 7g zeolite packed in different plastic films.  
 ●: total CO<sub>2</sub> injected; ■: CO<sub>2</sub> absorbed on zeolite in 10 μm HDPE; ▲: CO<sub>2</sub> absorbed on zeolite in 20 μm polyolefin PD941; ○: CO<sub>2</sub> absorbed on zeolite in spunbonded olefin Tyvek.

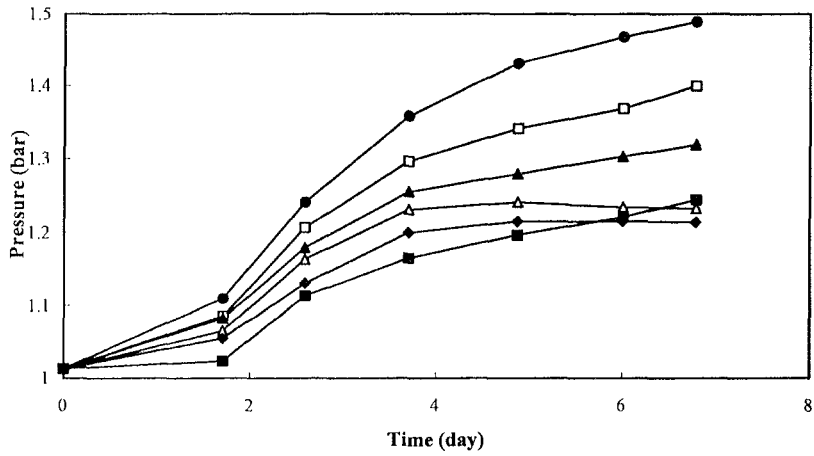
산화탄소 제거능력을 살펴본 바 저장 10일까지는 큰 차이를 보이지 않았다 (구체적인 데이터는 생략). 제올라이트와 실리카겔을 함께 사용한 물리적 흡착제 시스템은 아래의 김치포장에의 적용실험에서 일부 사용하였다.

## 2. 이산화탄소 흡착제의 김치포장의 다양한 적용

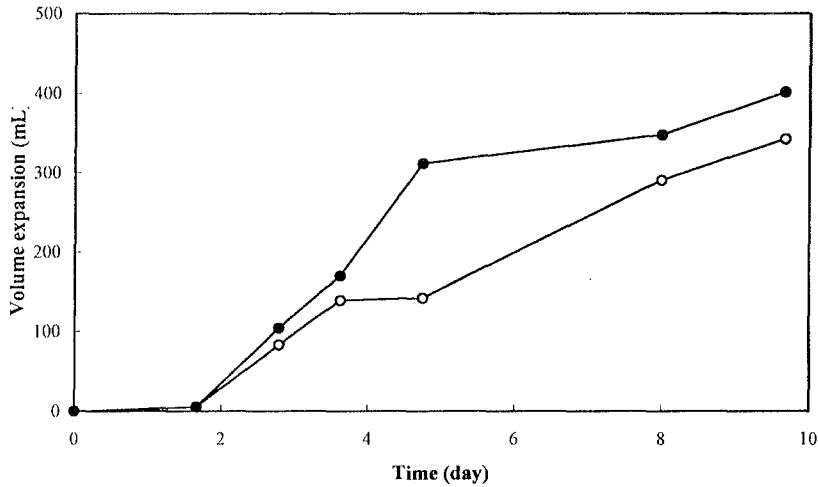
Fig. 7-5는 제올라이트의 HDPE봉지가 김치의 병포장 및 유연포장에서 각각 압력 발생과 부피팽창을 완화시킬 수 있음을 보여주고 있다. 많은 양의 기체흡착제가 유리병에서 압력상승을 낮추는 데 더 좋은 것을 보여주고 있다. 그러나 600g 김치에 대해서는 7g의 제올라이트가 상대적인 효과를 고려하면 적절한 것으로 생각된다. 따라서 이러한 비율의 제올라이트가 김치의 유연포장에 사용되었고 부피팽창 억제에 효과적이었다 (Fig. 7-5B).

Fig. 7-6에서는 유리병 김치용기에서 한번 개봉하고 저장한 상태에서 얻어진 압력 변화와 CO<sub>2</sub> 분압변화를 보여주고 있다. 제올라이트와 실리카겔로 구성된 흡착제는 김치의 초기저장기간 및 개봉 후의 저장에서도 대조구에 비해서 낮은 CO<sub>2</sub> 분압과 전체압력을 유지하였다. 앞에서 언급한 바와 같이 이러한 개봉후의 저장은 일반적인 포장김치의 소비에서 많이 접하게 되는 상황일 것으로 생각되며, 많은 김치를 덜어내어서 김치로부터의 CO<sub>2</sub> 생산이 아주 미약해지는 경우 제올라이트계 CO<sub>2</sub> 흡수제로부터 포장 헤드스페이스로의 CO<sub>2</sub> 탈착이 기대된다.

반강성 포장내에서도 물리적 CO<sub>2</sub> 흡착제를 장착시켜두는 것이 현저하게 부피증가를 감소시킬 수 있는 것으로 나타났으며 (Fig. 7-7), 이는 이러한 흡착제가 반강성 김치포장의 형태유지에 상당히 효과적일 수 있음을 시사하는 것이다. 그리고 물리적 CO<sub>2</sub> 흡착제를 장착시키는 경우에는 CO<sub>2</sub> 분압 및 전체부피에 주는 상면 포장필름의 영향은 작거나 별로 없었다. 그러나 이러한 흡착제가 장착되지 않았을 때에는 저장 5일 이후에 압력 및 CO<sub>2</sub> 분압에서 상당한 차이를 보이고 있었다. 그리고 총산 및 pH에서는 OPP/PE/OPP의 포장에서 저장초기에 약간의 빠른 변화를 보이고는 있으나

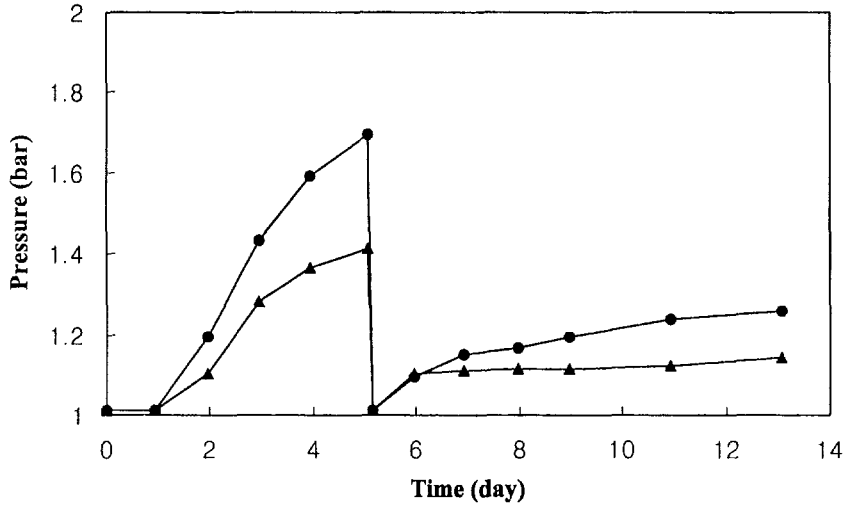


(A)

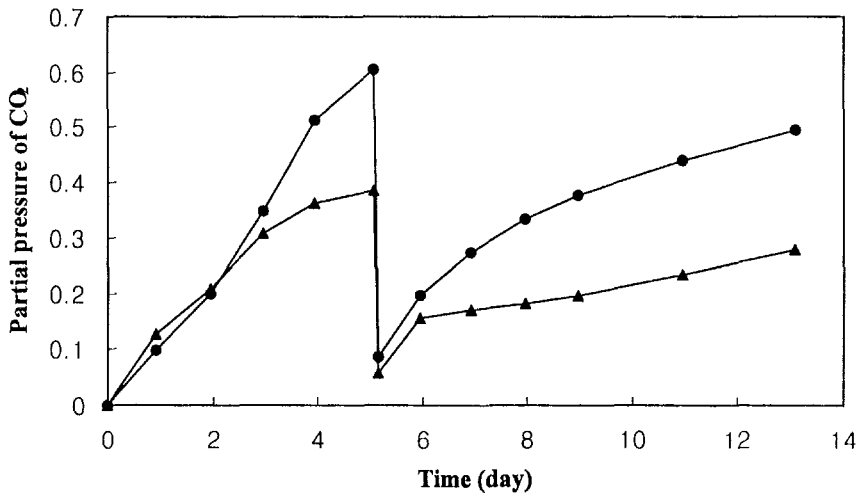


(B)

Fig. 7-5. Effect of zeolite sachet on (A) the pressure change of a 1 L glass jar packages containing 600g *kimchi* and (B) the volume change in flexible package of 14.7 x 21.5 cm Al-laminated film containing 500g *kimchi*. The sachet was 7g zeolite in 10  $\mu$ m HDPE (5 x 5 cm) for jar package and 5.8g zeolite in 10  $\mu$ m HDPE (5 x 5 cm) for pouch package. ●: control package without absorbent; □: with 3g zeolite; ▲: with 5g zeolite; ■: with 7g zeolite; △: with 9g zeolite; ◆: with 11g zeolite; ○: with 5.8g zeolite.



(A)



(B)

Fig. 7-6. Influence of zeolite sachet on (A) pressure and (B) CO<sub>2</sub> partial pressure change in *kimchi* (2.3% salt content) package at 15°C. The jar package was opened to take out 100g *kimchi* at 5.1 day. Initial fill weight: 600g; Volume: 1000 mL. ●: Control package without any adsorber; ▲: Package with adsorber sachet of 7g zeolite and 2g silicagel.

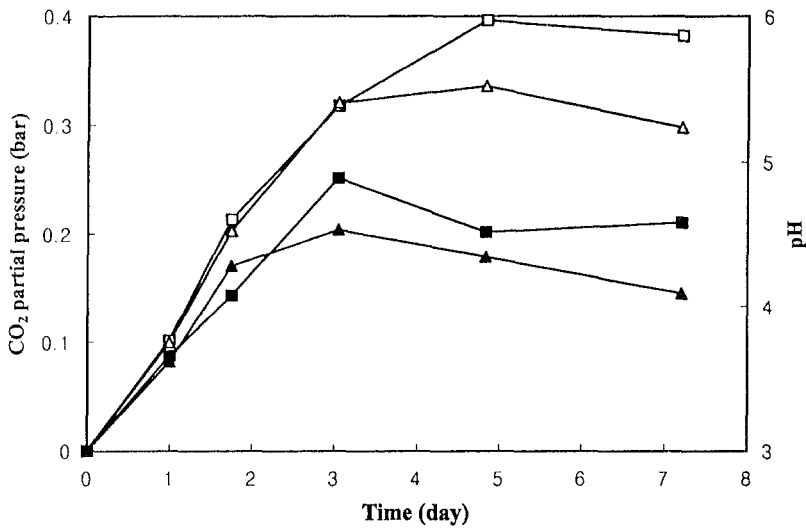
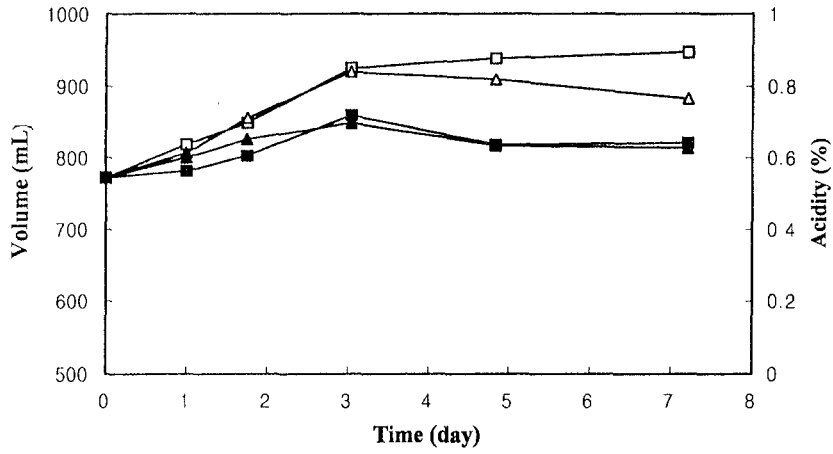


Fig. 7-7. Effect of CO<sub>2</sub> adsorbing sachet (zeolite 4.7g & silicagel 1.3g) on the volume expansion and CO<sub>2</sub> partial pressure of the semirigid PP tray packages of 400g *kimchi*. □: top layer of Al laminated film without CO<sub>2</sub> adsorbing sachet; ■: top layer of Al laminated film with the sachet; △: top layer of OPP/CPP/PE film without the sachet; ▲: top layer of OPP/PE/CPP film with the sachet.

전체적으로 볼 때 포장에서의 흡착제의 유무나 상면층에 따른 유의한 차이를 발견할 수 없었다 (Fig. 7-8).

### 3. 진공포장과 물리적 흡착제의 병용효과

물리적 흡수제와 진공포장의 복합효과에 의하여 충전량이 많은 병포장에 대하여 압력완화의 효과를 실험하였다. 진공포장의 경우에는 보다 장기간의 저장을 고려하여 제올라이트를 수분으로부터 보다 완전히 보호하기 위하여 실리카겔을 함께 넣어서 흡착제 봉지를 제작하였다. 제4장의 Fig. 4-1의 결과로 볼 때 진공포장 자체로도 15℃에서 저장 7일동안 압력발생을 상당히 낮추어 줄 수 있었기 때문에, 물리적 흡수제의 복합적인 적용은 CO<sub>2</sub> 분압의 강하와 이로 인한 압력의 강하에 더욱 도움을 줄 수 있는 것으로 생각되었다. 그러나 그 상대적 효과는 저장기간이 경과함에 따라 낮아지고 있음을 보이고 있다 (Fig. 7-9).

즉, Fig. 7-9의 700g 충전의 포장에서 대조구 포장은 초기부터 높은 압력 발생으로 저장 3일후에 더 이상 압력을 견디지 못하고 누설되지만, 진공포장의 조건은 저장 6일간 어느 정도의 압력발생이 있더라도 누설되지 않았다. 그러나 진공포장이 이산화탄소 흡착제의 효과는 저장 5일까지는 분명히 나타나지만 그 이후에는 1.5 bar에 근접하는 압력발생을 보여 흡착제 사용하지 않은 포장과 비슷하였다. 따라서 진공포장에서 제올라이트 흡착제의 병용은 초기에는 효과를 갖지만 긴 저장에서는 그 효과가 상대적으로 낮아지는 것으로 평가된다.

Fig. 7-10에서는 반강성 PP tray 용기에 약간의 진공을 가하여 포장하고 15℃에서 저장할 때의 부피 및 CO<sub>2</sub> 분압의 변화를 총산 및 pH의 변화와 함께 보여주고 있다. 진공포장은 초기의 부피를 약간 감소시키는 역할을 하였고, 압력에서의 차이는 발견할 수 없었다 (데이타는 생략).

흡착제 없이 단순히 진공포장된 용기는 초기의 낮은 부피에도 불구하고 저장 5일에 이르러서는 부피가 대조구와 같아졌다. 이는 약간의 포장내 진공이나 조직의 기계

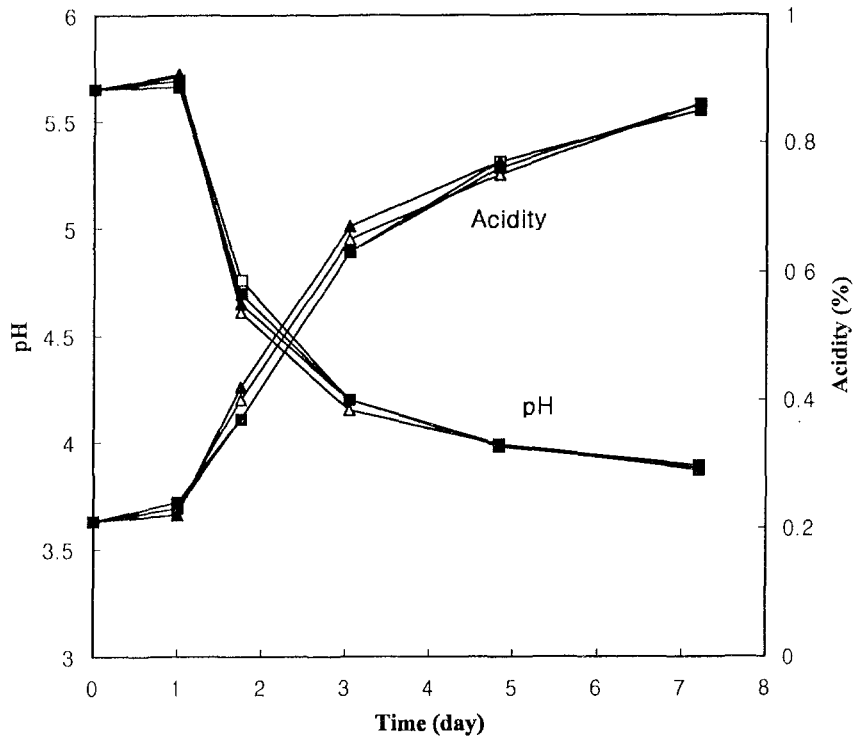


Fig. 7-8. Effect of CO<sub>2</sub> adsorbing sachet (zeolite 4.7g & silicagel 1.3g) on the acidity and pH of 400g *kimchi* packaged in semirigid PP trays. □: top layer of Al laminated film without CO<sub>2</sub> adsorbing sachet; ■: top layer of Al laminated film with the sachet; △: top layer of OPP/PE film without the sachet; ▲: top layer of OPP/PE/PE film with the sachet.

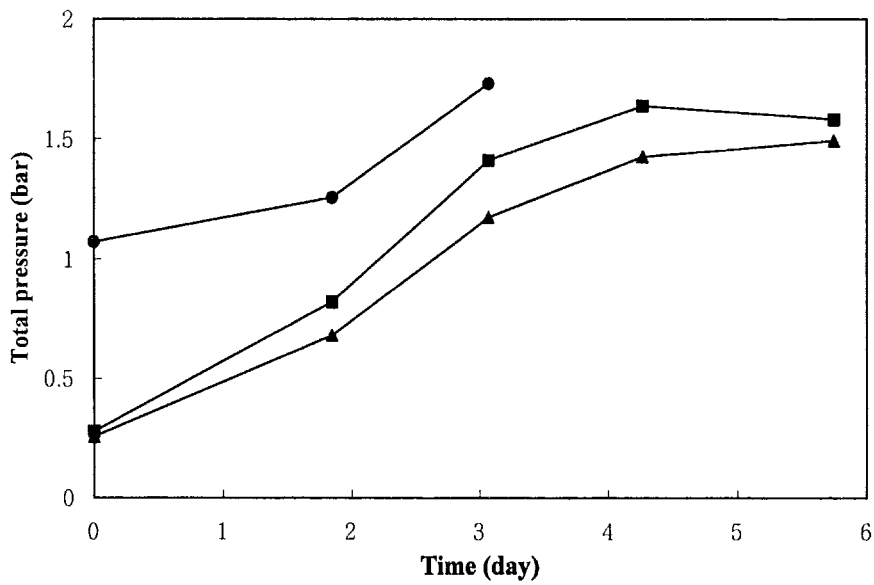


Fig. 7-9. Effect of CO<sub>2</sub> absorbing sachet and initial vacuum on the pressure of the *kimchi* jar package at 15°C. ●: Control without sachet; ■: 75% vacuum; ▲: 75% vacuum with sachet of 8g zeolite and 2g silicagel.



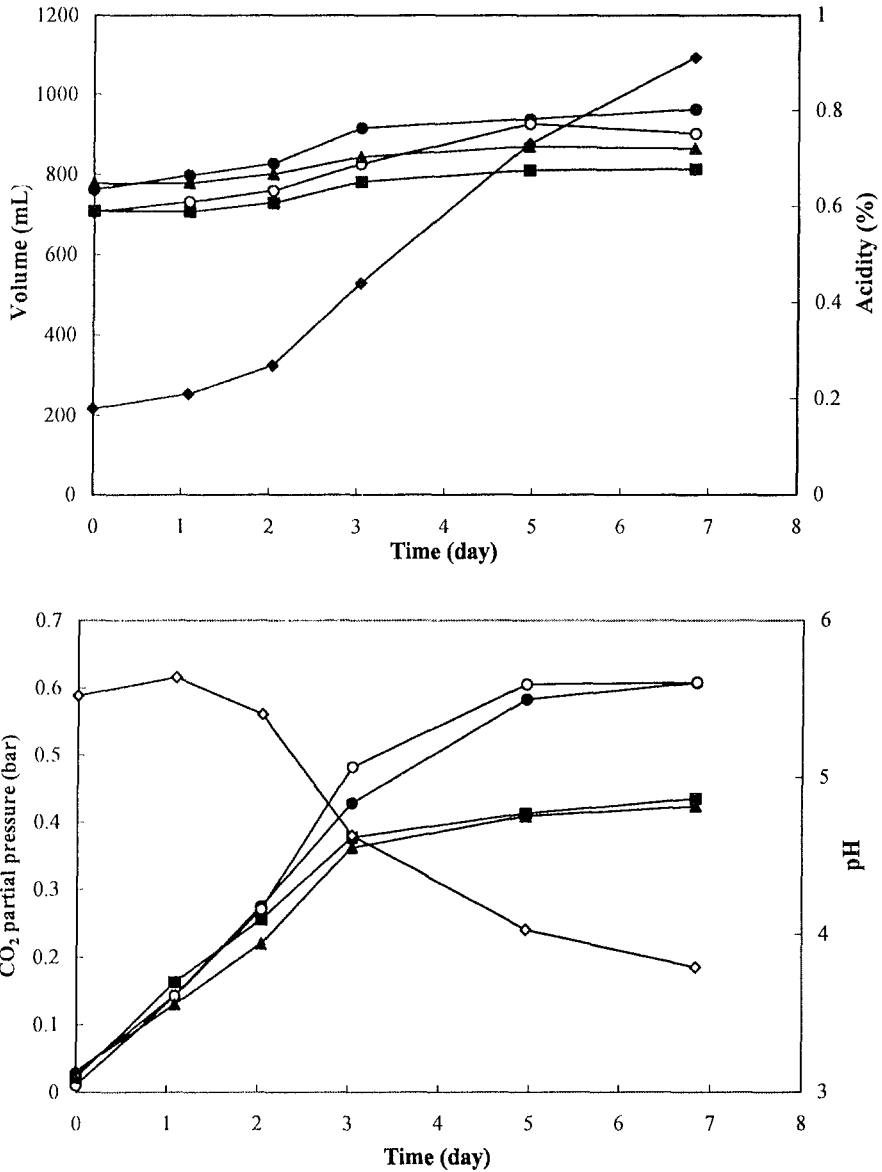


Fig. 7-10. Effect of CO<sub>2</sub> adsorbing sachet (zeolite 4.7g & silicagel 1.3g) and initial vacuumization on the volume expansion and CO<sub>2</sub> partial pressure of the semirigid PP tray packages of 400g *kimchi*. Top layer was Al laminated film. ●: control of air packaging; ○: initial vacuumization; ▲: air packaging with CO<sub>2</sub> adsorbing sachet; ■: initial vacuumization with the sachet; ◆: acidity; ◇: pH.

제거가 CO<sub>2</sub> 발생을 도와준 역할에 의한 것으로 추정된다. 앞의 제4장에서 진공포장이 김치의 이산화탄소 발생을 촉진하는 사실을 확인한 바 있다. 이는 이 포장에서 저장 3일 이후에 나타난 높은 CO<sub>2</sub> 분압에 의해서도 확인된다. 반면에 CO<sub>2</sub> 흡착제를 도입시키면 부피증가는 어느 정도 억제될 수 있으며, 진공포장과 CO<sub>2</sub> 흡착제를 같이 도입한 포장은 다른 포장에 비해서 저장 5일 이후에 현저히 낮은 부피를 얻을 수 있었다. 그리고 흡착제 봉지를 포장내에 도입시킨 포장에서는 진공의 도입에 관계없이 비교적 비슷한 CO<sub>2</sub> 분압을 유지시키고 있었다. 이는 진공의 도입에 따른 부피의 차이에 관계없이 흡착제의 도입 유무가 포장에서의 CO<sub>2</sub> 물질수지에 결정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

전체적으로 김치의 병포장이나 반강성 플라스틱 포장에서 용기 초기 진공의 일부 도입과 물리적 CO<sub>2</sub> 흡착제의 병용에 의하여 김치 품질이 적정하게 유지되는 범위내에서의 압력발생이나 부피팽창의 문제를 완화시킬 수 있는 것으로 판단된다. 하지만 유리병과 같은 완벽한 기체 차단성 포장에서는 저장 후기에 그 효과가 상대적으로 떨어지는 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 7-9). 반면에 어느 정도의 기체투과성을 갖는 반강성 플라스틱 성형용기에서는 제올라이트 흡착시스템은 유의하게 부피팽창을 낮추어 줄 수 있었다.

## 제 4 절 결 론

본장에서는 제올라이트와 활성탄과 같은 물리적인 이산화탄소 흡착제가 김치포장에서 이산화탄소 발생으로 인한 압력상승과 부피팽창을 완화시키는 수단으로서 연구하였다. 제올라이트가 활성탄에 비해 이산화탄소 흡수 능력에서 우수하였고, 수증기로부터 보호되는 경우 이산화탄소 흡착평형을 유지하였다. 높은 이산화탄소 투과도와 제한된 수증기 투과도를 갖는 플라스틱 필름이 제올라이트 흡수속도를 제어할 수 있었다. 제올라이트에 대한 수분보호성을 향상시키기 위하여 실리카겔이 봉지내에

함께 사용되는 것도 효과적이었다. 플라스틱 필름봉지에 밀봉된 제올라이트계 기체 흡착시스템은 15℃에 저장된 김치포장의 내부 압력과 부피의 증가를 유의하게 낮추어 줄 수 있었다. 그리고 이는 또 초기 진공의 일부도입과 병용함으로써 김치의 병포장이나 반강성 플라스틱 포장에서 김치 품질이 적정하게 유지되는 범위내에서의 압력발생이나 부피팽창의 문제를 완화시킬 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. 윤경영, 강미정, 신승렬, 윤광섭, 김순동, 김광수: 김치 저장성에 미치는 가스 흡수제의 영향. 농산물저장유통학회지, 5, 363-367 (1998)
2. 김미경, 김소연, 우철주, 김순동: 밀폐용기에서의 김치숙성에 관한 연구. 한국영양식량학회지, 23, 268-273 (1994)
3. 이서래: 한국의 발효식품. 이화여자대학교 출판부, 서울, pp.141-192 (1992)
4. Lee, D.S. and Paik, H.D.: Use of pinhole to develop an active packaging system for *kimchi*, a Korean fermented vegetable. *Packaging Technol. Sci.*, 10, 33-43 (1997)
5. Yang, R.T.: *Gas Separation by Adsorption Process*. Butterworths, Boston, USA (1987)
6. Karel M., Issenberg P., Ronsivalli L. and Jurin V.: Application of gas chromatography to measurement of gas permeability of packaging materials. *Food Technol.*, 17, 27-30 (1963)
7. Lee, D.S., Kwon, H.R. and Ha, J.U.: Estimation of pressure and volume changes for packages of *kimchi*, a Korean fermented vegetable. *Packaging Technol and Sci.*, 10, 15-32 (1997)
8. Rammert, M. and Paderson, M. H. P.: Die Löslichkeit von Kohlendioxid in

Getraken. *Brauwelt*, **131**, 488-499 (1991)

9. 민태익, 권태완: 김치발효에 미치는 온도 및 식염농도의 영향. *한국식품과학회지*, **16**, 443-450 (1984)
10. Strube, H.E.: Fiber-reinforced, activated, zeolite molecular sieve tablets and carbonation of aqueous beverages therewith. *US Patent* 4214011 (1980)
11. Ghosal, A.K., Samanta, A.N. & Maiti, B.R.: Experimental study on the simultaneous adsorption of carbon dioxide and moisture from nitrogen in Linde 5A molecular sieves. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, **77**, 997-1002 (1999)
12. Smith, J.P., Hoshino, J. and Abe, Y.: Interactive packaging involving sachet technology. In *Active Food Packaging*, ed. M.L. Rooney. Blackie Academic & Professional, London, pp. 143-173 (1995)

## 제 8 장 통기조절 김치포장 시스템 개발

### 제 1 절 서 설

김치와 같은 비살균 발효식품의 포장에서 이산화탄소 기체의 축적문제를 해결하는 하나의 방안으로서 발효식품이 발생하는 이산화탄소를 흡수하는 포장소재를 포장내에 장착시키는 방법이 많이 사용되고 있다. 대표적으로 수산화칼슘 ( $\text{Ca(OH)}_2$ )을 담은 저밀도 폴리에틸렌 봉지를 이용하여 김치 등의 포장에서 이산화탄소를 제거하는 것이 많이 이용되고 있다 (1). 수산화칼슘은 접촉하는 이산화탄소 기체( $\text{CO}_2$ )와 다음 식 (8-1)과 같이 반응하여 탄산칼슘 ( $\text{CaCO}_3$ )과 물( $\text{H}_2\text{O}$ )를 생성시킴에 의하여 이산화탄소를 제거하게 된다.



이 반응은 비가역적인 반응으로서 이산화탄소 제거에 효과적인 면이 있는 반면에 그 제거 속도와 정도를 제어하는 데 어려운 점을 가지고 있다. 특히 발효식품 등의 포장에서 이산화탄소는, 경우에 따라서는, 어느 정도 존재하는 것이 관능적인 품질특성을 향상시키기도 한다. 대표적으로 김치의 포장에서는 포장내에 적절한 수준의 이산화탄소가 존재해야 김치액즙에 시원한 탄산미를 부여할 수 있다. 앞의 제7장에서는 김치에서 생산되는 이산화탄소를 적절히 제거하면서 포장내에 적절한 수준의 이산화탄소 농도를 형성시킬 수 있는 물리적인 이산화탄소 흡착제로서 제올라이트를 이용한 시스템을 개발한 바 있다.

본 장에서는 이에 더욱 나아가 김치로부터 생성되는 이산화탄소를 보다 다양한 조건에서 효과적으로 흡수하는 포장소재를 개발하고 이를 김치포장에 적용하고자 하였다. 먼저 여러 가지 다양한 화학적 이산화탄소 흡수제를 검토하고 이로부터 김치포

장에 쓰일 수 있는 화학적 이산화탄소 흡수제를 선별하였다. 이로부터 앞에서 개발한 제올라이트 흡착제와 함께 김치포장에 적용될 수 있는 적절한 이산화탄소 흡수시스템을 설계·제작하고 실제적으로 김치의 포장에 적용하였다. 또한 압력발생의 문제를 해결하는 김치포장의 하나로서 통기조절 방법을 이용할 수 있다. 통기조절의 수단으로서 핀홀을 이용한 포장김치의 저장실험을 수행하였다. 950ml의 유리병에 직경과 길이를 다르게 한 핀홀을 장착시키고 600g의 김치를 포장하고 15℃에서 저장하면서 포장내 기체조성의 변화, 총산 및 pH변화를 측정하였다. 그리고 기체조성의 변화로부터 적절한 김치 품질을 위하여 바람직한 핀홀의 디자인을 찾고자 하였다. 한 편 여러가지 필터를 이용하여 핀홀의 효과를 증진시키고자 하였고 또한 실제 병포장에 부착시킬 수 있는 원형으로된 모형을 만들어 실험에 적용을 시켜 보았다. 그리고 이화학적 실험과 관능검사, 미생물 검사를 통하여 통기조절 김치포장 시스템의 필요성을 검토하였다.

## 제 2 절 실험방법

### 1. 이산화탄소 흡수 화합물 및 포장소재

화학적 반응에  $\text{CO}_2$ 를 제거할 수 있는 화합물에 대해서 그  $\text{CO}_2$ 를 제거속도와 능력을 비교검토하였다. 기존에 상업적으로 사용되는 화학적 이산화탄소 흡수제인  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 는 덕산약품공업 (용인)의 생산제품을 사용하였다.  $\text{CaO}$ 와  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 도 덕산약품공업 (용인)의 제품을 사용하였고,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 는 동양화학공업 (인천)이 생산한 제품을 사용하였다. 이러한 화학물질은 다음 식 (8-1)~(8-4)의 반응에 의하여  $\text{CO}_2$ 를 제거할 가능성을 가진 것으로 분석되었다. 즉,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 를 포함한 이들 물질은 표준상태에서 다음의 Gibbs 자유에너지변화 값을 가지고 있어서  $\text{CO}_2$ 제거 반응이 통상적인 김치포장의 조건에서 자발적으로 일어날 가능성을 가지고 있으며, 아울러 이들 물질은 식품첨가물 등으로도 사용되는 물질로서 사용상의 안전성 면에서도 큰 문제가 없는 것

으로 생각되어 실험에 사용하였다.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 는 다음 식 (8-3)의 화학반응에 의하여 이산화탄소를 제거하게 되며, 이 반응의 진행을 위해서는 반드시 수분이 필요한 점이 특징적이다.



이외에 화학적 이산화탄소 흡수제와 병용하여 사용되는 물리적 이산화탄소 흡착제로서 제올라이트는 Wako 純藥工業 (오사카, 일본)의 A-4급의 구형제품이나 분말제품을 사용하였다.

이산화탄소의 제거를 위한 기체흡수 포장소재로는 위의 각 재료를 단일, 혹은 혼합하여 5×5 cm의 플라스틱 봉지에 담아서 제작하였다. 봉지로 사용된 플라스틱 필름으로는, 두께 10 $\mu\text{m}$ 의 고밀도 폴리에틸렌 (HDPE, 크린랩, 부산), 두께 20 $\mu\text{m}$ 의 폴리올레핀 (PD 941, Cryovac Division, Scaled Air Corporation, Duncan, SC, USA)과 부직포로 된 HDPE 필름(Tyvek 1059B of thickness 167 $\mu\text{m}$ , Du Pont de Nemours and Company, Wilmington, Delaware, USA) 등이었다. 필름 봉지는 단일 재질로 사용하거나 양면을 다른 재질로 사용하기도 하였다. 그리고 필요에 따라 Tyvek 필름의 경우는 수분 및 기체 투과를 제한하기 위하여 표면적의 일부를 20% 폴리아마이드 (Versamid 750, Henkel Corporation, Ambler, PA, USA) 용액 (용매: *i*-propanol과 *n*-propanol의 2:1)으로 코팅하였다.

또 다른 이산화탄소 흡수 포장소재의 제조방법으로서  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 와 제올라이트를 1:1.3의 비율로 혼합하여 폴리스티렌이나 저밀도폴리에틸렌 수지에 시트상의 플라스틱 소재로 가공하였다. 폴리스티렌 시트의 가공은 폴리스티렌 (GPPS, LG 화학, 여수)에  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 와 제올라이트의 혼합소재 20%와 발포제 (Unicell-C-850, 동진화성공업(주), 서울) 2%를 혼입시켜 압출기 (Hakke Rheomex 557-2804, 독일)에 의하여

200℃에서 시트상으로 성형하였다. 폴리에틸렌 시트의 가공은 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>와 제올라이트의 혼합소재 30%를 이축압출기 (JSW, 일본)에서 190℃에서 pellet상의 masterbatch로 가공한 후 T-die sheet 압출기 (Cleate Plastic Co.)로 170℃에서 시트상으로 성형하였다.

## 2. 여러 기체흡수 포장소재의 이산화탄소 제거능력 측정

여러 가지 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 제거 능력을 앞의 제7장에서 사용한 15℃에서 정적법 (2)에 의하여 측정하였다. 크기 봉지 상 혹은 시트상의 포장소재를, 100 mL의 물을 담은 1 L 유리병 내부에 부착하고, 순차적으로 2번에 나누어 300 mL (약 550 mg)의 CO<sub>2</sub>를 주입한 다음 기체크로마토그래프 (Hitachi 163, Hitachi Ltd, Tokyo, Japan)에 의하여 헤드스페이스의 CO<sub>2</sub> 농도를 측정함에 의하여 포장소재에 의하여 제거된 CO<sub>2</sub> 양을 계산하였다. 실험에 사용된 각 포장소재의 양은 15℃에서 약 5일간 김치가 생산하는 CO<sub>2</sub>량 1,100mg과 반응할 수 있는 것으로 위의 화학방정식 (8-1)~(8-4)에 의해서 계산하였다. 즉, 이는 Ca(OH)<sub>2</sub>의 경우 1.88g, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>의 경우 2.69g, CaO의 경우 1.42g, Mg(OH)<sub>2</sub>의 경우 1.48g 이었다. 그리고 물리적 흡착제인 제올라이트의 경우는 앞의 제7장에 확인된 바에 의하면 약 7g이 1,100mg의 CO<sub>2</sub>량을 흡착할 수 있는 것으로 확인된 바 있어서 같은 양을 실험에 사용하였다. 그리고 여러 물질을 혼합하여 제조한 시트 상의 포장소재의 경우도 CO<sub>2</sub>량 1,100 mg을 흡수 제거할 수 있는 양에 대하여 같은 방법으로 실험하였다.

## 3. 김치의 제조, 포장 및 저장

김치의 제조는 앞의 제7장에서와 같이 민과 권 (3)의 방법을 따랐다. 4 x 5 cm 크기로 절단한 배추를 염도 15%의 소금물을 이용하여 염도 2%정도로 절인 다음 부원료와 버무려서 김치를 담았다. 배합비는 절인 배추 100g 당 2g의 마늘, 2g의 파, 2g의 고춧가루, 0.5g의 생강을 하였고 최종 염도의 조절을 위해 절인 배추의 염도를 측



정한 후에 불질수지의 관계를 이용하여 계산된 약간의 소금을 첨가함에 의하여 김치의 최종 염도를 2.5%로 조절하였다. 염도의 측정은 염도계 (Model TM-301, Takemura Electric Work Ltd., 동경, 일본)에 의하였다.

개발된 이산화탄소 흡수 포장소재의 김치포장에의 적용성을 검증하기 위하여 유리병, 유연 플라스틱 파우치, 폴리프로필렌의 반강성 용기 등의 포장에 대해서 실험하였다. 포장용기에는 미리 실험에 필요한 적절한 이산화탄소 포장소재를 장착시킨 다음 김치를 담고 밀봉하였다. 유리병 포장에서는 1 L의 병에 600g 단위로 염도 2.5%의 김치를 포장하였으며, 유연 플라스틱 파우치 포장으로는 14.7 x 21.5 cm 크기의 알미늄 적층 플라스틱 봉지에 500g 단위로 포장하였다. 반강성 용기의 포장실험에서는 크기가 12.2 x 11.7 x 6.0 cm이고 부피 800 mL인 사각형 폴리프로필렌 (polypropylene, PP 평균적인 두께 239 $\mu$ m)용기와, 직경 약 7.0 cm인 부피 160 mL의 원통형 폴리프로필렌 (평균 두께 1 mm) 용기에 각각 김치 400g과 80g을 담은 다음 Al적층 포장재 (polyethylene terephthalate 12 $\mu$ m/polyethylene 20 $\mu$ m/aluminium 7 $\mu$ m/linear low density polyethylene 60 $\mu$ m)으로 상부층을 열접착에 의하여 밀봉하였다. 15°C에서 저장하면서 포장내의 기체조성, 압력 및 부피를 측정하였다.

포장의 기체조성은 Alltech CTR I column (Alltech Associate Inc., Deerfield, IL USA)을 장착시킨 기체크로마토그래프 (Hitachi 163, Hitachi Ltd, Tokyo, Japan)에 의하여 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>의 농도를 측정하였다. 각 기체의 농도로부터 이상기체상태방정식을 이용하여 각 기체의 분압으로 구한 후 (제4장 참조), 이를 다 더하여 포장의 전체 압력을 얻었다. 파우치 포장의 부피는 포장을 물에 담을 때 증가되는 물의 부피를 측정하여 얻었다. 포장 부피의 측정에서 온도의 영향을 피하기 위하여 물의 온도는 포장의 온도와 동일하게 유지하였다.

#### 4. 이화학적 실험

이화학적 실험과 G.C를 이용한 기체조성의 변화를 측정은 앞에서의 방법(제 2장

참조)과 같다.

## 5. 실험용기의 뚜껑제작

### 가. Control 뚜껑 제작

G.C를 측정하기 위해 구멍(직경 0.15mm)을 드릴로 뚫고 이를 실리콘으로 막아 두었다.

### 나. 구멍만 뚫은 뚜껑 제작

두 개의 구멍을 뚫어 하나는 G.C 측정을 위해 실리콘으로 막고 다른 하나는 그대로 내버려 두게 하였다.

### 다. pinhole을 부착한 뚜껑 제작

두 개의 구멍을 뚫어 하나는 G.C 측정을 위해 실리콘으로 막고 다른 하나는 pinhole을 부착시켰다.

### 라. 활성탄장착

김치냄새의 유출을 방지하기 위해 뚜껑에다 활성탄을 붙였다.

### 마. Tyveck 부착

활성탄의 가루 떨어짐을 막고 외관상 보기 좋게 하기위해 활성탄 위에 Tyveck을 덮었다.

## 6. 충전율(10)

충전율은 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{충 전 율} = \frac{\text{김 치 내 용 량}}{\text{병 포 장 부 피}}$$

## 7. Microbial flora 측정

Total viable cells, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Lactobacillus* 및 *Leuconostoc* 에 대한 각 선택배지를 사용하여 평판배양한 수 나타난 colony의 수로부터 시료 1ml 중의 각 젖산균의 균수를 산출하였다. *Leuconostoc*의 선택배지로서는 Gram 음성균의 생육을 억제하고 큰 colony를 얻기 위하여 phenyl ethyl alcohol과 sucrose를 첨가하는 PES배지를 사용하여 20℃에서 5일간 평판배양하였다. *Streptococcus* 와 *Pediococcus*의 선택배지로서는 *m-Enter-ococcus* 배지를 사용하여 37℃에서 4일간 평판배양하였다. 계수에 있어서 2,3,5triphenyl tetrazolium chloride (TTC)를 환원하여 붉은 색을 나타내는 colony를 *Streptococcus*로, 환원하지 않아서 흰색을 나타내는 colony를 *Pediococcus*로 각각 계수하였다.(c.f.u/ml) *Lacto- bacillus*의 선택배지로서는 MRS배지를 이용하였고 *Pediococcus*의 생육을 억제하기 위하여 acetic acid와 sodium acetate를 첨가하여 30℃에서 3일간 평판배양하였다. 총균수를 계수하기 위해서는 plant count agar를 사용하여 30℃에서 3일간 평판배양하여 나타난 colony를 계수하였다(11).

## 8. 관능검사

반복된 랜덤화 완전블럭계획 (replicated randomized complete block design)에 따라 7명의 훈련받지 않은 관능검사요원으로 하여 1회에 3가지 시료를 평가하게 하였다. 묘사항목은 주관적인 평가-외관(appearance)과 종합적 평가 (overall acceptance)-로 1에서 5까지 분류한 등급을 사용하여 평가하였으며, 1에 가까울수록 극도로 싫고 5에 가까울수록 극도로 좋다는 것을 나타내었다. 또 객관적인 평가로 신맛 (sourness), 균퓌맛(moldy flavor), 텀 익은맛 (green flavor), 짠맛(saltiness), 매운맛 (hot taste), 단맛(sweetness), 그리고 질감으로 단단한 정도(hardness), 아삭아삭한 정도(crunchiness)로 각각 5점 척도법을 실시하였고, 1에 가까울수록 그 정도가 약하

고 5에 가까울수록 그 정도가 강한 것으로 나타내었다. 신맛은 산에 의해 나타나는 감각, 덜 익은맛은 초록색 풀에서 나는 쓴맛을 연상시킬 정도, 군덕맛은 오래된 김치에서 나는 불쾌한 정도로 정의하였다. 질감에 있어 단단한 정도는 처음 씹을 때의 정도이며, 계속적으로 씹을 경우의 질감은 아삭아삭한 정도로 정의하였다.

## 9. Pinhole 최적화 실험

### 가. Pinhole의 유무를 통한 핀홀의 필요성

Hole이 전혀 없는 병포장(대조군), hole만 있는 병포장, pinhole을 부착시킨 병포장으로 구분하여 핀홀의 필요성을 확인하고자 하였다. 염도는 2.6%로 하고 15°C저장하여 김치의 발효 양상에 따른 기체조성의 변화를 보았다

### 나. Pinhole의 길이에 따른 변화

Pinhole의 필요성이 앞 실험에서 인정되어 적절한 pinhole의 크기를 찾고자 하여 먼저 길이에 따른 기체조성의 변화를 살펴보았다. 핀홀의 길이를 10, 30, 70, 100mm로 달리하고 직경을 0.3mm로 하여 대조군과 함께 샘플 5개를 측정하였다.

### 다. Pinhole의 직경에 따른 변화

Pinhole의 직경을 달리하여 적절한 pinhole의 크기를 찾고자 하였다. 그래서 0.1, 0.3, 0.5mm로 직경을 달리하고 길이는 40mm로 일정하게 하여 기체조성의 변화를 측정하였다.

### 라. 충전율에 따른 최적의 Pinhole조건

핀홀의 길이와 직경을 달리한 실험에서 핀홀의 길이와 직경은 그다지 영향을 주지 않는 것으로 나왔다. 따라서 핀홀이라는 것만 있으면 된다는 것을 잘 알 수 있다. 그래서 이번에는 충전율을 0.8, 0.6, 0.4, 0.2로 달리하여 여기에 적합한 pinhole의 조건을 찾는 실험을 행하였다. pinhole의 조건은 길이는 40mm로 동일하게 놓고 직경을

0.5, 0.3, 0.1로 달리하여 측정하였다.

#### 마. Pinhole의 재질을 달리한 실험

핀홀의 재질을 달리하여 실험을 하였다. 즉, 기존에 플라스틱으로만 하던 것을 금속재질인 Cu를 이용하여 비교해 보았다. 직경은 0.5mm로 길이는 40mm로 하여 재질에 따른 핀홀의 유의적 효과를 확인하고자 하였다.

#### 바. 여러 가지 필터의 효과

핀홀로 인한 김치냄새의 유출을 막기 위해 여러 가지 필터를 사용하여 즉, 솜, 한지, 스폰지를 이용하여 필터의 효과를 얻고자 하였다. 또한 핀홀의 모세관 현상을 더욱 증진시키지 않을까 하여 필터를 이용하였다. 뚜껑에 부착된 핀홀에 각각 솜, 한지 스폰지등을 붙였다. 그리고 그 주위를 tyveck으로 덮었다. 핀홀의 직경과 길이는 0.3×40mm로 하였다.

#### 사. Tray용기에서의 핀홀효과

병포장 실험외에도 다른 용기, 즉 재질이 PET+Nylon로 된 tray용기 (13.5×9×5cm) 를 사용하여 pinhole효과를 살펴보았다.

#### 아. 뚜껑에 부착할 수 있는 prototype의 핀홀뚜껑 제작

5mm가 되는 아크릴 판을 지름 35mm가 되는 원으로 자랐다. 그리고 하나의 아크릴판에는 핀홀이 들어갈 수 있도록 1.5mm의 드릴바늘로 구멍을 뚫었다. 다른 하나는 가로와 세로가 10×10mm이 되도록 정사각형으로 잘라낸다(가운데). 그리고 그곳에는 활성탄을 넣었다. 또 외관상, 가루의 떨어짐을 방지하기 위하여 맨 아래부분에 tyveck을 붙였다. 핀홀이 있는 prototype을 뚜껑에 부착시키고 control closed package와 비교하였다. 기체조성, pH, acidity, 관능검사, 미생물 조사를 행하였다.

## 제 3 절 실험결과 및 고찰

### 1. 새로운 이산화탄소 흡수제의 발굴과 개발

김치포장에 적절한 실용적 내압 조절 포장소재를 개발하기 위하여 화학적 이산화탄소 흡수제로서  $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Mg(OH)}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 를 비교하였으며 그 결과를 Fig. 8-1에서 보여주고 있다.  $\text{CaO}$ 와  $\text{Mg(OH)}_2$ 는 매우 낮은  $\text{CO}_2$  흡수의 속도와 정도를 나타내었다. 반면에  $\text{Ca(OH)}_2$ 는 높은  $\text{CO}_2$  흡수능력을 보여주었으며,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 는  $\text{Ca(OH)}_2$ 보다는 낮지만 꾸준한  $\text{CO}_2$  흡수를 보여주고 있어서 김치포장에서 화학적  $\text{CO}_2$  흡수소재로 사용될 수 있는 가능성을 보여주었다.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 는 식품첨가물로서 면류에 첨가되어 사용되거나 (4), 몰식자산 (gallic acid,  $\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_3\text{COOH}$ )와 플라스틱 수지에 혼입되어 산소 흡수제로서 사용된 예는 있지만 (5,6)  $\text{CO}_2$  흡수소재로 사용된 예는 세계적으로 아직까지 보고된 바가 없다.

위의 화학방정식 (8-3)에 의한  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 의  $\text{CO}_2$  제거반응에서는 수분이 함께 존재하여야 반응이 정반응 쪽으로 진행되는 점에 유의할 필요가 있다. 즉, Fig. 8-1의 결과는 비교적 수분투과도가 낮은 HDPE 필름에 (Table 7-1 참조) 포장된 관계로  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 의  $\text{CO}_2$  제거속도가 늦은 것으로 이해할 수 있다. 이러한 사실은 수분투과도가 높은 PD941 필름이나 부직포 HDPE인 Tyvek으로 (Table 7-1 참조)으로 밀봉된  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 의  $\text{CO}_2$  제거속도가 상대적으로 향상되는 것으로도 확인할 수 있다 (Fig. 8-2). 특히 수분 투과도와  $\text{CO}_2$ 투과도가 아주 높은 Tyvek봉지에서는  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 의  $\text{CO}_2$  제거는  $\text{Ca(OH)}_2$ 의 것보다도 더 빠르게 진행되는 것을 확인할 수 있었다.

$\text{CO}_2$  제거에 수분을 요구하는  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 의 특성은 흡수제 봉지의 수분투과도를 적절히 원하는 수준으로 선택함에 의하여 김치 포장내에  $\text{CO}_2$  제거의 속도를 제어하는데 적절히 이용될 수 있다. 즉,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 를 적절한 수분투과도를 갖는 플라스틱 필름 봉지속에 넣어 밀봉한 다음 발효식품의 포장내에 장착시켜두면 필름의 수분투과도에 따라 원하는 속도로 제어된 조건에서 이 $\text{CO}_2$ 를 제거할 수 있다. 보통 플라스틱 필름

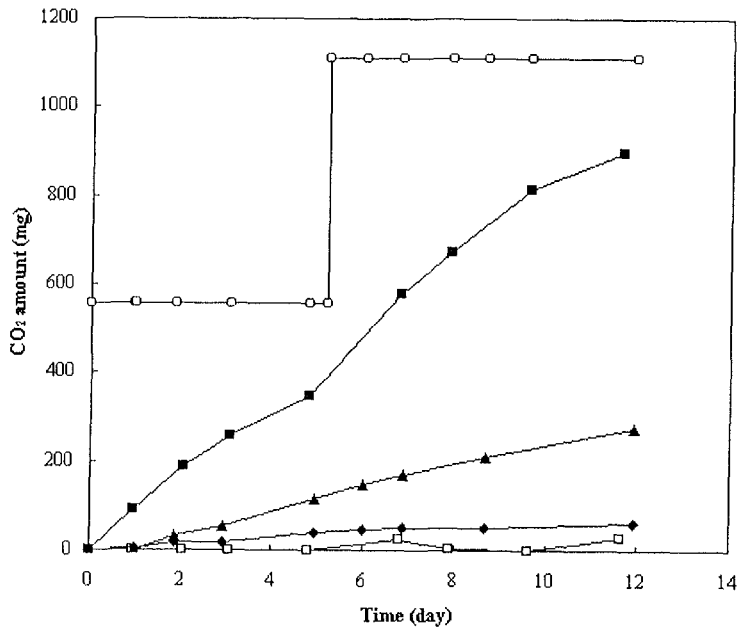
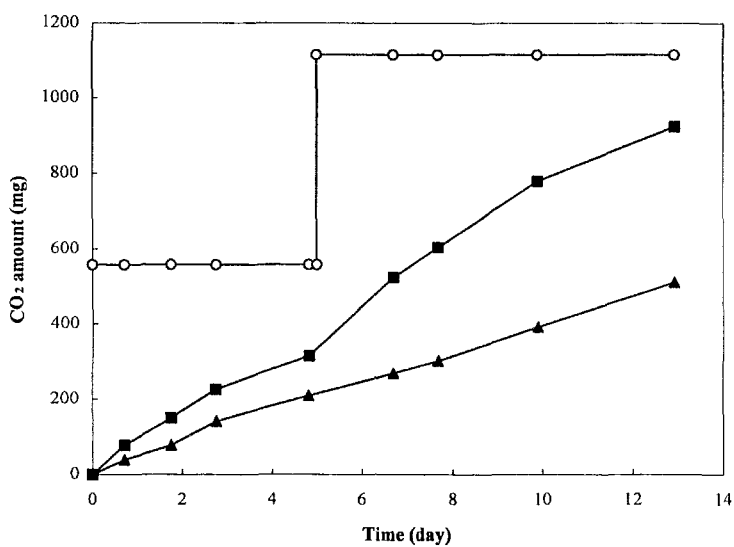
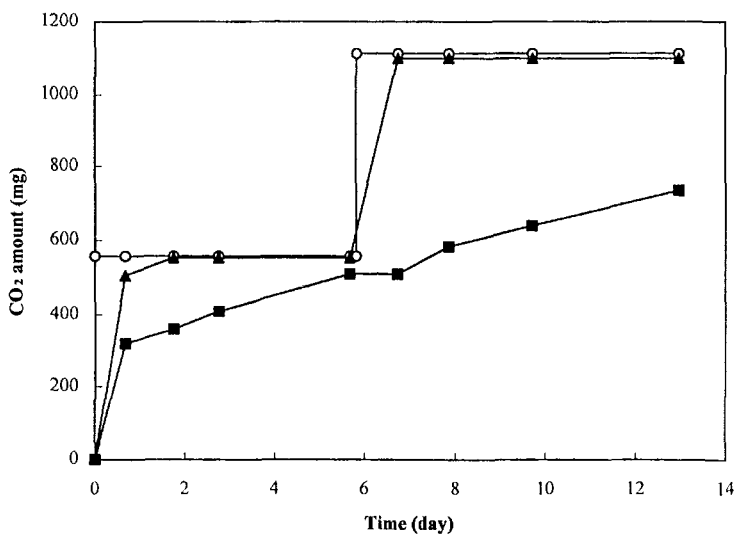


Fig. 8-1. CO<sub>2</sub> absorption behaviour among different absorption materials packed in 5×5 cm HDPE(10 $\mu$ m) pouch. ○: total CO<sub>2</sub> injected; □: CO<sub>2</sub> absorbed on 1.42g CaO; ▲: CO<sub>2</sub> absorbed on 2.69g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; ◆: CO<sub>2</sub> absorbed on 1.48g Mg(OH)<sub>2</sub>; ■: CO<sub>2</sub> absorbed on 1.88g Ca(OH)<sub>2</sub>.



(A)



(B)

Fig. 8-2. Comparison of CO<sub>2</sub> absorption behaviour between Ca(OH)<sub>2</sub> and Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> packed in the sachets of 5×5 cm. (A) sachet of polyolefin PD941 (20 μm); (B) sachet of spunbonded olefin Tyvek (167 μm) on one side and PD941 on the other side. ○: total CO<sub>2</sub> injected; ■: CO<sub>2</sub> absorbed on 1.88g Ca(OH)<sub>2</sub>; ▲: CO<sub>2</sub> absorbed on 2.69g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

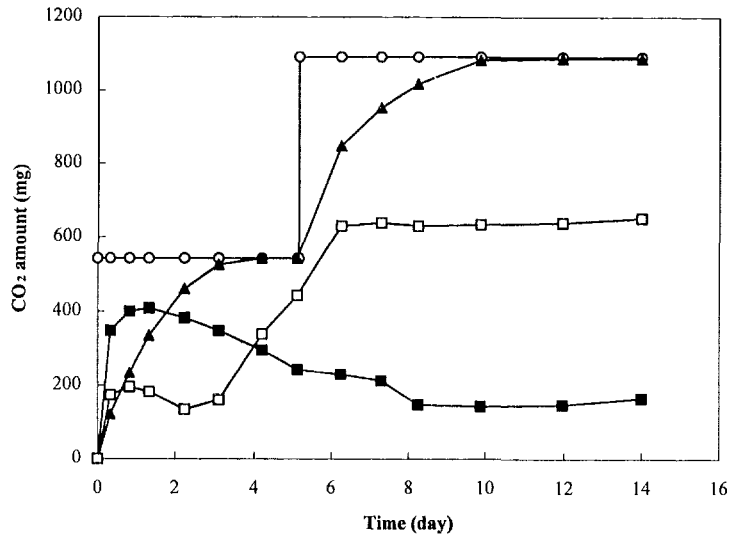


에서 CO<sub>2</sub>의 투과도는 질소와 산소와 같은 다른 기체의 경우에 비해서 높고 (7,8), CO<sub>2</sub> 흡수제 봉지에 사용되는 김치포장의 조건에서 봉지 안팎사이의 CO<sub>2</sub> 분압의 차이도 상대적으로 크기 때문에, 플라스틱 필름의 CO<sub>2</sub> 투과도는 이산화탄소 제거의 속도에 큰 속도제한을 부과하지는 않는 것으로 생각된다. 따라서 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>는 적절한 조건으로 설계되어 김치포장에 적용된다면 다양한 조건으로 유통되는 김치포장에 대해서 적절히 요구되는 조건으로 CO<sub>2</sub>를 제거할 수 있을 것으로 판단되며, 본 연구에서는 이의 다양한 이용가능성에 대하여 연구검토하였다.

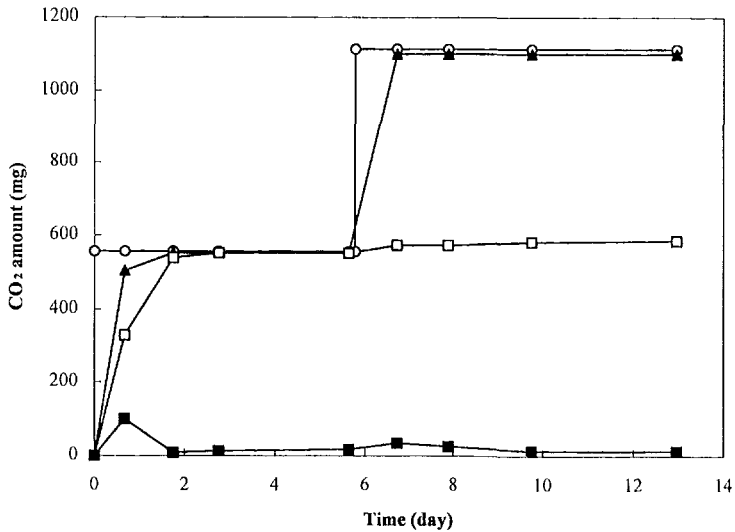
앞의 제7장에서 살펴본 바와 같이 제올라이트는 이산화탄소를 흡착제거할 수 있지만, 수분이 존재하는 포장환경에서는 그 흡착공극에 CO<sub>2</sub>보다 수분이 선택적으로 흡착되게 되므로 (2,9), 포장내의 CO<sub>2</sub>를 흡수제거하는 데에 제약이 있다. 그러나 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>와 제올라이트를 함께 섞어서 사용하면, 수분은 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>에 의해서 이산화탄소와 반응하여 제거되므로 (식 (8-3)), 제올라이트가 지속적으로 이산화탄소 흡착능력을 보유할 수 있다. 이러한 효과는 Fig. 8-3에 의하여 확인되고 있다. 따라서 이러한 점은 제올라이트에 의한 가역적 CO<sub>2</sub> 흡착을 보다 동적으로 김치포장에 이용할 수 있도록 하는 것이다. 즉, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>와 제올라이트의 혼합사용은 CO<sub>2</sub> 제거속도와 정도를 제어하는 변수로 사용될 수 있다.

또한 식 (8-1)과 식 (8-3)의 검토에 의하면, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>를 Ca(OH)<sub>2</sub>와 혼합하여 사용하면 CO<sub>2</sub> 제거의 상승을 기대할 수 있는 것으로 분석된다. 즉, Ca(OH)<sub>2</sub>는 식 (8-1)에서 나타난 대로 CO<sub>2</sub>를 제거하면서 수분을 함께 생성하며, 이 수분은 식 (8-3)의 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>의 CO<sub>2</sub> 제거반응에 사용될 수 있으며, 이러한 경우 매우 증가된 이산화탄소의 제거속도를 얻을 수 있을 것으로 기대되며, 이는 실험적으로 Fig. 8-4에 의하여 확인된다.

따라서 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>와 함께 Ca(OH)<sub>2</sub> 및 제올라이트와 같은 이산화탄소 흡수제를 병용해서 사용하게 되면, 그 설계사용조건에 따라 다양한 발효식품의 품질요구조건에 맞는 포장내의 이산화탄소 분압을 유지하는 것이 가능할 수 있다. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>와 Ca(OH)<sub>2</sub>,



(A)



(B)

Fig. 8-3. CO<sub>2</sub> absorption behaviour among different absorption materials packed in 5×5 cm sachets. (A) sachet of spunbonded olefin Tyvek (167μm); (B) sachet of spunbonded olefin Tyvek (167μm) on one side and PD941 (20 μm) on the other side. ○: total CO<sub>2</sub> injected; ▲: CO<sub>2</sub> absorbed on 2.69g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; ■: CO<sub>2</sub> absorbed on 7g zeolite powder; □: CO<sub>2</sub> absorbed on 1.35g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> with 3.5g zeolite.

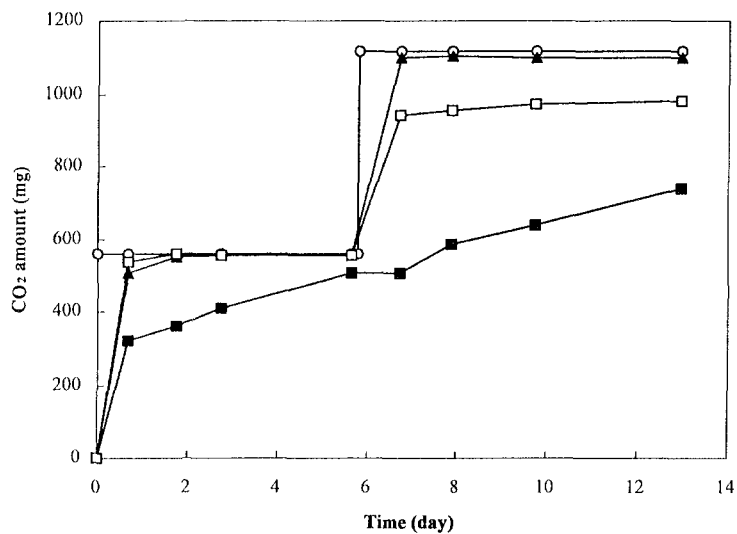


Fig. 8-4. CO<sub>2</sub> absorption behaviour among different types of absorbent packed in 5×5 cm sachet. Each sachet was packed in 5×5 cm sachet fabricated from spunbonded olefin Tyvek (167μm) on one side and PD941(20μm) on the other side, respectively. ○: total CO<sub>2</sub> injected; ▲: CO<sub>2</sub> absorbed on 2.70g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; ■: CO<sub>2</sub> absorbed on 1.88g Ca(OH)<sub>2</sub>; □: CO<sub>2</sub> absorbed on 0.94g Ca(OH)<sub>2</sub> with 1.35g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

제올라이트의 비율의 조정이나, 이를 싸는 플라스틱 필름의 수분투과도를 제어함에 의하여 원하는 속도로 CO<sub>2</sub>를 제거할 수 있을 뿐 아니라, 흡수되는 CO<sub>2</sub>의 양도 조절할 수 있을 것이다. 또, CO<sub>2</sub> 제거 속도의 제어를 위해서나 사용의 편의성을 위해서, 이러한 CO<sub>2</sub> 흡수제들을 폴리올레핀계 수지, 폴리스티렌, 폴리염화비닐 등의 플라스틱과 혼합하여 가열 성형함에 의하여 시트나 과립의 형태로 제작할 수도 있을 것으로 생각된다. 이 경우 이산화탄소는 성형된 플라스틱 복합체 내부로 확산되면서 이산화탄소 흡수제와 반응하거나 흡착하여 제거될 수 있을 것이다. 이 플라스틱 복합체의 CO<sub>2</sub> 확산도와 수분 확산도를 적절히 조절함에 의하여 김치 포장내의 이산화탄소 제거속도를 원하는 수준으로 제어할 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 다양한 조건으로 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>에 기본을 둔 포장소재를 제작하고 그 CO<sub>2</sub> 흡수거동을 측정하였다. 김치의 발효 중 CO<sub>2</sub> 발생특성을 고려할 때, 제올라이트의 가역적인 CO<sub>2</sub> 흡착을 이용하는 것은 많은 가능성을 가진 것으로 여겨져서 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>와 제올라이트의 혼합에 의한 포장소재를 제작하고 시간에 따른 다양한 CO<sub>2</sub> 흡수제거의 과정을 얻을 수 있는지를 점검하였다. Fig 8-5에서는 그 결과의 하나를 보여주고 있다. 같은 비율의 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>와 제올라이트를 혼합하여 적절한 투과도를 갖도록 조정된 봉지로 제작하거나 플라스틱 시트로 가공하여 CO<sub>2</sub> 흡수의 목적으로 사용하여도 그 흡수속도와 양을 필요에 따라서 적절히 제어할 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 다만 폴리에틸렌(PE)에 혼입시켜 제작된 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>와 제올라이트 혼합소재는 저하된 CO<sub>2</sub> 흡수능력을 보여주었다. 이는 상대적으로 낮은 폴리에틸렌 시트의 낮은 CO<sub>2</sub> 투과도에 기인한 것으로 생각된다. 이러한 연구결과로 볼 때, 다양한 김치의 종류나 유통환경에 따라서 적절한 CO<sub>2</sub> 흡수제거 속도를 갖는 포장소재를 김치포장에 장착함에 의하여 김치포장에서 CO<sub>2</sub> 생성으로 인한 압력발생이나 부피팽창을 완화시키거나 없앨 수 있을 것으로 생각된다.

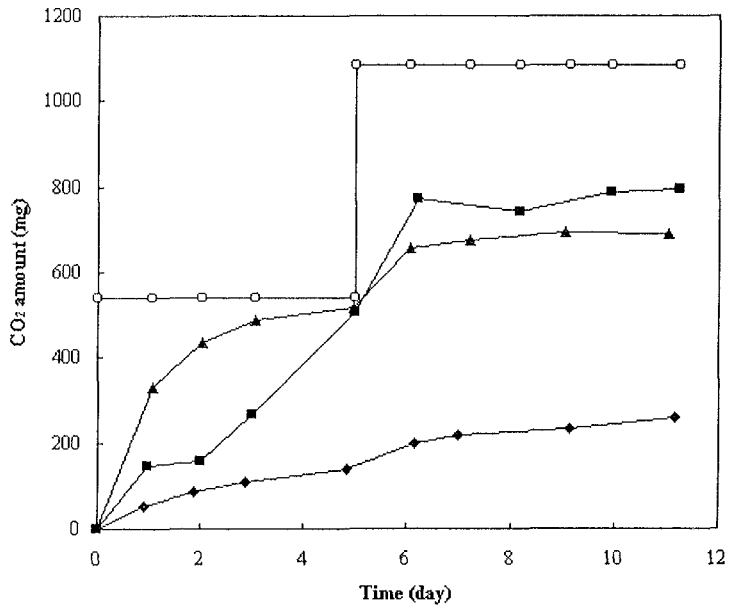


Fig. 8-5. Comparison of CO<sub>2</sub> absorption behaviour among different absorption materials. ○: total CO<sub>2</sub> injected; ▲: CO<sub>2</sub> absorbed on PS sheet incorporated with 1.79g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and 2.33g zeolite powder; ■: CO<sub>2</sub> absorbed on 1.79g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and 2.33g zeolite powder packed in 5×5 cm sachet which is fabricated from spunbonded olefin Tyvek (166.9μm) coated with polyamide except 0.0001m<sup>2</sup> on one side and PD941 on the other side, respectively; ◆: CO<sub>2</sub> absorbed on PE sheet incorporated with 1.79g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and 2.33g zeolite powder.

## 2. 개발된 이산화탄소 흡수제의 김치포장에의 적용

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ 와 제올라이트의 혼합에 의한 포장소재를 김치포장에 장착시키고, 이 때 얻어지는 압력발생과 부피팽창의 억제효과를 실험적으로 검증하였다. Fig. 8-6과 Fig. 8-7에서는  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 와 제올라이트의 혼합소재를 적절한 투과도를 갖는 플라스틱 봉지에 밀봉한 포장소재를 김치포장에 장착시켰을 때, 각각 유리병과 유연포장의 압력과 부피팽창의 정도를 보여주고 있다. 두 경우 모두에서 개발 포장소재를 장착시킨 포장은 대조구에 비해서 현저히 낮은  $\text{CO}_2$ 분압을 나타내고 있으며, 이로 인하여 상대적으로 낮은 압력과 부피팽창을 보였다.

또 다른  $\text{CO}_2$  흡수 포장소재의 제조방법으로서  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 와 제올라이트의 혼합물을 폴리스티렌 (PS)에 20% 농도로 혼합하여 발포성형한 플라스틱 소재를 김치포장내에 장착시키고 포장의 압력이나 부피변화를 측정하였다. 이로부터 개발된 포장소재가 김치포장의 압력발생과 부피팽창의 완화에 기여할 수 있는지의 가능성을 살펴보았으며, 그 결과는 Fig. 8-8~Fig. 8-10에서 제시하였다. 600g 단위 유리병 포장의 Fig. 8-8, 400g 단위 반강성 폴리프로필렌 (PP) 트레이 포장의 Fig. 8-9, 80g 소단위 반강성 PP 트레이 포장의 Fig. 8-10에서  $\text{CO}_2$  흡수 포장소재를 장착시킨 시험포장은 그렇지 않은 대조구 포장에 비해서 현저히 낮아진  $\text{CO}_2$  분압과 함께, 낮아진 압력 혹은 부피팽창을 얻을 수 있었다

이러한 결과로부터  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 함유 포장소재는 김치포장에서 발생하는 이산화탄소를 효과적으로 흡수제거할 수 있는 것이 확인되었다. 실제적으로는 김치의 종류나 저장 유통온도에 따라 발생하는  $\text{CO}_2$ 의 양과 속도는 다양하기 때문에 (제3장 참조), 해당되는 환경조건에 따라 요구되는  $\text{CO}_2$  흡수능력을 갖도록 하기 위해서 구성할 수 있는 포장소재의 조건은 아주 다양할 수 있을 것이며, 이는 그때 그때의 필요에 따라  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 의 함량을 포함한 여러 조건을 다르게 하여 제조할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 15℃의 일반적인 배추김치에 대해서 적용하였으며, 개발된 포장소재의 구체적인 적용은 해당조건에서 요구되는  $\text{CO}_2$  흡수량의 범위에 따라 포장소재의 양과 조

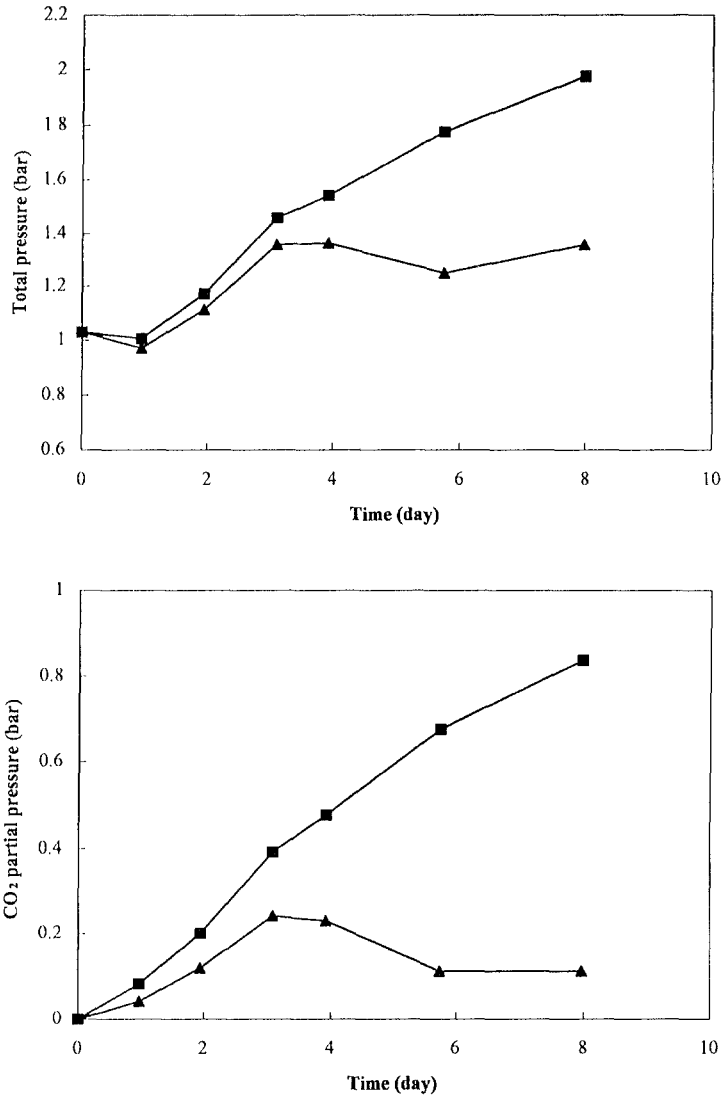


Fig. 8-6. Effect of CO<sub>2</sub> absorption materials on the total pressure change and the CO<sub>2</sub> partial pressure change in 1 L glass jar packages containing 600g of *kimchi*. ■: control package without sachet; ▲: the package attached with 5×5 cm sachet containing 1.79g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and 2.33g zeolite powder. Sachet film was composed of spunbonded olefin Tyvek (167μm) coated with polyamide except 0.0001m<sup>2</sup> on one side and PD941 on the other side, respectively.

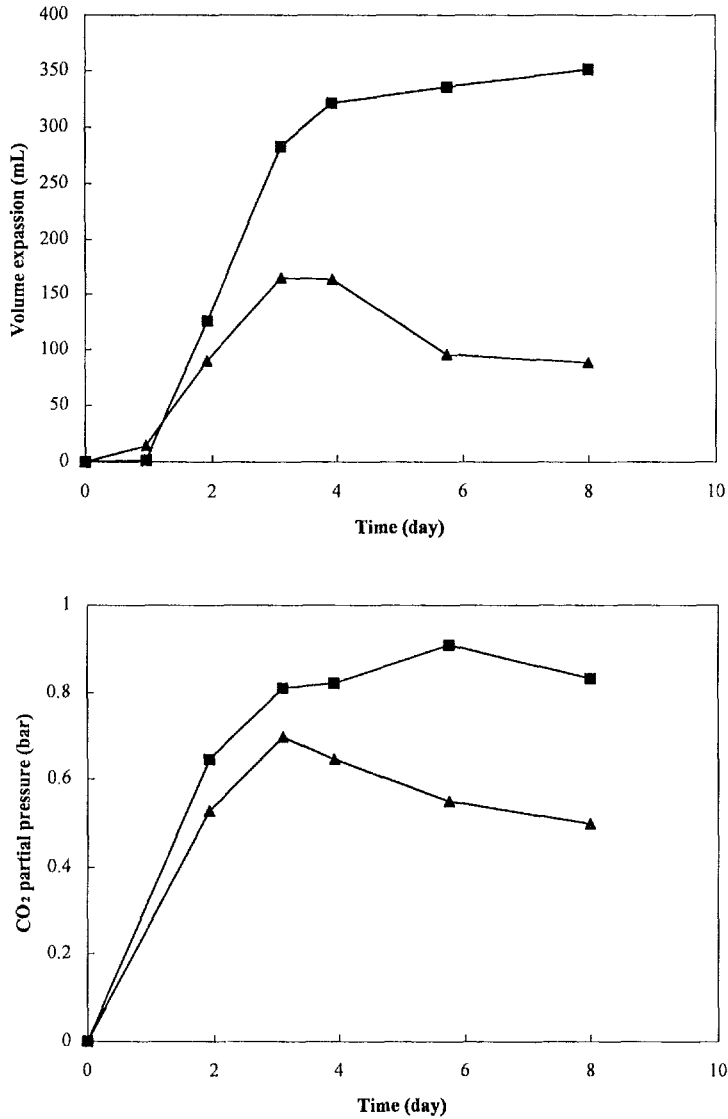


Fig. 8-7. Effect of CO<sub>2</sub> absorption materials on the volume expansion and the CO<sub>2</sub> partial pressure change in 21.5×14.7cm PET/Al/PE pouch packages containing 500g of *kimchi*. ■: control package without sachet; ▲: the package attached with 5×5 cm sachet containing 1.49g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and 1.94g zeolite powder. Sachet film was composed of spunbonded olefin Tyvek (166.9μm) coated with polyamide except 0.0001m<sup>2</sup> on one side and PD941 on the other side, respectively.



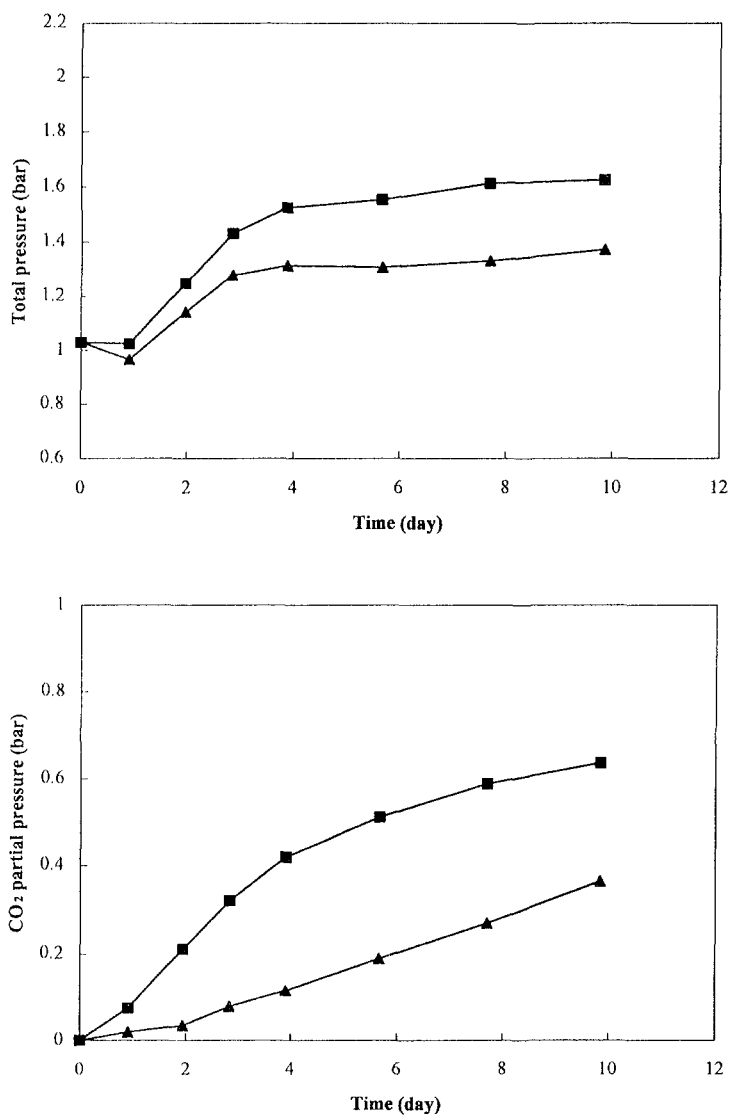


Fig. 8-8. Effect of CO<sub>2</sub> absorption materials on the total pressure and the CO<sub>2</sub> partial pressure change in 1 L glass jar packages containing 600g of *kimchi*. ■: control package without sachet; ▲: the package attached with 20.6g PS sheet incorporated with 1.79g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and 2.33g zeolite powder.

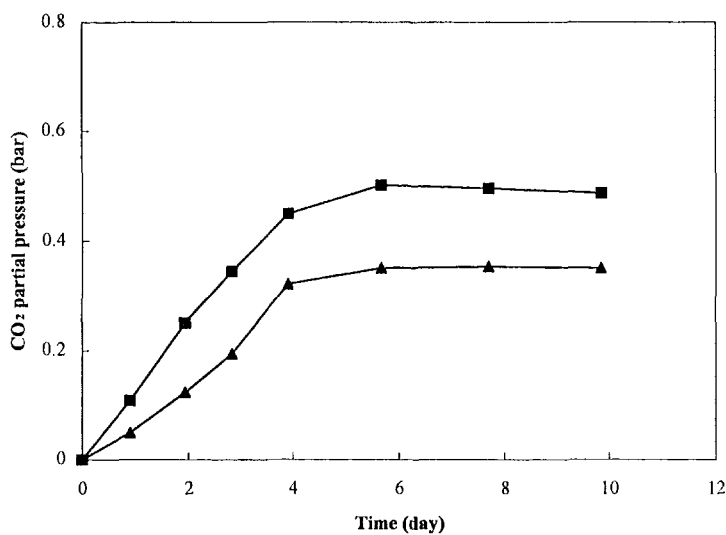
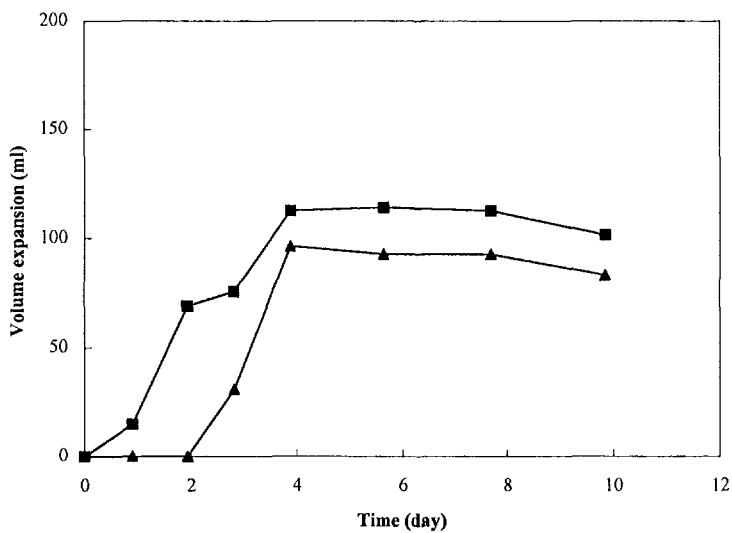


Fig. 8-9. Effect of CO<sub>2</sub> absorption materials on the volume expansion and the CO<sub>2</sub> partial pressure change in PP tray packages containing 400g of *kimchi*. ■: control package without sachet; ▲: the package attached with 13.7g PS sheet incorporated with 1.19g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and 1.55g zeolite powder.

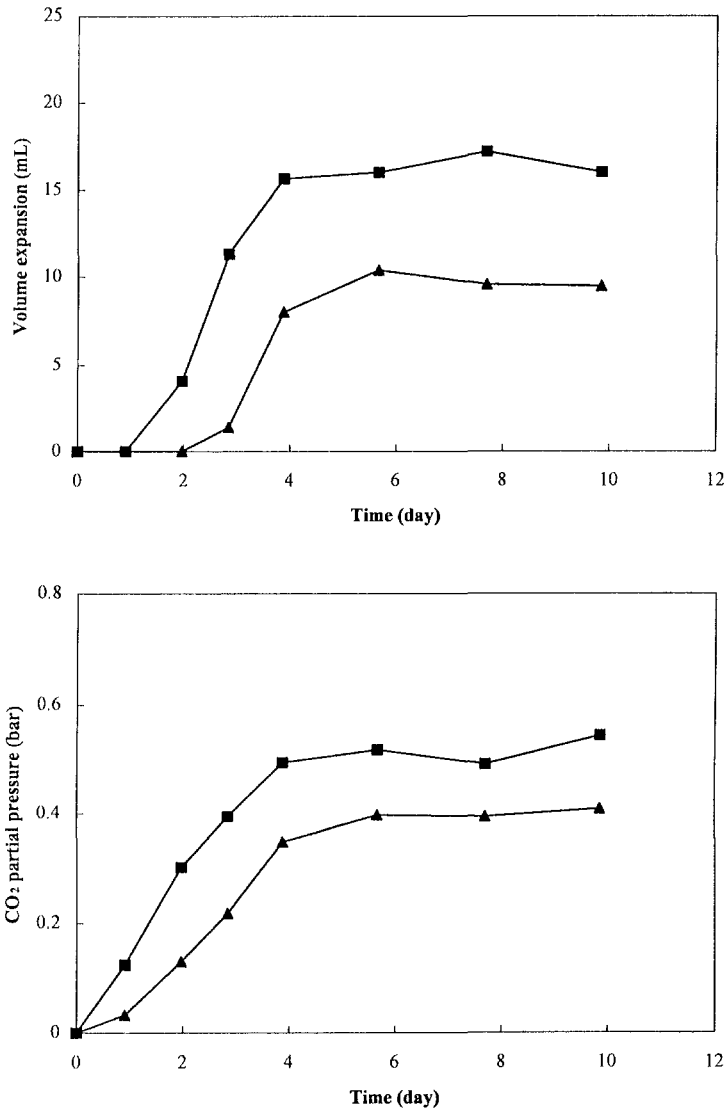


Fig. 8-10. Effect of CO<sub>2</sub> absorption materials on the volume expansion and the CO<sub>2</sub> partial pressure change in small PP tray packages containing 80g of *kimchi*. ■: control package without sachet; ▲: the package attached with 2.7g PS sheet incorporated with 0.23g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and 0.31g zeolite powder.

건을 설계계산하고, 이를 김치포장에 실험적으로 확인검증하는 것이 필요할 것이다.

### 3. 김치포장에서의 핀홀의 최적효과

#### 가. Pinhole의 유무를 통한 핀홀의 필요성 검증

Fig.8-11에서 보는 바와 같이 대조군과 pinhole을 부착시킨 병포장에서는 CO<sub>2</sub>의 증가를 볼 수 있었고(12), hole만 있는 병포장일 경우 CO<sub>2</sub>의 증가를 전혀 볼 수 없었다. 다만 전체 압력이 1기압을 유지될 뿐 발효에 의한 CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>의 증가, 감소는 전혀 없었다. 그러나 pinhole을 부착시킨 병포장에서는 CO<sub>2</sub>는 점점 증가하다가 후반에는 조금씩 감소하였고 O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>는 점점 감소하여 압력이 1기압을 유지시킴으로써 발효로 인한 부피팽창이나 병포장의 폭음등을 막을 수 있을 것으로 보이고 CO<sub>2</sub> 압력이 증가하여 김치의 독특한 탄산미를 주어 김치의 향미를 더욱 증진시켜주는 것으로 사료되어진다. 대조군의 경우 N<sub>2</sub>압력이 일정하게 유지되고 CO<sub>2</sub>는 점점 증가, O<sub>2</sub>는 조금씩 감소하여 전체기압이 1.4~1.6 (bar) 정도로 증가하여 김치액의 누수와 외관의 손상등을 막을 수 없을 것으로 생각되어진다. pH와 Total acidity는 김치품질을 평가하는 이화학적 지표로서 측정하였다. pH와 Total acidity에 있어서 적숙기인 발효 3일 째에 pH가 4.3 그리고 Total acidity가 0.6(%)이었다. 이것은 대조군과 실험군이 모두 비슷한 발효양상으로 거의 같은 값을 가짐을 알수 있었다. 그리고 pH는 점점 감소하여 18일째 4.07 로 떨어졌고 acidity는 점점 증가하여 1.02(%)까지 이르렀다(13,14). (Fig. 8-12참조)

#### 나. Pinhole의 길이에 따른 변화

Pinhole의 길이에 따른 기체조성의 변화(Fig 8-13 및 Fig 8-14)를 살펴 보면 CO<sub>2</sub>가 전부 증가하지만 길이에 별 유의적 감소하는 것을 볼 수 있었고 특히 적숙기까지는 대조군보다 오히려 pinhole을 부착한 병포장에서 CO<sub>2</sub>의 함량이 더 많다는 것을 알 수 있었다. 앞 실험에서와 같이 N<sub>2</sub>가 계속 유지된 상태에서 CO<sub>2</sub>의 계속적인 증가

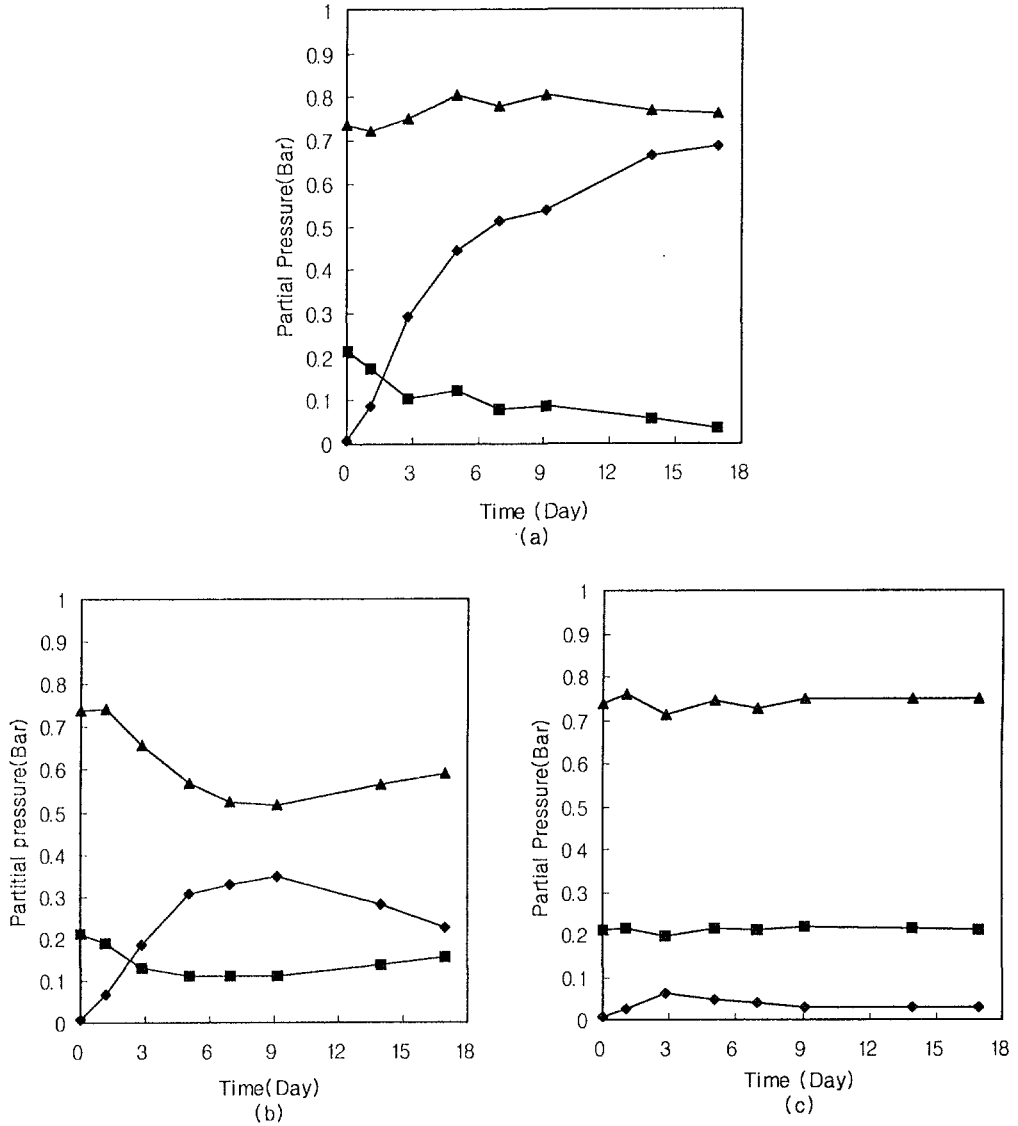


Fig. 8-11. Headspace atmosphere changes of packaged *kimchi* at 15°C. For the pinhole package a capillary of 0.3mm diameter and 100mm length was attached to the cap. control closed package (a), pinhole package (b), hole package (c), Salt content of *kimchi*, 2.62% ; jar volume, 950ml ; *kimchi* fill weight, 600g. ◆ : CO<sub>2</sub> ; ■ : O<sub>2</sub> ; ▲ : N<sub>2</sub>.

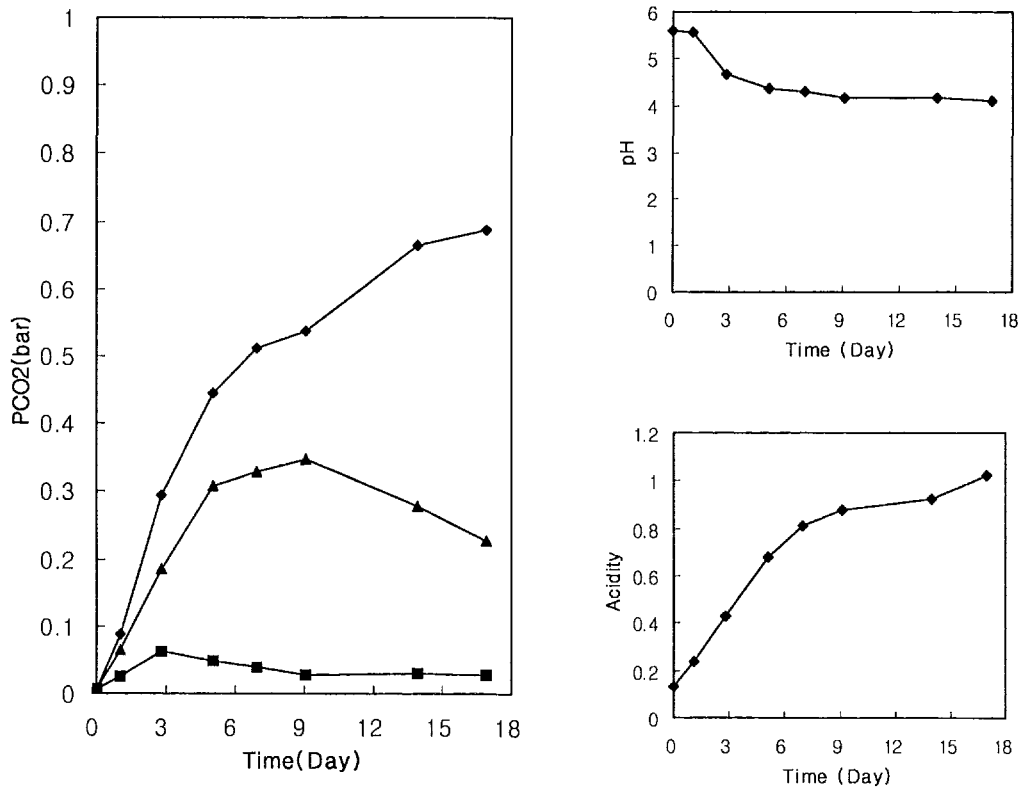


Fig. 8-12. Changes of CO<sub>2</sub> partial pressure, pH, and total acidity of packaged *kimchi* at 15°C. Salt content of *kimchi*, 2.62%; Jar volume, 950ml; *kimchi* fill weight, 600g. ◆, closed control package ; ■, (0.1×40mm) pinhole package ; ▲, (0.1mm)hole package

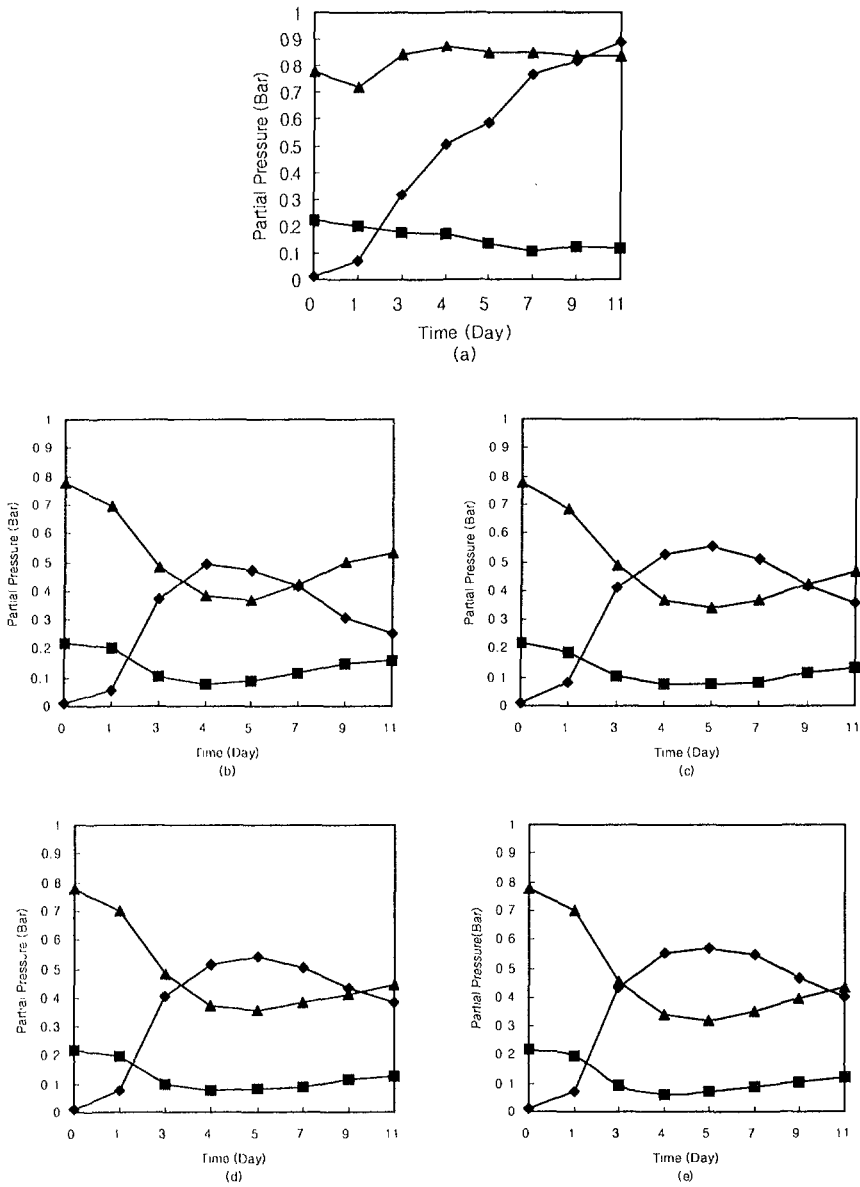


Fig. 8-13. Comparison of partial pressure change with different pinhole dimensions at 15°C. Salt content : 2.84% ; jar volume : 950ml ; *kimchi* fill weight : 600g . (a) : closed control package ; (b) : with pinhole of 0.3×10mm ; (c) : with pinhole of 0.3×40mm ; (d) : with pinhole of 0.3×70mm ; (e) : with pinhole of 0.3×100mm.  $\blacklozenge$  :  $\text{CO}_2$  ;  $\blacksquare$  :  $\text{O}_2$  ;  $\blacktriangle$  :  $\text{N}_2$ .

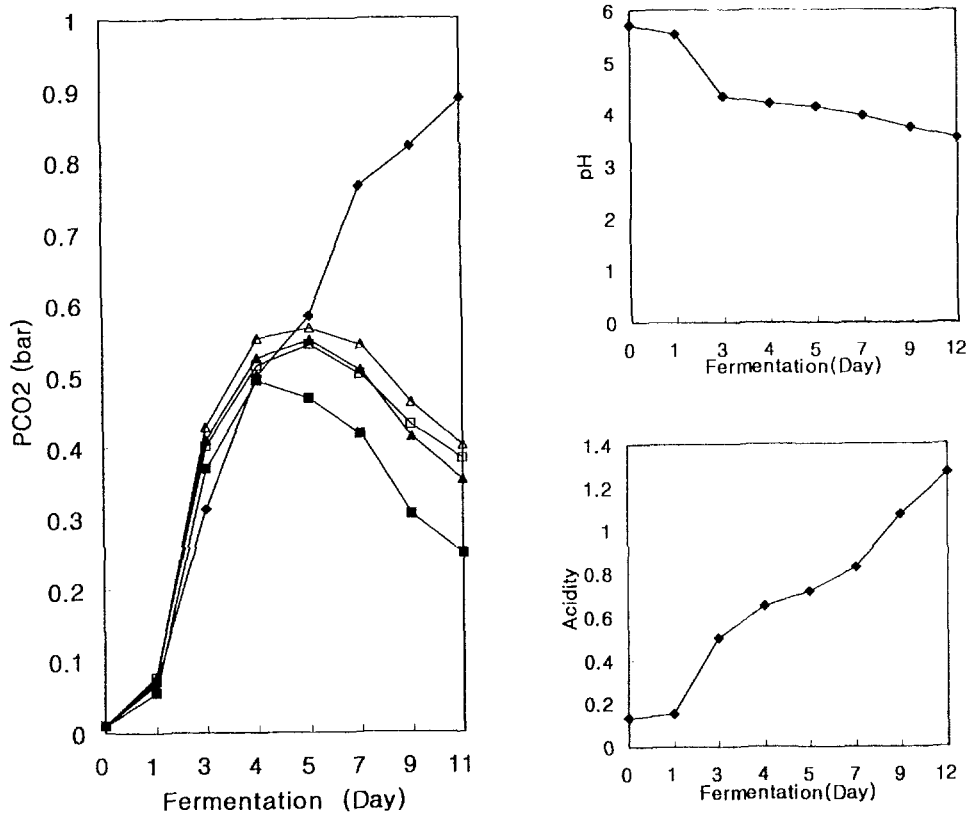


Fig. 8-14. Comparison of CO<sub>2</sub> partial pressure of glass jar *kimchi* packages with different pinhole and pH and acidity of closed control package at 15°C. Salt contents; 2.8% ; jar volume : 950ml ; *kimchi* fill weight : 600g. ◆ : closed control package ; ■ : with pinhole of 0.3×10mm ; ▲ : with pinhole of 0.3×40mm ; □ : with pinhole of 0.3×70mm ; △ : with pinhole of 0.3×100mm.



로 압력이 1.4~1.6기압까지 올라가는 것을 볼 수 있고 pinhole을 부착시킨 병포장에서는 N<sub>2</sub>의 일정한 감소와 CO<sub>2</sub>의 적숙기까지의 증가 그 후 감소로 이어져 전체압력이 1bar를 거의 넘지 않았다. pH와 acidity에 있어서 앞 실험과 비슷한 양상으로 대조군과 pinhole의 길이에 따른 차이를 발견할 수가 없었다. Fig.8-4에서 저장 5일째까지는 pH변화가 급격히 떨어지지만 그 후 완만해지고 acidity도 2째까지는 아무런 변화가 없다가 그 후 급격하게 증가를 보인다(13,14).

#### 다. Pinhole의 직경에 따른 변화

Fig.8-15에서 보는 바와 같이 대조군과 핀홀병포장 모두 CO<sub>2</sub>의 일정한 증가를 보이다가 대조군은 계속적으로 증가하고 핀홀병포장은 발효 일째부터 감소를 보인다. 그리고 N<sub>2</sub>는 대조군에서는 일정하게 유지되지만 핀홀병포장에서는 점점 감소하는 것을 볼 수 있다.

O<sub>2</sub>는 대조군과 핀홀병포장 모두 감소하는 것을 볼 수 있다. 이 실험도 앞 실험과 마찬가지로 직경사이에서의 유의적인 차이점을 발견하지 못했고 적숙기때 대조군보다 더 많은 CO<sub>2</sub>를 생산하여 탄산미가 풍부한 김치, 시원하고 톡쏘는 맛있는 김치로 유지시켜 주었고 CO<sub>2</sub>증가에 따른 N<sub>2</sub>의 감소로 전체기압이 1bar를 유지시키게 하였다. 전체압력은 대조군보다 낮아 pinhole 포장의 필요성 절실히 요구되어진다. pH와 acidity에 있어서 대조군과 핀홀포장 사이에서 별 다른 차이를 발견하지 못했다(Fig. 8-16). 그리고 Fig. 8-16에서 직경에 따른 CO<sub>2</sub>생성량을 비교하였다.보는 바와 같이 적숙기까지는 핀홀을 부착시킨 병포장에서 CO<sub>2</sub>의 생성량이 더 많다는 것을 알 수 있다.

#### 라. 충전율에 따른 최적의 Pinhole조건

Fig. 8-17에서 보는 바와 같이 0.8충전율일 경우 충전율이 너무 높아서 5일간 밖에 실험을 행하지 못했다. 하지만 0.8충전율일 경우 0.3mm×40mm, 0.6충전율일 경우

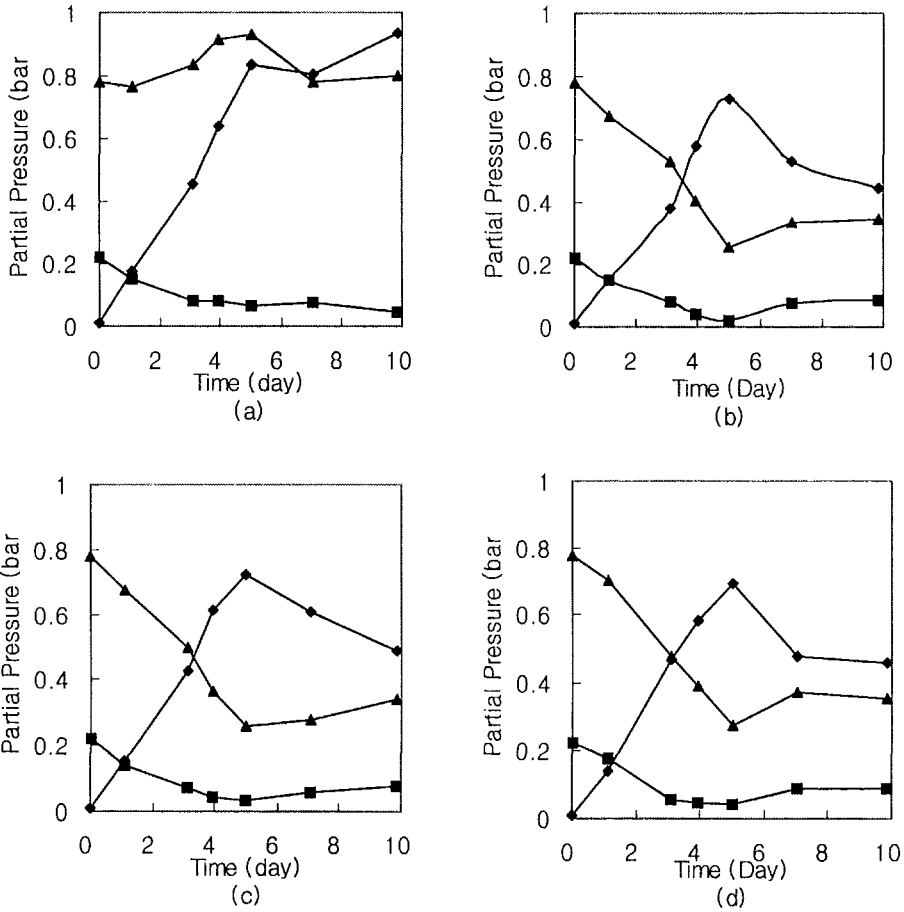


Fig. 8-15. Comparison of partial pressure change with different pinhole dimensions at 15°C. Salt content : 2.8% ; jar volume : 950ml ; kimchi fill weight : 600g . (a) : closed control pakage ; (b) : with pinhole of 0.1×40mm ; (c) : with pinhole of 0.3×40mm ; (d) : with pinhole of 0.5×40mm ; ◆ : CO<sub>2</sub> ; ■ : O<sub>2</sub> ; ▲ : N<sub>2</sub>.

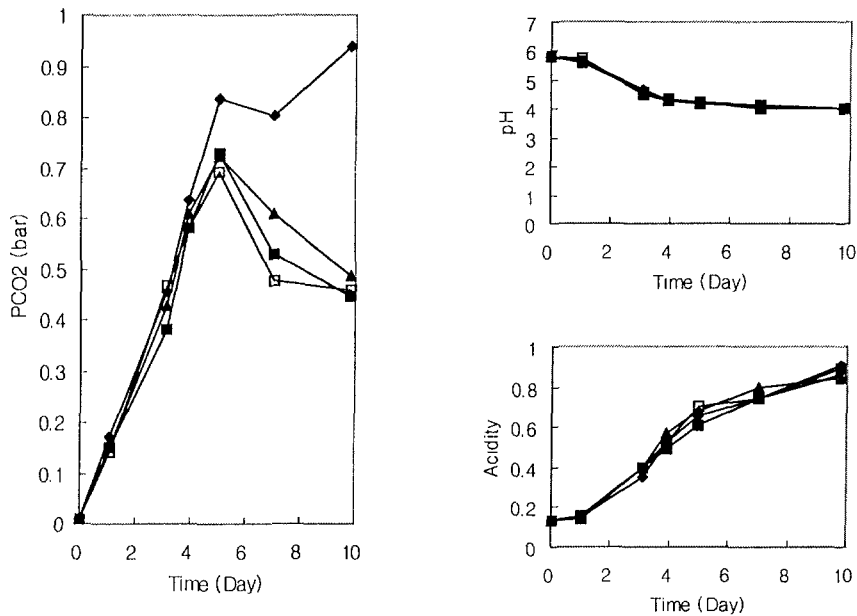


Fig. 8-16. Comparison of CO<sub>2</sub> partial pressure, pH, and acidity of glass jar *kimchi* packages with different pinhole 15°C. Salt contents; 2.8% ; jar volume : 950ml ; *kimchi* fill weight : 600g. ◆ : closed control package ; ■ : with pinhole of 0.1×40mm ; ▲ : with pinhole of 0.3×40mm ; □ : with pinhole of 0.5×40mm.

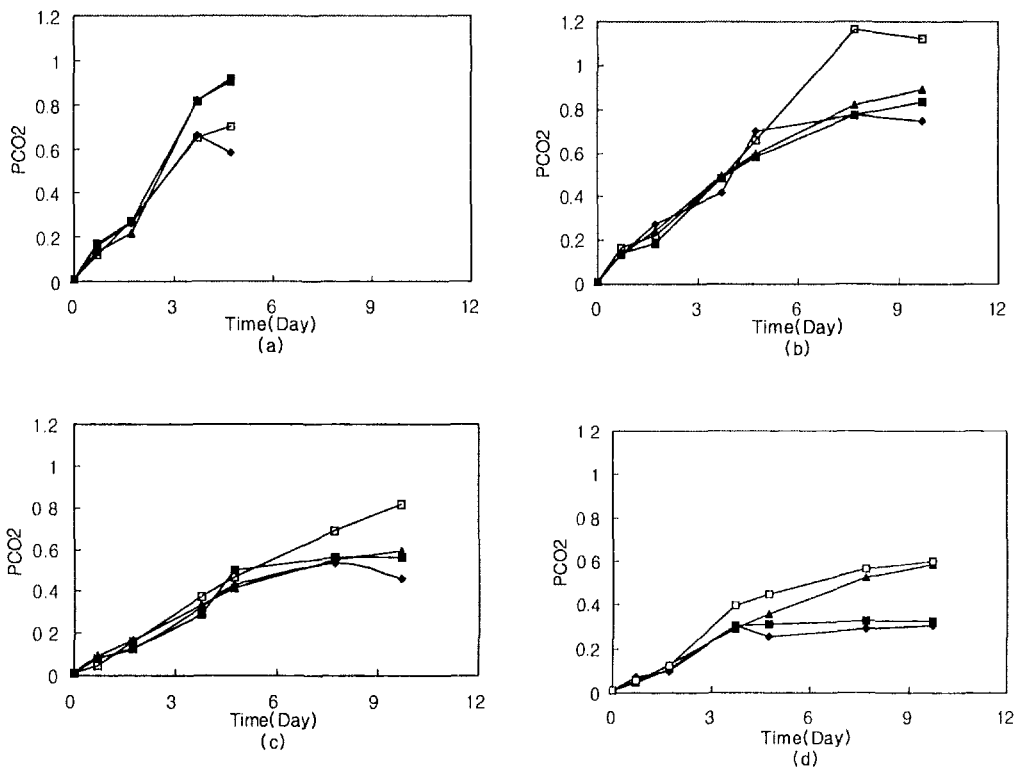


Fig. 8-17. CO<sub>2</sub> partial pressure with different diameters of pinhole at 15°C. *Kimchi* salt contents :2.3%; jar volume :950ml ; pinhole length : 40mm. (a) : fill ratio 0.8 ; (b) : fill ratio 0.6 ; (c) : fill ratio 0.4 ; (d) : fill ratio 0.2. ◆ : 0.5 mm ; ■ : 0.3mm ; ▲ : 0.1mm ; □ : control closed package.

0.5mm×40mm 그리고 0.4충전율일 경우 0.3mm×40mm이 가장 CO<sub>2</sub> 함량이 높은 것으로 나타났다. 대부분 비슷한 양상으로 직경에 큰 영향을 미치지 못했다. 만약 최적의 조건을 찾는다면 충전율이 0.4이상일 경우 0.3mm의 직경일 때가 가장 좋다고 할 수 있고 0.2 충전율일 경우 0.1mm의 직경일 경우가 가장 좋다고 할 수 있을 것으로 본다. pH와 acidity에 있어서 앞 실험에서와 비슷한 양상으로 4일째 적숙기 pH인 4.3이고 급격히 떨어지다가 점점 완만해져 10일째 4.03이 되었다. 산도는 4일째 0.6(%)이고 10일째는 1(%)에 가까웠다.(Fig. 8-18) 하지만 대체적으로 표현하자면 0.1mm~0.3mm의 직경이 경우가 가장 좋다고 할 수 있고 길이는 10mm이상만 되면 핀홀의 효과를 볼 수 있는 것으로 사료된다(10).

#### 마. 핀홀의 재질을 달리한 실험

Fig. 8-19에서 보는 바와 같이 금속보다는 Plastic 재질이 CO<sub>2</sub>함량을 더 많이 생성하는 것을 볼 수 있고 재질이 금속일 경우 김치에 나쁜 영향(가루떨어짐, 녹스름등)을 주는 것으로 나타났다. pH와 acidity에 있어서 앞 실험과 유사한 경향을 나타내었다.(Fig. 8-20)

#### 바. 여러 가지 필터의 효과

관능실험자의 정략적인 묘사에 의하면 냄새의 유출을 막는 데에는 그다지 큰 효과가 없었고 핀홀의 모세관현상에 있어서도 그다지 별 영향을 주지 못했다. 단지 대조군은 시간이 지날수록 CO<sub>2</sub> 발생량이 증가하여 전체압력이 1.4(bar)이상이 되어 김치액의 누수와 용기의 파손등을 일으킬 수 있을 것으로 보였다.(Fig. 8-21,22) 따라서 활성탄을 이용하여 다시 실험을 하였다. 핀홀이 장착된 병뚜껑에 활성탄을 부착시킨 샘플과 핀홀만 사용한 것, 그리고 대조군으로 하여 활성탄의 효과를 보도록 하였다. 950ml 병 속에 130ml의 병을 넣는 방식으로 하여 작은 병의 뚜껑에 활성탄을 장치하여 950ml의 병을 열어보고 혼련받지 않은 관능요원의 후각으로 냄새정도를 판단

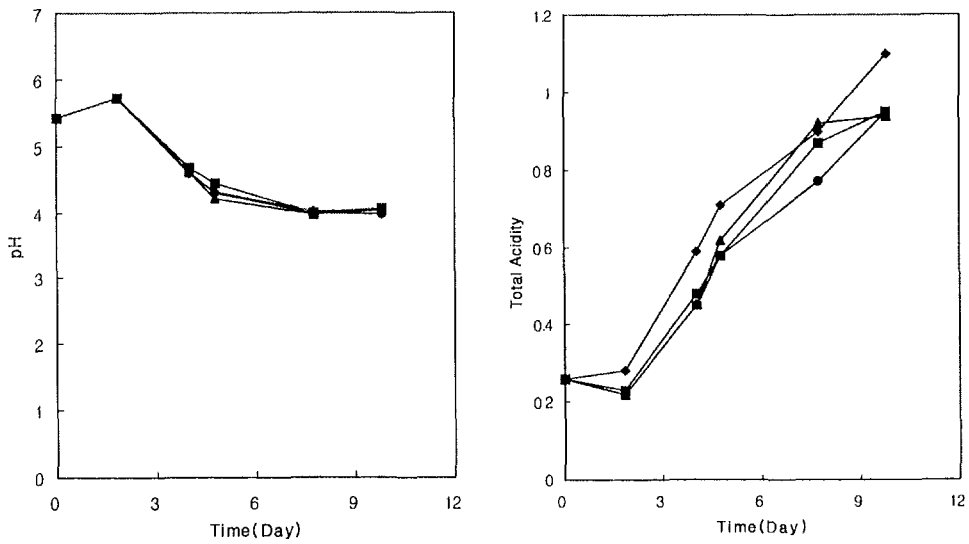


Fig. 8-18. Comparison of pH and acidity of glass jar *kimchi* packages with different pinhole at 15°C. Salt contents; 2.3% ; jar volume : 950ml ; *kimchi* fill weight : 600g ; pinhole length : 40mm. ◆ : fill ratio 0.8 ; ■ : fill ratio 0.6 ; ▲ : fill ratio 0.4 ; ● : fill ratio 0.2.

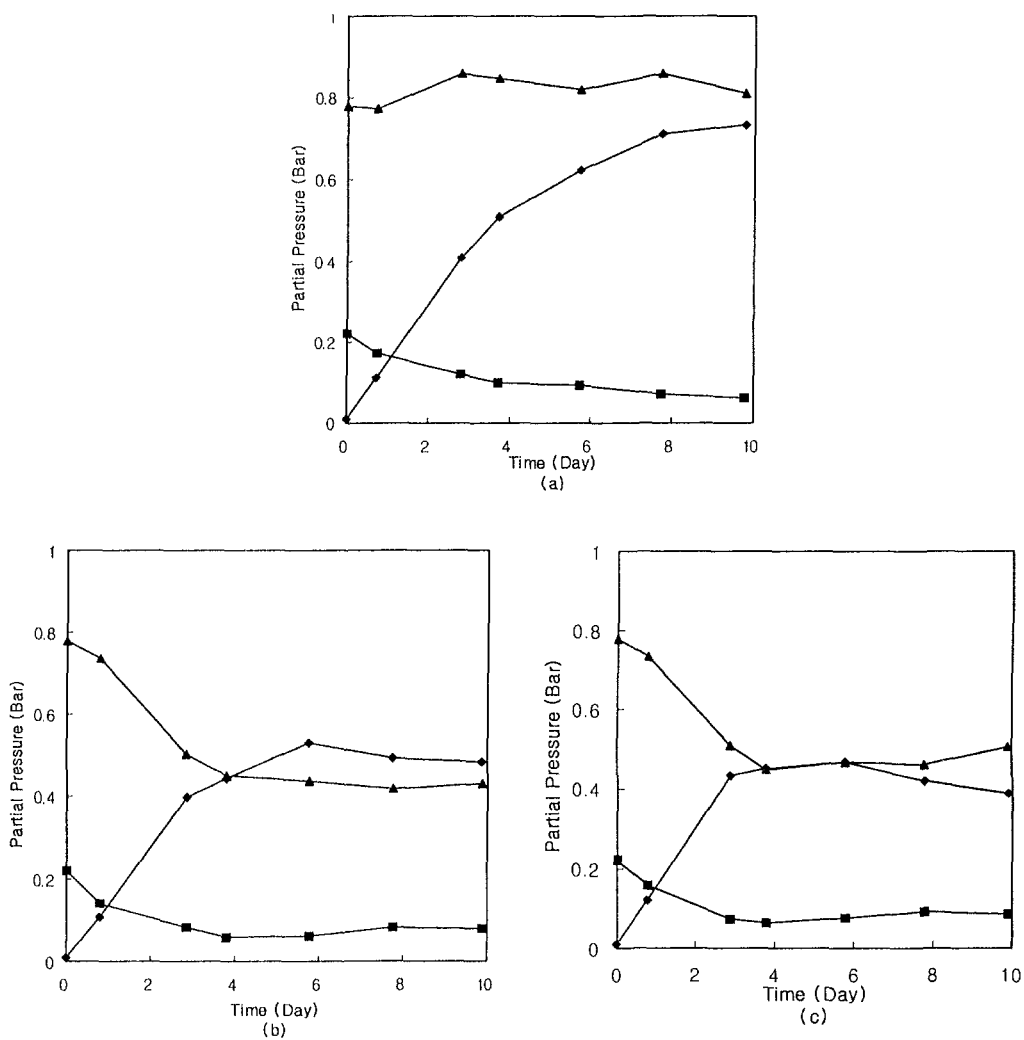


Fig. 8-19. Comparison of partial pressure change with different pinhole dimensions at 15°C. Salt content : 2.3% ; jar volume : 950ml ; kimchi fill weight : 600g . (a) : closed control pakage ; (b) : with plastic pinhole of 0.5 × 40mm ; (c) : with metal(Cu) pinhole of 0.5 × 40mm. ◆ : CO<sub>2</sub> ; ■ : O<sub>2</sub> ; ▲ : N<sub>2</sub>.

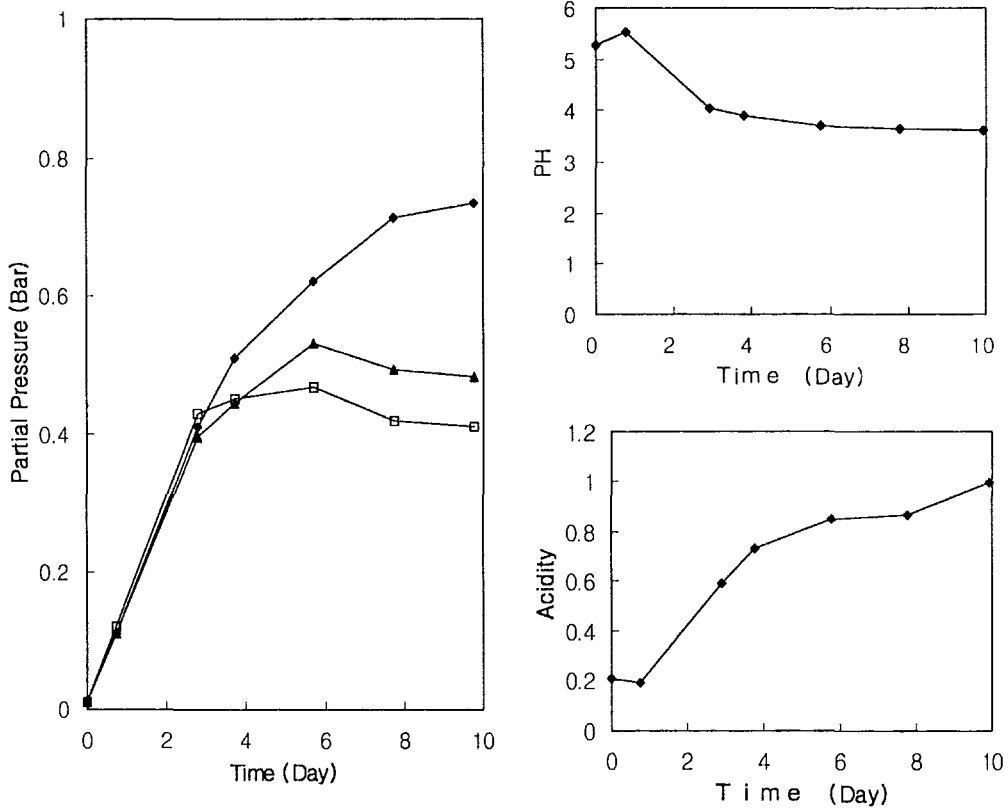


Fig. 8-20. Comparison of CO<sub>2</sub> partial pressure of glass jar *kimchi* packages with different pinhole and pH and acidity of closed control package at 15°C. Salt content : 2.3% ; jar volume : 950ml ; *kimchi* fill weight : 600g .  
 ◆ : closed control package ; ■ : with plastic pinhole of 0.5×40mm ;  
 ▲ : with metal(Cu) pinhole of 0.5×40mm.



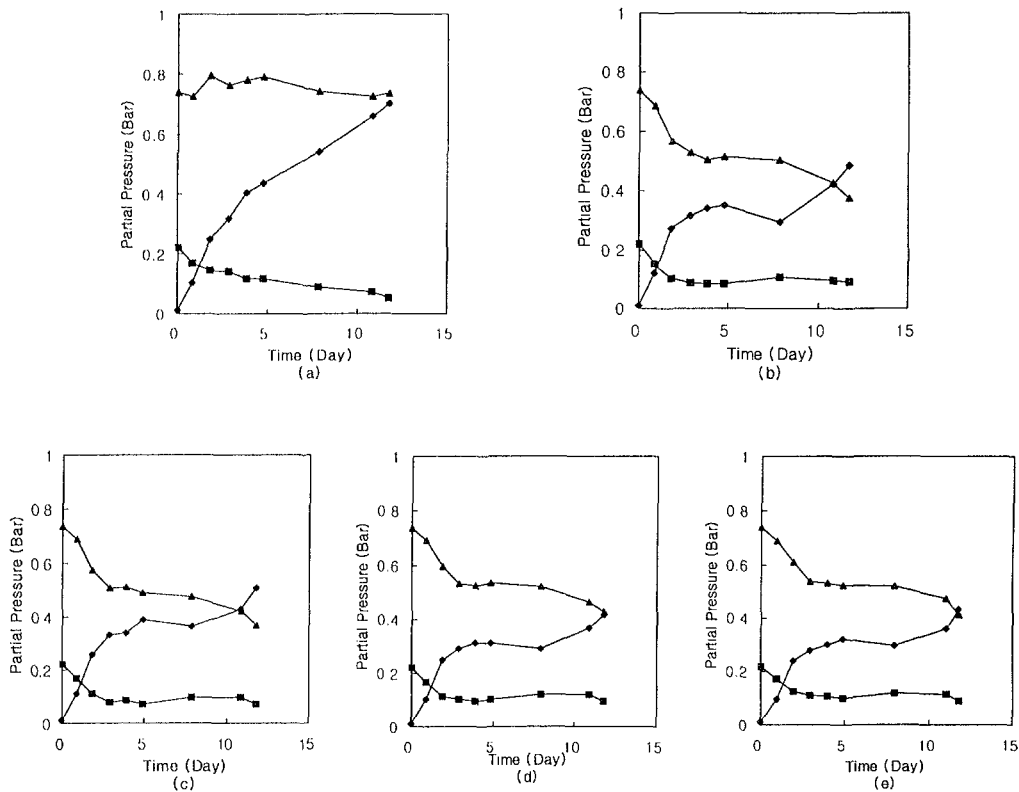


Fig. 8-21. Comparison of partial pressure change of glass jar *kimchi* packages with different pinhole structures at 15°C. Salt content : 2.7% ; jar volume : 950ml ; *kimchi* fill weight : 600g . (a) : closed control package ; (b) : with pinhole (0.3×40mm) and cotton filter ; (c) : with pinhole (0.3×40mm) and sponge filter ; (d) with pinhole (0.3×40mm) and paper filter ; (e) : with pinhole (0.3×4mm) only. ◆ : CO<sub>2</sub> ; ■ : O<sub>2</sub> ; ▲ : N<sub>2</sub>.

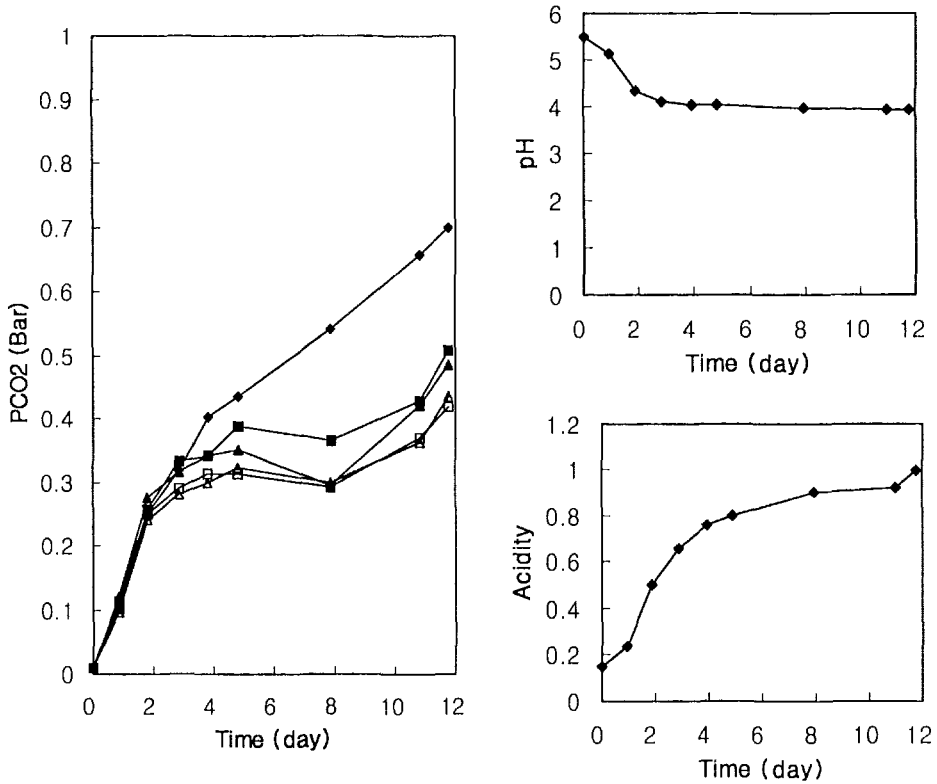


Fig. 8-22. Comparison of CO<sub>2</sub> partial pressure of glass jar *kimchi* packages with different pinhole structures and pH and acidity of closed control package at 15°C. Salt content : 2.7% ; jar volume : 950ml ; *kimchi* fill weight : 600g . ◆ : closed control package ; ■ : with pinhole (0.3×40mm) and cotton filter ; ▲ : with pinhole (0.3×40mm) and sponge filter ; □ : with pinhole (0.3×40mm) and paper filter ; △ : with pinhole (0.3×40mm) only.

하도록 하였다. Fig. 8-23에서 보는 바와 같이 핀홀의 효과는 앞 실험에서와 같이 대조군 보다 적숙기까지는 CO<sub>2</sub>의 함량이 풍부하게 하여 탄산미가 높은 김치로 유지시키게 하였다. 그리고 pH와 acidity에서는 앞에서 행한 것과 별 차이가 없는 것으로 나타났다.(Fig. 8-22) 냄새는 Fig. 8-24 에서처럼 대조군과 거의 유사한 것으로 나타났다고 품질에 있어서도 신맛도 풍부하고, 외관, 종합적인 평가 등을 미루어 보아 오히려 대조군보다 더 좋은 것으로 나타났다.(Fig. 8-25)

#### 사. Tray-용기에서의 핀홀효과

통기성이 있는 tray-용기에 있어서는 pinhole의 효과를 보지 못하는 것으로 나타났다. (Fig. 8-26) 그러나 통기성이 없을 경우 앞의 유리병과 같은 결과를 나타낼 것으로 판단된다.

#### 아. 뚜껑에 부착할 수 있는 prototype의 핀홀뚜껑 제작

기체조성을 보면 적숙기 3~5일까지는 오히려 prototype pinhole package에서 CO<sub>2</sub> 발생량이 더 많은 것을 알 수 있다. 관능검사를 보면 실제 뚜껑을 제작한 것이 대조군보다 우수한 것으로 나타났고(15) 미생물검사를 보면 prototype pinhole package가 적숙기때 김치의 맛을 증진시키는 *Leuconostoc sp.* 가 더 많아 시원하고 특소는 탄산미가 풍부한 김치맛을 내었다. 기체조성을 통해 볼 때에도 전체 압력이 1기압을 넘지 않아 김치액의 누수나 포장의 파괴등의 위험으로부터 막을 수 있을 것으로 본다.(Fig. 8-27 ~ 8-30 참조) 따라서 통기성 조절 간이시스템을 Fig. 8-31과 같이 제작하였다. 김치산업에 좋은 역할을 할 수 있을 것으로 본다.

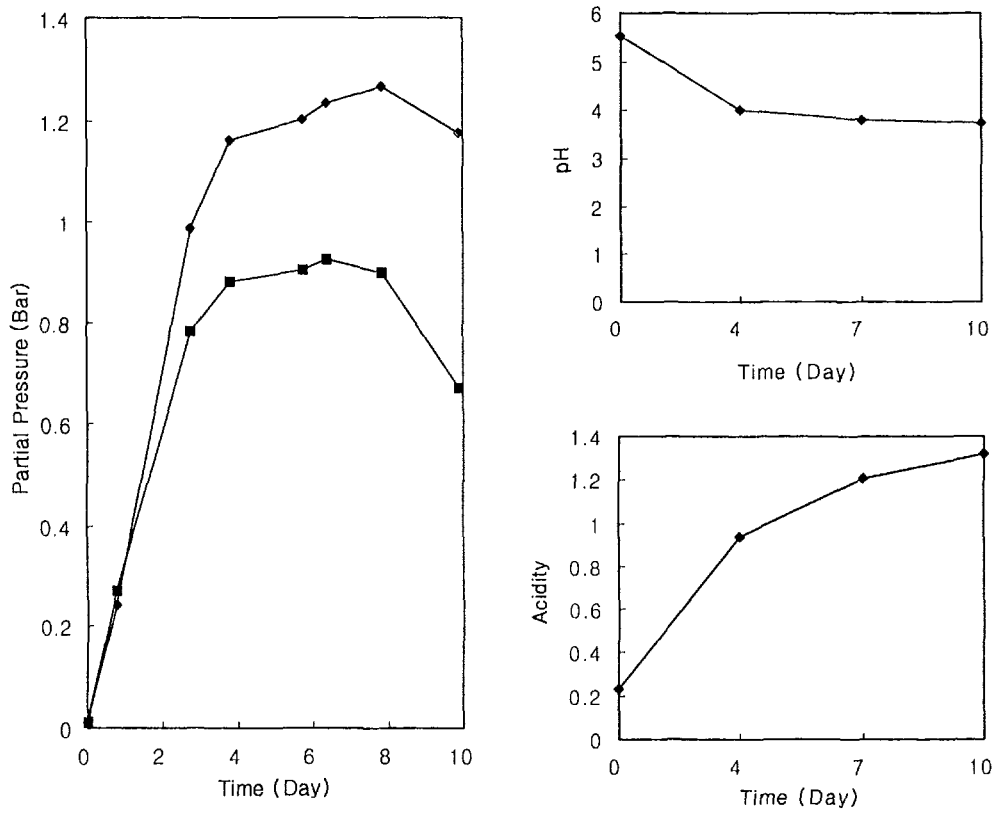
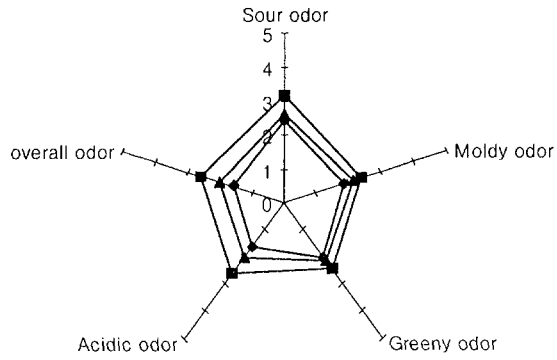
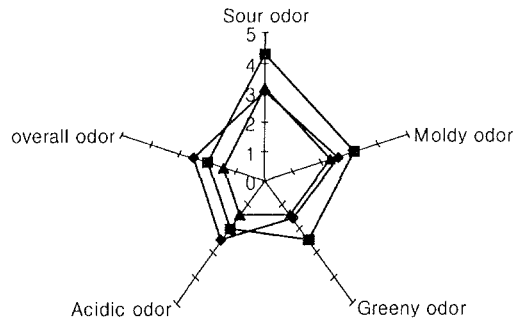


Fig. 8-23. Comparison of CO<sub>2</sub> partial pressure of glass jar *kimchi* packages with different pinhole structures and pH and acidity of closed control package at 15°C. Salt contents : 2.3% ; *kimchi* fill weight : 72g ; glass jar volume : 130ml. ◆ : closed control package ; ■ : with pinhole of 0.1 × 40mm and odor adsorbent of activated carbon.

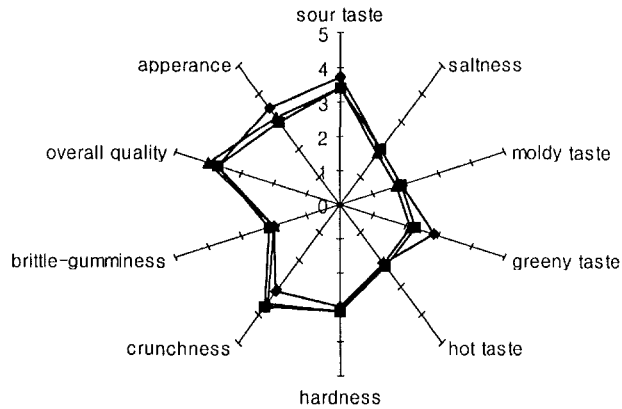


After 3days

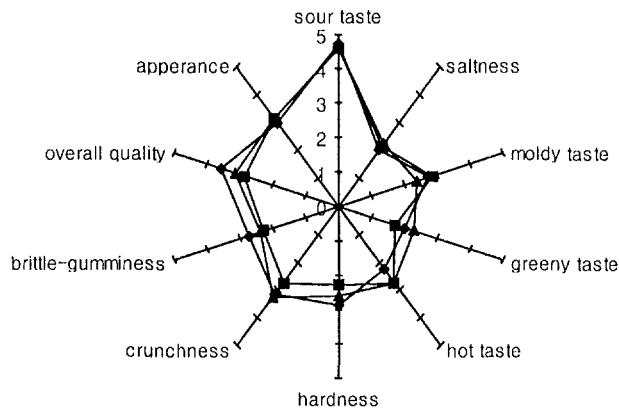


After 6days

Fig. 8-24. *Kimchi* odor sensed by sensory panel members around *kimchi* packages of various designs at 15°C. Salt contents : 2.3% ; *kimchi* fill weight : 72g ; glass jar volume : 130ml. ◆ : closed control package ; ■ : with pinhole of 0.1×40mm ; ▲ : with pinhole of 0.1×40mm and odor adsorbent of activated carbon.



**After 3days**



**After 6days**

Fig. 8-25. Sensory quality of *kimchi* packaged under packages of various designs at 15°C. Salt contents : 2.3% ; *kimchi* fill weight : 72g ; glass jar volume : 130ml. ◆ : closed control package ; ■ : with pinhole of 0.1 × 40mm ; ▲ : with pinhole of 0.1 × 40mm and odor adsorbent of activated carbon. 1) sensory characteristics rated on 5-point scale : 1-extremely bad, 5-extremely good in subjective evaluations (appearance, overall quality). And 1-extremely weak, 5-extremely strong in subjective evaluations (sour taste, saltiness, moldy taste, greeny taste, hot taste, hardness, crunchiness, and brittle-gumminess).

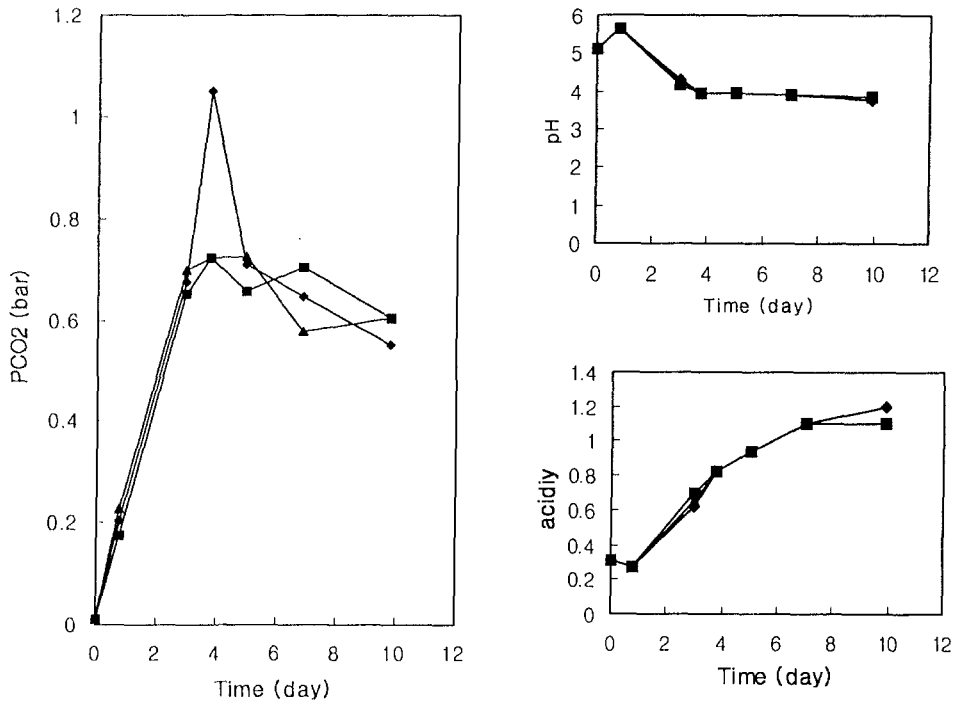


Fig. 8-26. Comparison of CO<sub>2</sub> partial pressure of PET tray *kimchi* packages with different pinhole dimensions and pH, acidity at 15°C. Salt content : 2.2%; jar volume: 480ml; *kimchi* fill weight: 300g. ◆ : closed control package; ■ : with pinhole of 0.3\*40mm ; ▲ : with pinhole of 0.1\*40mm.

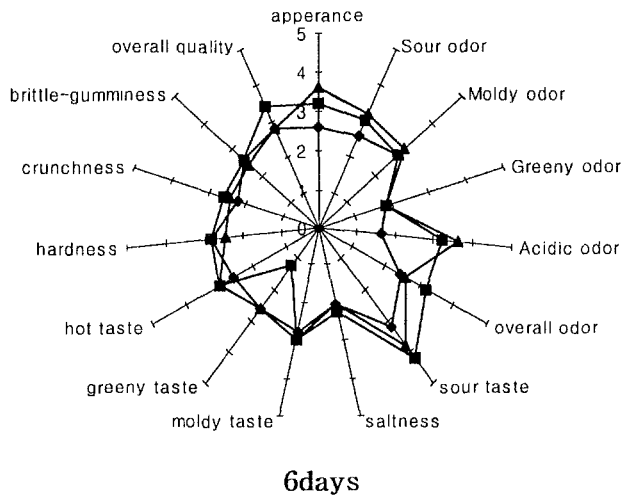
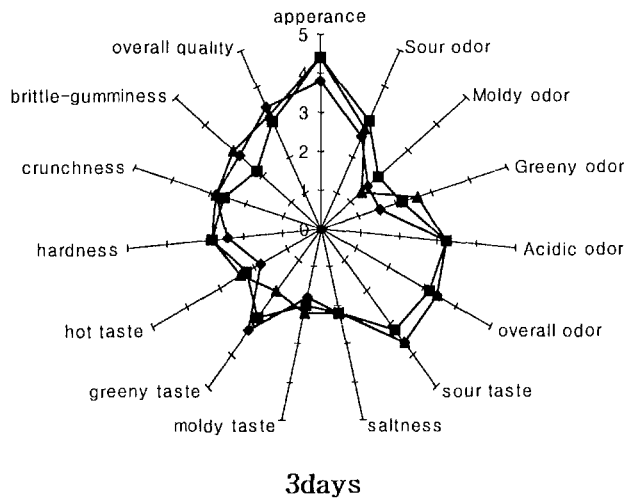


Fig. 8-27. *Kimchi* QDA1) by sensory panel members around *kimchi* packages of various designs at 15°C. Salt content : 2.2%; jar volume: 480ml; *kimchi* fill weight: 300g. ◆ : closed control package ; ■ : with pinhole of 0.3 × 40mm ; ▲ : with pinhole of 0.1 × 40mm. 1) sensory characteristics rated on 5-point scale : 1-extremely bad, 5-extremely good in subjective evaluations(apperance, overall quality). And 1-extremely weak,5-extremely strong in subjective evaluations(sour odor, moldy odor, greeny odor, overall odor, sour taste,saltiness, moldy taste, greeny taste, hot taste, hardness, crunchness, and brittle-gumminess).



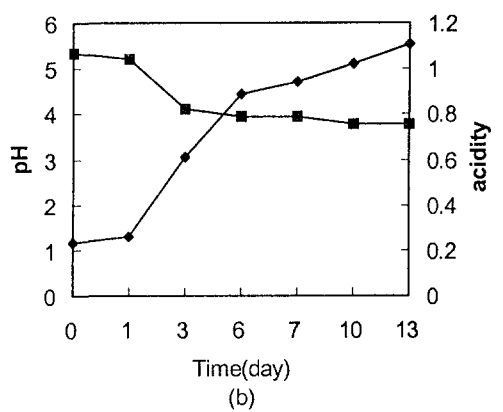
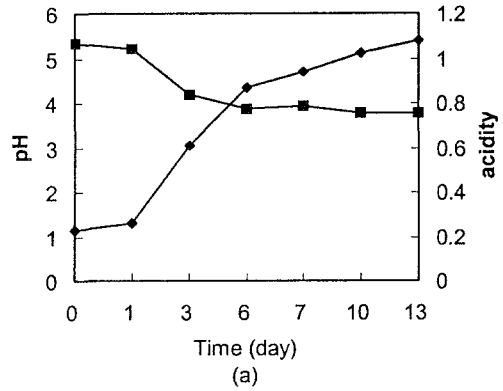
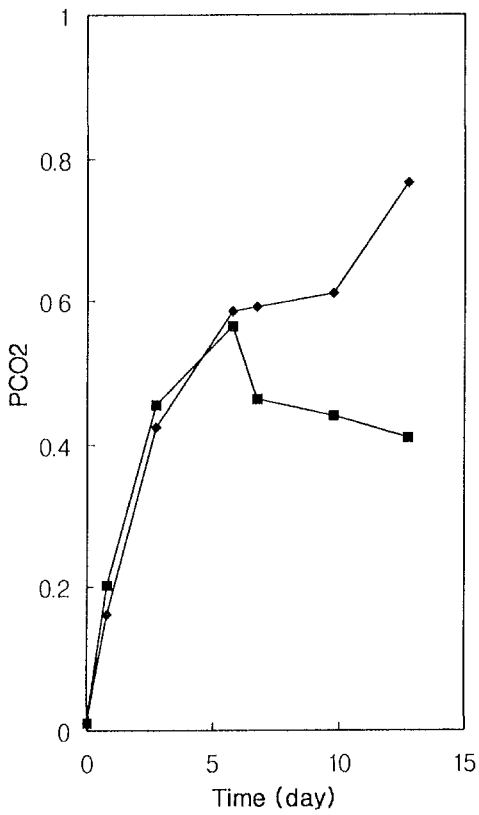


Fig. 8-28. Comparison of CO<sub>2</sub> partial pressure of glass jar *kimchi* packages with different pinhole structures and pH and acidity of closed control package at 15°C. Salt contents : 2.2% ; fill weight : 600g ; glass jar volume : 950ml. ◆ : closed control package ; ■ : prototype pinhole package.

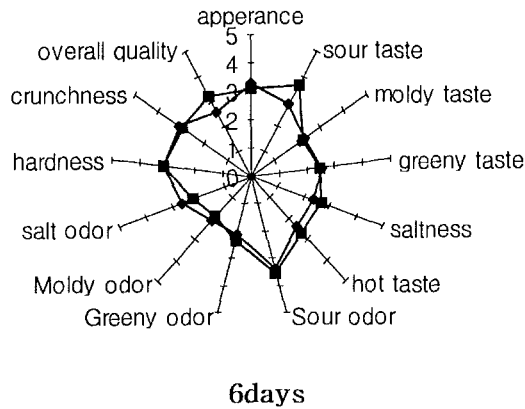
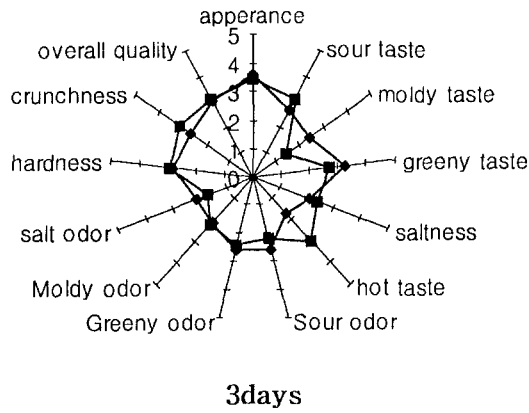


Fig. 8-29. *Kimchi* QDA1) by sensory panel members around *kimchi* packages of various designs at 15°C. Salt content : 2.2%; jar volume: 950ml; *kimchi* fill weight: 600g. ◆ : closed control package ; ■ : prototype pinhole package. 1) sensory characteristics rated on 5-point scale : 1-extremely bad, 5-extremely good in subjective evaluations (appearance, overall quality). And 1-extremely weak, 5-extremely strong in subjective evaluations (sour odor, moldy odor, greeny odor, overall odor, sour taste, saltiness, moldy taste, greeny taste, hot taste, hardness, crunchiness).

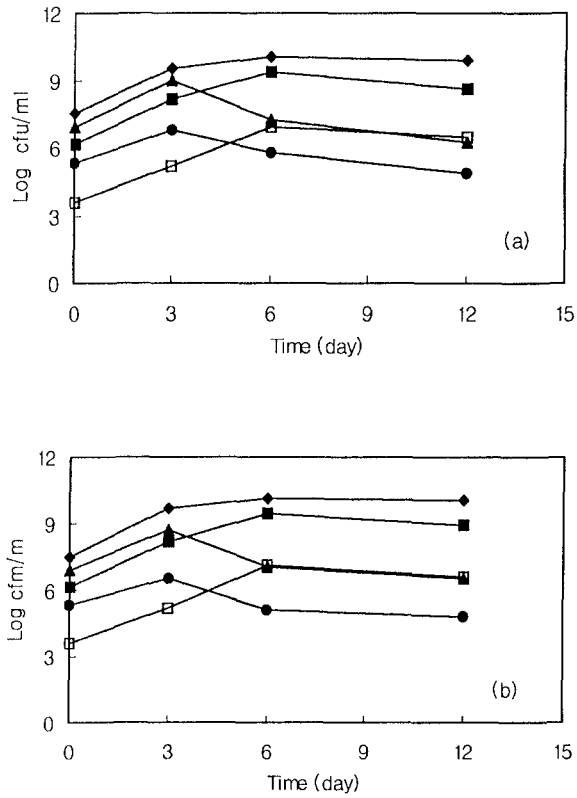


Fig. 8-30. Microfloral change of lactic acid bacteria during kimchi fermentation at 15°C. Salt content : 2.2%; jar volume: 950ml; kimchi fill weight: 600g. (a) : closed control package; (b) : prototype pinhole package. ◆ : Total viable count, ■ : *Lactobacillus*, ▲ : *Leuconostoc*, ● : *Streptococcus*, □ : *Pediococcus*

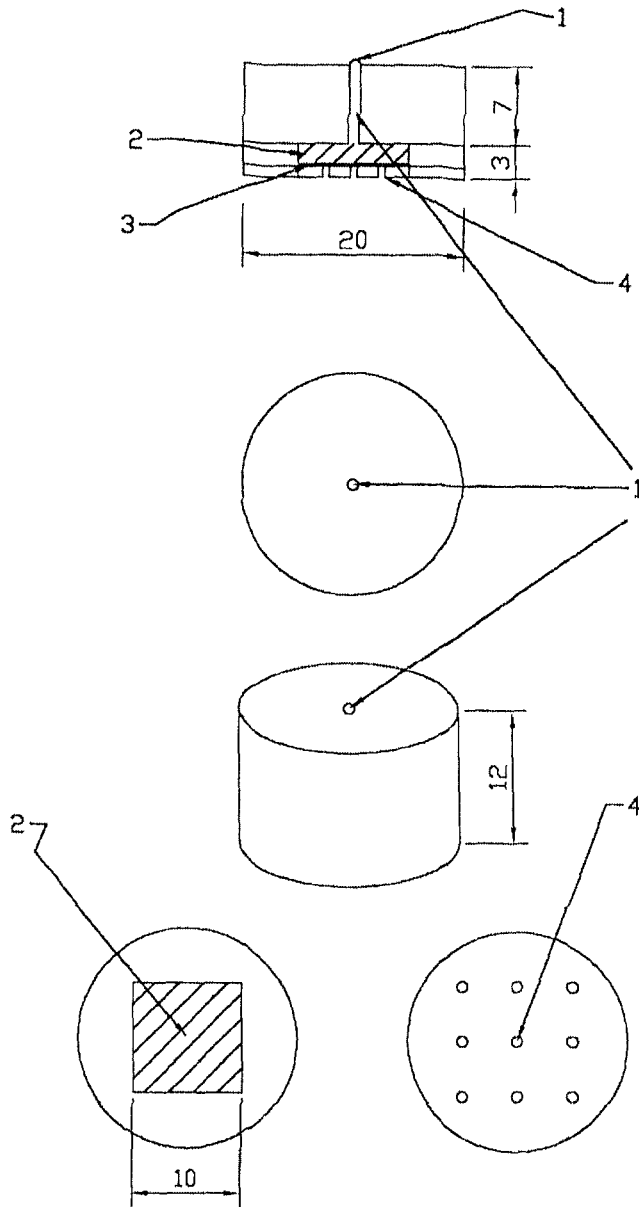


Fig. 8-31. Simple system for controlling the pressure buildup and volume expansion in product package of *kimchi*. 1: pinhole (diameter 0.1~1.5mm, length 10mm); 2: active carbon sheet ; 3 : permeable film and paper ; 4 : hole.

## 제 4 절 결 론

김치포장내에서 생성되는 이산화탄소를 화학적 반응에 의하여 제거할 수 있는 여러 가지 화합물의 이산화탄소 제거특성과 그 능력을 비교검토하였다. 기존에 상업적으로 사용되는 탄산칼슘 ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )에 비교하여 다양한 조건으로 사용될 수 있는 이산화탄소 흡수제로서 탄산나트륨 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )을 발굴하였고 이의 김치포장에의 적용방법을 고안하였다. 탄산나트륨은 적절한 수분투과성을 갖는 플라스틱 봉지에 담아서 김치 포장에 장착시키면, 포장내에서 발생하는 이산화탄소를 원하는 속도로 제거할 수 있었다. 또한 필요에 따라서 탄산나트륨을 수산화칼슘이나 제올라이트와도 함께 혼합하여 사용하면서 상호보완적이고 상승적인 이산화탄소의 제거효과를 얻을 수도 있었다. 그리고 목적에 따라서는 이러한 혼합소재들을 플라스틱 봉지에 담은 형태나 플라스틱 시트로 제작하여 포장내에 장착시킬 때, 김치 포장에서 압력발생이나 부피 팽창을 완화시킬 수 있었다. 통기조절 장치로서 핀홀이 존재할 때의 포장내 기체조성의 변화는 밀폐된 포장과 다른 양상을 보였다. 즉, 핀홀을 가진 포장에서 이러한 기체조성의 변화는 통기성으로 인한 것이며, 전체압력도 1기압 수준을 유지시켜 주었다. 또한 김치가 적숙상태로 익었을 때 포장내에 높은  $\text{CO}_2$ 분압을 형성시켜 이때 탄산미가 나는 김치로 익게하는 장점을 가졌다. 핀홀로 인한 불쾌한 냄새의 유출을 막는 데 효과가 좋은 필터로는 활성탄(active carbon) sheet 였다. 충전량에 따른 적정 핀홀의 크기는 직경 0.1mm~0.3mm, 길이 10mm이상의 것으로 높은  $\text{CO}_2$ 분압을 형성시키며 압력발생을 완화시키는 용도로서 적당한 것으로 판단되었다. 이러한 것을 종합해서 compact한 원형의 모형을 제작하여 실제 병포장등에 실험하였더니 효과가 있는 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

1. 두산기술원: 가스흡수제 이용, 김치의 신선도 유지. 포장기술, **65**, 46-48 (1994)
2. Yang, R.T.: *Gas Separation by Adsorption Process*. Butterworths, Boston, USA, pp. 19-25, pp.92-95 (1987)
3. 민태익, 권태완: 김치발효에 미치는 온도 및 식염농도의 영향. 한국식품과학회지, **16**, 443-450 (1984)
4. 우세홍: 식품첨가물. 개문사, 서울, pp.263-265 (1977)
5. Miyake, E. and Araki, A.: Reinforced sheet for container. 일본특허 JP10076619 (1998)
6. Miyake, E. and Araki, A.: Packing for liquid container and cap equipped therewith. 일본특허 JP10237422 (1998)
7. Yasuda, H. and Stannett, V.: Permeability coefficient. In: *Polymer Handbook*, Brandrup, J. and Immergut, E.H. (ed.), John Wiley & Sons, New York, pp.III-229- II-240 (1975).
8. Brown, W.E.: *Plastics in Food Packaging*. Marcel Dekker, New York, USA, pp.292-357 (1992)
9. Ghosal, A.K., Samanta, A.N. & Maiti, B.R.: Experimental study on the simultaneous adsorption of carbon dioxide and moisture from nitrogen in Linde 5A molecular sieves. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, **77**, 997-1002 (1999)
10. 홍석인, 박진숙, 박노현 : 충전율에 따른 포장 김치의 품질 변화, *Korean J. Food Sci. Technol.* **26**(5), 590~595 (1994)
11. 한홍의, 임종락, 박현근 : 김치발효의 지표로서 미생물군집의 측정, 한국식품과학회지, **22**(1), 26~32 (1990)

12. 김미경, 김소연, 우철주, 김순동 : 밀폐용기에서의 김치숙성에 관한 연구 . 한국영양식광학회지, 23(2), 268(1994)
13. 구경형, 강근육, 김추정 : 김치의 발효과정 중 품질변화. 한국식품과학회지. 20(4), 476 (1988)
14. 최홍식 : 김치의 생화학적 특성, 동아시아식생화학회지, 5(2), 75(1995)
15. 이광희, 조형용, 변유량 : 총산도를 기준한 김치의 품질수명 예측모델 연구, 한국식품과학회지, 23(3), 306-310(1991)

여 백



## 제 9 장 결 론

고품질 김치상품 유통을 위한 발효적응형 김치포장기법 개발을 위한 일련의 연구 결과를 정리하여 얻은 결론을 요약하면 다음과 같다.

### 1. 시판김치 포장의 특성 및 현황 분석의 분야에 대한 연구결과

현재 시판되고 있는 김치 상품들의 활용빈도등을 고려해 볼 때 유연포장의 경우는 Al-laminated film계열이, 강성포장재로서 수출용은 유리병, PET병이 주를 이루고 국내용은 주로 PET병이 이용되고 있다. 따라서 유통과정중 가스발생에 의한 부피팽창과 파열의 문제점이 있으며 일부 업체에서는 진공포장과 가스흡수제를 사용하고 있으나 생성되는 가스 처리에 한계가 있음을 알 수 있다. 고품질 김치상품의 유통을 위해서는 발효적응형 김치포장기법이 보다 적극적으로 연구개발되어야 할 것으로 생각되었다.

### 2. 김치의 발효특성 및 CO<sub>2</sub> 발생특성 연구

김치중 맛김치, 깍두기, 갓김치, 백김치, 나박김치등의 5종을 대상으로 4℃와 15℃ 조건으로 하여 발효중 pH변화, 산도의 변화와 함께 CO<sub>2</sub>발생특성을 살펴보았다. 발효 진행에 따라 CO<sub>2</sub>생산은 빠른 속도의 1단계와 느린속도의 2단계 발효 경향(맛김치, 깍두기)과 일정속도의 발생경향(갓김치)등 각각 달리 나타내고 있다. 또한 물김치류에서는 나박김치에서 더 많았고(높았고) 풀의 첨가는 제품종류 간의 차이를 줄였고 지속적인 CO<sub>2</sub>발생경향을 보였다. 깍두기가 가장 먼저 급격한 pH저하를 보여주고 pH3.5부근에서 거의 평행한 수준으로 유지하였고 맛김치는 pH3.8~4.0까지는 급격한 저하현상을 보이다가 약 5일 이후에 pH3.7~4.0의 범위를 나타내고 있어서 발효진행 중 맛김치와 깍두기의 pH변화는 상이하였다. 산도는 깍두기와 맛김치는 발효 5일째 까지 급격한 증가를 보였다. 갓김치는 pH와 총산의 변화에서 가장 느린 발효의 진행

을 보여주었다. 백김치, 나박김치와 같은 물김치에서의 pH는 큰 차이가 없었고 총산에 있어서는 풀을 첨가한 김치에서 총산의 증가가 더욱 컸다. 이것은 풀의 첨가가 꾸준하고 지속적인 CO<sub>2</sub>발생을 보일뿐 아니라 양념 등의 차이에 의한 김치간의 CO<sub>2</sub> 발생에서의 차이를 없애는 역할을 하는 것으로 해석되었다.

### 3. 김치 포장의 압력발생 및 부피팽창에 미치는 변수 규명

김치의 강성용기포장과 유연포장에 대해서 압력 및 부피의 변화를 예측할 수 있는 수학적 모델을 확립하고 여러 조건의 영향을 분석한 결과, 400 g 단위의 강성용기에 대해서 CO<sub>2</sub> 투과도가 높은 시트와 초기 진공포장의 적용에 의하여 압력완화의 목적을 얻을 수 있으며, 추가적으로 충전량을 작게 하면 압력발생을 줄일 수 있었다. 3 kg 단위의 유연포장에 대해서 LDPE 및 PP와 같은 기체투과성이 큰 플라스틱 필름에 의하여 부피 팽창을 줄일 수 있으며, 특히 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>에 비해 CO<sub>2</sub>의 투과가 큰 필름이 이에 효과적이었다. 기체투과도가 큰 유연포장의 표면적을 증가시킴에 의해서 부피팽창을 줄이는 효과는 거의 없었다. 비투과성 강성용기 및 유연포장에서 파숙상태에서 (총산 1.0%) 얻어지는 압력과 부피는 저온일수록 증가하였으나, 적숙상태에서는 (총산 0.6%) 온도의 영향은 아주 경미하였다. LDPE의 투과성 강성용기포장에서 모든 숙성단계에서 얻어지는 압력은 온도증가에 따라 약간 증가하였으며, 유연봉지에서는 온도의 영향이 미미하였다.

### 4. 포장조건에 따른 김치의 발효특성과 CO<sub>2</sub> 발생 측정

부피 950 mL의 병에 충전 포장된 김치에서 총산 0.4% 이하의 발효초기에는 충전량이 작을수록 pH가 낮고 총산이 높아서 김치발효가 약간 빨랐으나, 그 이후에는 pH, 총산 모두에서 비슷한 수준을 보였다. 김치로부터의 단위중량기준 CO<sub>2</sub> 생산은 충전량 300g 단위가 유의하게 빨랐으나, 500g 충전과 700g 충전은 서로간에 뚜렷한 유의성 있는 차이를 보이지는 않았다. 일반적인 충전량이 950 mL 용기에 600g 이상임을 고려한다면 현실적인 포장조건에서의 충전량이 CO<sub>2</sub> 생산속도에 미치는 영향은

크지 않을 것으로 평가되었다. 1 L 유리병 용기에 600g 단위로 포장된 김치에서 진공도가 낮을수록 CO<sub>2</sub>발생은 유의하게 높았고, pH와 총산의 변화에서는 낮은 진공도에서 약간 빨랐다. 높은 진공도 조건에서 CO<sub>2</sub> 발생이 크므로 압력상승이 상대적으로 크지만, 진공포장을 하면 저장 초기에 1기압 이하로 유지할 수 있는 이점으로 인하여 진공포장은 압력발생을 완화시킬 수 있는 좋은 보조수단이 될 수 있는 것으로 판단되었다.

#### 5. 김치포장용 유연포장필름의 발굴

높은 이산화탄소 투과도를 갖는 무정형 나일론 적층필름인 P71197의 김치포장에서의 적용가능성을 실험적으로 평가하였다. 염도 2.5%의 김치를 3 kg, 1 kg, 500g, 80g 단위로 포장하여 30℃, 22℃, 13℃, 5℃에서 저장하면서 포장 부피, 포장내 기체 조성, pH, 총산의 변화를 측정함에 의하여 그 적용성을 평가하고 가능한 이용범위를 제시하고자 하였다. 포장단위가 클수록 무게대비 표면적 비율이 낮음으로 단위 중량당 부피팽창이 컸으며, 80g의 경우는 모든 온도에서 큰 부피 팽창이 발생하지 않았고, 500g의 경우 13℃이하의 온도에서 비교적 부피팽창이 작아서 현실적인 유통에 적합한 것으로 나타났다. 1 kg과 3 kg 단위는 5℃를 제외한 모든 온도에서 상당한 부피 팽창을 보였다. 모든 조건에서 공통적으로 발효 초기에 급격한 팽창을 보이고, 그 이후에 완만해지거나 감소하는 경향을 보였다. 포장내 기체조성의 경우 3 kg 및 1 kg 단위의 포장에서는 CO<sub>2</sub>가 계속 높게 유지되었고, 500g과 80g의 포장에서는 저장기간이 오래 경과함에 따라 CO<sub>2</sub> 농도가 감소하는 경향이 보였다. pH와 총산도로 대표되는 발효진행속도에 있어서는 포장 단위간에 큰 차이를 보이지 않았지만, 소포장의 경우가 약간 빨랐으며, 특히 80g 단위의 경우 다른 포장단위에서보다 빨랐다. 따라서 이산화탄소 투과도가 높은 무정형 나일론 적층필름을 사용함에 의하여 작은 포장단위의 김치를 비교적 저온에 유통하는 경우에 현실적으로 큰 부피팽창 없이 이용할 수 있고, 외부로의 냄새등의 유출문제는 없었다.

## 6. 김치포장용 물리적 이산화탄소 흡수 포장소재의 개발

물리적인 이산화탄소 흡착제를 이용한 김치포장의 압력상승과 부피팽창을 완화시키는 방법에 대하여 연구한 결과, 제올라이트가 활성탄에 비해 이산화탄소 흡수 능력에서 우수하였고, 수증기로부터 보호되는 경우 이산화탄소 흡착평형을 유지하였다. 높은 이산화탄소 투과도와 제한된 수증기 투과도를 갖는 플라스틱 필름이 제올라이트 흡수속도를 제어할 수 있었다. 제올라이트에 대한 수분보호성을 향상시키기 위하여 실리카겔이 봉지내에 함께 사용되는 것도 효과적이었다. 플라스틱 필름봉지에 밀봉된 제올라이트계 기체 흡착시스템은 15℃에 저장된 김치포장의 내부 압력과 부피의 증가를 유의하게 낮추어 줄 수 있었다. 그리고 이는 또 초기 진공의 일부도입과 병용함으로써 김치의 병포장이나 반강성 플라스틱 포장에서 김치 품질이 적정하게 유지되는 범위내에서의 압력발생이나 부피팽창의 문제를 완화시킬 수 있었다.

## 7. 내압조절 김치포장 시스템을 위한 CO<sub>2</sub>흡수제의 개발

이산화탄소를 화학적 반응에 의하여 제거할 수 있는 여러 가지 화합물에 의한 김치포장의 압력발생과 부피팽창의 완화를 연구한 결과, 기존에 상업적으로 사용되는 탄산칼슘 (Ca(OH)<sub>2</sub>)에 비교하여 다양한 조건으로 사용될 수 있는 이산화탄소 흡수제로서 탄산나트륨 (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)을 발굴하였고 이의 김치포장에의 적용방법을 고안하였다. 탄산나트륨은 적절한 수분투과성을 갖는 플라스틱 봉지에 담아서 김치 포장에 장착시키면, 포장내에서 발생하는 이산화탄소를 원하는 속도로 제거할 수 있었다. 또한 필요에 따라서 탄산나트륨을 수산화칼슘이나 제올라이트와도 함께 혼합하여 사용하면서 상호보완적이고 상승적인 이산화탄소의 제거효과를 얻을 수도 있었다. 그리고 목적에 따라서는 이러한 혼합소재들을 플라스틱 봉지에 담은 형태나 플라스틱 시트로 제작하여 포장내에 장착시킬 때, 김치 포장에서 압력발생이나 부피팽창을 완화시킬 수 있었다.

## 8. 통기조절 김치포장을 위한 간이시스템 개발

통기조절 장치로서 핀홀을 이용하여 기체조성의 변화를 살폈다. 기체조성의 변화는 통기성으로 인한 것으로 전체압력도 1기압 수준을 유지시켜 주었다. 핀홀을 장착시킨 것이 오히려 포장내에 높은 CO<sub>2</sub>분압을 형성시켜 이때 탄산미가 나는 김치로 익게하는 장점을 가지게 하였다. 핀홀로 인한 불쾌한 냄새의 유출을 막는 데 활성탄(active carbon) sheet를 사용 하였다. 충전량에 따른 적정 핀홀의 크기는 직경 0.1mm~0.3mm, 길이 10mm이상의 것으로 높은 CO<sub>2</sub>분압을 형성시키며 압력발생을 완화시키는 용도로서 적당한 것으로 판단되었다. 이러한 것을 종합해서 compact한 원형의 모형을 제작하여 실제 병포장등에 실험하였더니 효과가 있는 것으로 나타났다.

결론적으로 본 연구에서는 다양한 발효조건에서 김치의 품질을 효과적으로 보존하면서 압력발생과 부피팽창이 없는 김치포장의 설계와 제작에 대하여 몇가지 방안(위 3~8항)을 제시하였고, 앞으로 이의 실용적인 적용을 위하여 관련 업계와 지속적인 접촉과 기술이전과정이 필요하며, 본 연구팀은 이를 위해 지속적으로 노력할 것이다. 또한 본 연구 결과를 보다 적극적으로 활용하기 위하여 계속적으로 정책적인 경제적인 지원이 필요할 것이다.