

투과도 조절 플라스틱 용기에서 발효된 김치의 품질 특성

이은지¹ · 박소은¹ · 최혜선² · 한귀정² · 강순아^{3*} · 박건영¹

¹부산대학교 식품영양학과, ²농촌진흥청 국립농업과학원,

³서울벤처정보대학원대학교 발효식품학과

Quality Characteristics of Kimchi Fermented in Permeability-Controlled Polyethylene Containers

Eun-Ji Lee¹, So-Eun Park¹, Hye-Sun Choi², Gwi-Jung Han², Soon-Ah Kang^{3*}
and Kun-Young Park¹

¹Department of Food Science and Nutrition, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

²National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

³Department of Fermented Food Science, Seoul University of Venture and Information, Seoul 135-090, Korea

Abstract

Kimchi was fermented in permeability-controlled polyethylene containers, in glazed onggi (Korean ethnic earthenware) or glass bottles at 5°C for 8 weeks. During 4 weeks of storage, kimchi fermented in the permeability-controlled container showed a stable fermentation pattern, in terms of changes in pH and acidity, compared with kimchi fermented in the other containers. With respect to changes in bacterial counts, kimchi fermented in polyethylene containers showed vigorous multiplication of lactic acid bacteria, especially *Lactobacillus* sp., but slow growth of total aerobic bacteria. The springiness of kimchi fermented in the polyethylene containers was optimal (about 10% more than that of glass bottle-fermented kimchi), and the overall acceptability and hardness of container-fermented kimchi were excellent upon sensory evaluation. The DPPH radical-scavenging activity of kimchi fermented in polyethylene containers was also greater (91%) than that of kimchi fermented in glazed onggi (73%) or glass bottles (63%). The O₂ and CO₂ permeabilities of the polyethylene containers were higher (458 and 357 mmol h⁻¹ m² atm⁻¹, respectively) than were those of the other containers; the permeability ratio was 0.8. Glass bottles showed no permeance. The results indicate that permeability-controlled polyethylene containers may be used for kimchi fermentation.

Key words : Kimchi, fermentation, quality characteristics, permeability-controlled polyethylene container

서 론

예로부터 김치를 비롯한 발효식품들은 옹기토 등으로 빛은 옹기에 저장되어 왔다. 그러나 전통 발효식품의 상품화가 이루어지면서, 보관용기 또한 무겁고 깨지기 쉬운 옹기보다는 가볍고 편리한 플라스틱이나 스테인레스 스틸 용기 등이 많이 사용되고 있다(1). 최근 들어 웰빙 열풍과 함께, 전통 발효식품에 대한 사람들의 관심과 인식이 새로워지고 있으며, 전통적으로 이들의 저장과 발효에 사용해

왔던 옹기에 대한 관심 또한 다시 생겨나고, 선조들의 지혜를 과학적으로 접근하려는 노력이 점점 증가하고 있다.

김치나 된장 등으로 대표되는 우리나라의 전통 발효식품은 일반적으로 재래식 방법으로 제작된 옹기에 보관되어왔다. 이 과정에서 오랜 기간 발효와 숙성 단계를 거치면서 옹기가 가진 특수한 기공구조에서 비롯된 기체 투과성으로 인해 유용균의 발효에 적당한 조건이 유지되어, 향이나 맛 등에서 우수한 품질을 가지는 것으로 알려져 있다(2). Seo 등(3)은 옹기의 원료조건에 따른 기체 투과성을 측정하여 보고한 바 있고, 이러한 옹기를 신선한 과일과 채소류의 기체 투과도 조절 포장에 적용하였다. 또한 옹기의 기공율

*Corresponding author. E-mail : sakang@suv.ac.kr,
Phone : 82-02-3470-5273, Fax : 82-02-523-6767

에 따른 발효식품의 저장 중 품질특성에 관한 연구도 보고된 바가 있다(1,4,5). Chung 등(1,2)의 발효식품을 용기에 저장했을 때의 우수성에 관한 연구에 의하면, 용기의 기공에 의해 발효 미생물이 활발하게 증식되어 발효식품에 유리한 영향을 미친다고 보고하였다.

발효식품 저장에 있어서의 우수성에도 불구하고, 용기는 사용하기에 용이하지 못한 단점이 있어, 최근에는 사용하기에 편리하면서도 용기와 같이 기체 투과도를 가진 플라스틱 비닐 팩이나, 플라스틱 용기 제품들의 연구, 개발이 이루어지고 있다(6). 그러나 이러한 제품들이 실제 발효식품의 저장에 있어서 어떠한 효과를 미치는 지에 대한 연구는 현재 부족한 상황이라고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 발효식품의 저장에 보다 적합한 용기를 찾고자, 기체 투과도가 조절된 플라스틱 용기에서 김치를 저장, 발효하면서 그 품질 특성과 항산화효과의 변화를 다른 용기들과 비교하여 조사하였으며, 투과도가 조절된 플라스틱 용기의 실제 기체 투과력을 측정하여, 다른 용기와의 차이점을 살펴 보았다. 또한 용기의 투과력 차이가 김치의 발효와 품질 특성 및 기능성에 어떠한 영향을 미치는지 비교하였다.

재료 및 방법

김치 담금 재료

실험에 사용한 배추 (*Baechu cabbage*, *Brassica campestris subsp. napus var. pekinensis*)는 겨울배추로 개체 당 생체 중량은 2.1-3.5 kg 이었다. 배추의 절임에는 천일염(NaCl 80% 이상, 한국염업조합)을 사용하였다. 그 외에 김치 담금 재료로서 멸치액젓 ((주) 대상), 설탕 (제일 제당), 고춧가루 (종가집), 무, 파, 마늘, 생강 등은 부산시 금정구 장전동의 S마트에서 구입하여 사용하였다.

용기의 종류와 특징

실험에 사용된 용기는 투과도 조절 polyethylene 플라스틱 용기(No. 5972815 0246207, Mirafresh Co., Seoul, Korea)이며, 투과도 조절 플라스틱 용기와 비교를 위한 대조군으로는 시유용기와 유리병을 사용하였다(7). 시유용기는 울산 용기마을에서 생산된 것으로 성분은 울산토 55%, 영천토 15%, 안강토 30% 이고, 구운 온도는 1217-1220°C이며, 유약을 처리한 광택용기이다. 유리병은 부산시 부산진구 부전시장에서 구입하여 사용하였다. 투과도 조절 플라스틱 용기의 두께는 4 mm, 시유용기는 10 mm, 유리병은 8 mm인 것을 사용하였으며, 3 가지 용기 모두 용량이 5 L 인 것을 사용하였다.

김치의 제조

배추를 손질하여 2절한 후 10% 염수로 12시간 동안 염절

입 하고, 이것을 건져 3회 세척한 다음 3시간 동안 탈수하였다. 이것을 표준화 김치 레시피(8)를 이용해 김치로 제조하였으며, 최종염도는 소금을 이용해 2.2%로 조절하였다. 투과도 조절 플라스틱 용기, 시유용기, 유리병은 각각 3개씩 준비하여 김치를 담은 후, 밀폐하고 5°C에서 8주간 발효하면서 일주일 간격으로 각 용기에서 1/2 포기씩 샘플을 채취하여 품질 특성을 평가하였다. pH, 산도, 미생물, 항산화 효과 측정을 위한 시료로는 김치고형분 200 g과 김치액 50 g을 멸균 비닐팩에 담은 후, stomacher (HG-400, MAYO, Italy)로 착즙하여 실험에 사용하였다.

pH 및 산도 측정

김치 시료의 pH는 pH meter (M220, Corning, MA, USA)를 사용하여 실온에서 측정하였고, 산도는 AOAC 표준시험법에 따라 시료를 20배 희석하여 0.1 N NaOH를 가하고 pH 8.4가 될 때까지 적정한 다음 소비된 0.1 N NaOH mL수를 이용하여 측정하였다. 적정 값은 젖산의 함량을 %로 환산하여 나타내었다(9).

미생물 수 측정

미생물수의 측정은 평판계수법을 이용하여 측정하였다. 즉, 시료액 1 mL를 멸균한 증류수로 단계적으로 희석하고, 총균수 측정은 희석액 중 0.1 mL씩을 미리 가열 용해하여 43°C~45°C로 냉각한 plate count agar (Difco Co., MD, USA)에 접종 한 후 37°C에서 3일간 incubator에서 배양하고 colony 수를 계수하여 총균수를 측정하였다(10).

Leuconostoc sp. 는 *Leuconostoc* 선택배지로 phenylethyl alcohol과 sucrose를 첨가한 phenylethyl alcohol sucrose agar medium (PES medium)에 접종한 후 20°C에서 5일간 incubator에서 배양하고 colony 수를 계수하여 측정하였다(11,12). *Lactobacillus* sp.는 *Lactobacillus* selection medium (LBS medium)에 *Pediococcus*의 생육을 억제하기 위하여 acetic acid와 sodium acetate를 첨가한 modified LBS agar medium (m-LBS medium)을 사용하여 37°C에서 3-4일간 incubator에서 배양하고 colony 수를 계수하여 측정하였다(13).

탄성 측정

김치 조직의 탄성 측정은 rheometer (CR-100D, Sun Scientific Co., Japan)를 이용하여 김치 밀통에서 5 cm 되는 부분을 3 cm × 4 cm 의 두께로 썰어 각 시료마다 5회 반복하여 측정된 값으로 평균값을 구하였다. Rheometer의 조건은 Mode 1, Max 10 kg, R/H R Real 3 kg, P/T Press 600 mm/m, REP1 3 sec로 설정하여 측정하였다.

관능평가

반복된 랜덤화 완전 블록 계획(14)에 따라 훈련된 8명의 관능요원이 1회에 3가지 시료를 평가하게 하고, 이를 4회

반복 실시하였다. 평가내용은 정량적 묘사분석 방법을 사용하였다. 주관적인 항목으로는 종합적인 외관, 종합적인 평가, 냄새, 조직감을 평가하고, 객관적인 항목으로는 미각적 지각인 짠맛, 쓴맛, 군덕맛, 신맛을 평가하였다. 주관적인 평가에서는 1에 가까울수록 극도로 좋고, 9에 가까울수록 극도로 싫은 것으로 나타내었고, 객관적인 평가에서는 1에 가까울수록 감지 불가능하고, 9에 가까울수록 극도로 강하게 감지하는 것으로 나타내었다. 미각적 지각은 여러 차례 어금니로 씹은 후 입과 코로 감지되는 것으로 평가하였으며, 이때 신맛은 산에 의해 나타나는 맛, 쓴맛은 초록색 풀에서 나는 쓴맛, 군덕맛은 오래된 김치에서 나는 불쾌한 정도로 정의하였다.

항산화 효과 측정

김치 시료를 농도별(2~10%)로 methanol에 희석한 다음, 희석한 김치시료 100 μ L와 60 μ L DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 용액 100 μ L를 96-well plate에 혼합하여 30 분간 실온에 방치시킨 후, 540 nm에서 분광광도계 (UV/VIS Spectrophotometer, Jasco, Japan)로 흡광도를 측정하였다. 시료를 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 free radical 소거 효과를 백분율 (%)로 나타내었다(15).

용기의 기체투과도 측정

용기의 입구를 실리콘으로 실링하고 아크릴소재의 덮개를 씌운 용기를 통해 80%의 CO₂를 주입하였다. 용기를 4°C의 환경에 위치시키고 벽을 통해 O₂와 CO₂를 주입한 후, 용기내 기체를 기체투과가 되지 않는 주사기를 이용하여 채취하며 O₂와 CO₂의 농도를 Alltech CTR I Column (Altech Associates Inc., Deefield, IL, USA)와 열전도를 탐지기가 장착된 Varian Model 3800 Gas Chromatograph (Varian Inc., Palo Alto, CA, USA)를 이용하여 측정하였다. 분석을 위한 Gas chromatography의 실험조건은 Detector로는 Thermal conductivity detector를 사용하였고 Column으로는 CTRI (i.d. 0.32 mm, Alltech Co., Kentucky, USA)를 사용하였다 Carrier Gas로 He (50 Lm/min)을 사용하였고, 온도조건은 Column Temp.: 35°C, Injector Temp.: 60°C, Detector Temp.: 60°C에서 측정하였다(16).

통계분석

대조군과 각 시료로부터 얻은 실험 결과들의 유의성을 검증하기 위하여 분산분석(ANOVA)을 행한 후 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였으며, 그 결과는 평균(mean) \pm 표준편차(standard deviation)로 표시하였다. 모든 통계분석은 Statistic Analysis System (v9.1 SAS Institute Inc., NC, USA) 통계프로그램을 이용하여 처리하였다.

결과 및 고찰

pH 및 산도의 변화

5°C에서 용기별로 발효한 김치의 발효기간 중 pH 및 산도 변화는 Table 1에 나타내었다. 김치의 숙성 중 각종 효소와 미생물에 의해 생성된 유기산 등은 김치 특유의 신선한 맛을 주게 되며, 이에 따라 김치의 pH는 감소하고 산도는 증가하여 김치의 숙성정도를 짐작할 수 있는 중요한 지표가 된다. 또한 이를 통해 유산균의 생육이나 김치의 발효도를 예상 할 수 있다(17-19). pH 변화는 용기별로 비슷한 패턴을 보여 초기에는 천천히 감소되다가, 후반기에는 급격히 감소되었고, 3-4 주차에는 적숙기 pH인 4.3정도를 나타내었다. 산도의 경우 유리병에서 발효한 김치가 초기 0.35에서 8주에 1.26으로 가장 증가폭이 컸고, 투과도 조절 플라스틱 용기에서 발효한 김치의 산도는 8주 후에 0.99로 다른 용기에 보관한 김치에 비해 그 증가폭이 가장 적게 나타났다고 보고 하였는데, 이와 같은 이유로 용기와 비슷한 구조적 특성을 가진 투과도 조절 플라스틱 용기에서 김치의 적숙기가 보다 오래 유지되는 것으로 생각되어 진다. 기공에 의한 적당한 공기순환이 김치를 발효한 경우 가장 맛 좋은 산도를 유지 시켜 주는 것으로 예상되어진다(21).

Table 1. pH and acidity changes of kimchi fermented in each type of containers at 5°C for 8 weeks

| | Fermentation time (weeks) | PC ¹⁾ | GO ²⁾ | GB ³⁾ |
|-------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| pH | 0 | 5.31 \pm 0.01 | 5.41 \pm 0.01 | 5.32 \pm 0.01 |
| | 2 | 5.38 \pm 0.01 | 5.03 \pm 0.01 | 4.84 \pm 0.01 |
| | 4 | 4.32 \pm 0.00 | 4.25 \pm 0.00 | 4.21 \pm 0.01 |
| | 6 | 4.24 \pm 0.01 | 4.19 \pm 0.01 | 4.16 \pm 0.01 |
| | 8 | 4.14 \pm 0.01 ^a | 4.13 \pm 0.01 ^a | 4.08 \pm 0.01 ^b |
| Acidity (%) | 0 | 0.33 \pm 0.006 | 0.33 \pm 0.001 | 0.35 \pm 0.003 |
| | 2 | 0.34 \pm 0.003 | 0.56 \pm 0.002 | 0.52 \pm 0.000 |
| | 4 | 1.00 \pm 0.004 | 1.11 \pm 0.002 | 1.11 \pm 0.002 |
| | 6 | 1.03 \pm 0.003 | 1.21 \pm 0.001 | 1.21 \pm 0.001 |
| | 8 | 0.99 \pm 0.003 ^c | 1.15 \pm 0.001 ^b | 1.26 \pm 0.001 ^a |

¹⁾Kimchi fermented in permeability-controlled polyethylene container

²⁾Kimchi fermented in glazed onggi

³⁾Kimchi fermented in glass bottle

^{a-c}Means with the different letters in the 8 weeks of the raw are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

총균수 및 유산균의 변화

Fig. 1에는 5°C에서 각 용기에 저장한 김치의 발효기간에 따른 미생물수의 변화를 나타내었다. 투과도 조절 플라스틱 용기에서 발효한 김치의 총균수는 8주차 때 2.0×10^7 CFU/g으로 가장 적었으며, 시유용기에서 발효한 김치는 7.3×10^7 CFU/g, 유리병에서 발효한 김치는 1.0×10^8 CFU/g로 나타나, 유리병에서 발효한 김치의 총균 증식이 가장 많은 것으로 나타났다. 유산균수는 투과도 조절 플라스틱 용기에서 발효한 김치의 경우 8주차 때 10^8 CFU/g에 이르렀으며, 유리병은 10^7 CFU/g 정도였다. 김치의 신맛과 탄산맛을 내고 김치의 숙성에 관여하는 유산균인 *Leuconostoc* sp. 과 *Lactobacillus* sp.의 경우 김치가 숙성되면서 증가하였는데(21,22), 투과도 조절 플라스틱 용기에서 발효한 김치의 경우 특히 *Lactobacillus* sp.의 증식이 크게 나타났다. 따라서 투과도 조절 플라스틱 용기에 김치를 보관, 발효했을 때 총균수의 증식은 비교적 억제되고, 유산균은 잘 증식되어 김치의 발효가 가장 바람직하게 진행된다고 볼 수 있었다.

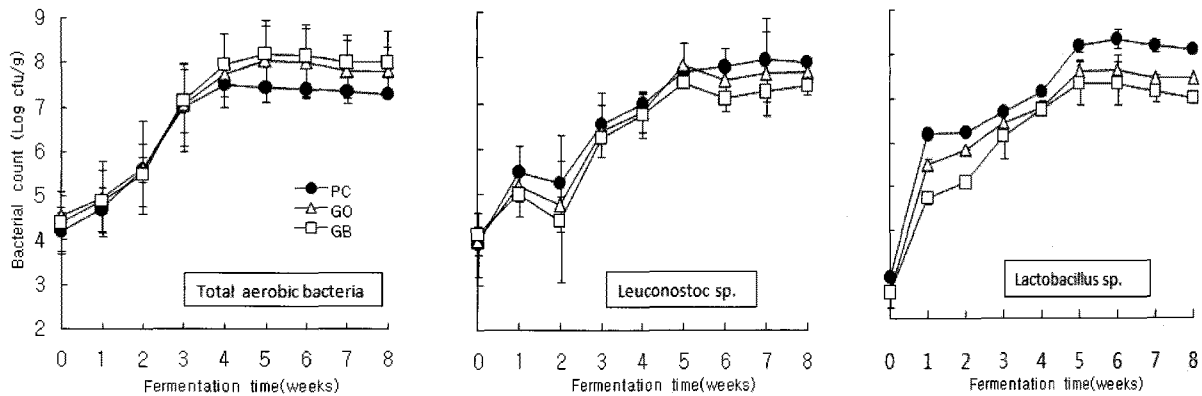


Fig. 1. Changes of total aerobic bacteria, *Leuconostoc* sp. and *Lactobacillus* sp. counts in kimchi fermented in each type of containers at 5°C for 8 weeks

PC: Kimchi fermented in permeability-controlled polyethylene container
 GO: Kimchi fermented in glazed onggi
 GB: Kimchi fermented in glass bottle

탄성의 변화

5°C에서 각 용기에 저장한 김치의 발효기간에 따른 조직의 탄성을 측정된 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 투과도 조절 플라스틱 용기에서 김치를 발효할 경우 김치 조직의 탄성은 초기 61.1%에서 8주차 때 51.4%로 감소하여, 탄성의 감소가 가장 적게 나타났다. 반면 유리병에서 김치를 발효한 경우, 김치의 탄성이 58.4%에서 8주차 때 44.7%로 감소하여 가장 큰 감소를 나타냈다. 특히 김치의 적숙기인 3주차 때에는 투과도 조절 플라스틱 용기에 저장한 김치와 유리병에 저장한 김치간의 탄성 차이가 10% 정도로 매우 크게 나타났다. 발효기간이 증가한 후의 탄성 차이는 발효용기 특성의 차이라고 볼 수 있다. 저장기간이 경과하면서 김치

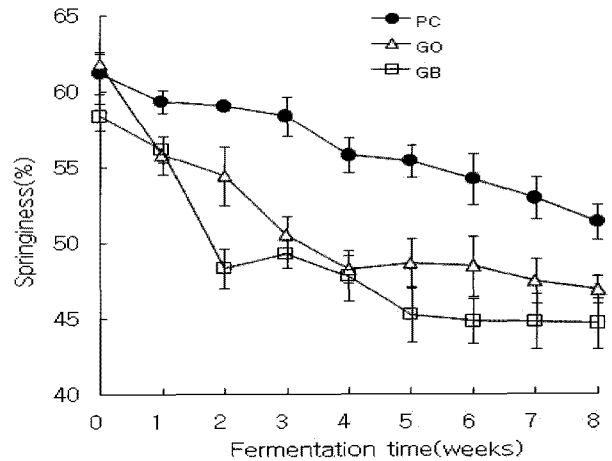


Fig. 2. Changes of springiness in kimchi fermented in each type of containers at 5°C for 8 weeks

PC: Kimchi fermented in permeability-controlled polyethylene container
 GO: Kimchi fermented in glazed onggi
 GB: Kimchi fermented in glass bottle

조직의 탄성이 감소되는 이유는 소금 절입 처리에 의하여 조직 내부의 공기가 탈기되고, 수분이 용출됨에 따라 세포벽이 수축되면서 포개지기 때문인 것으로 알려져 있다(11). 이러한 수분과 공기 순환의 환경이 김치 조직의 탄성에 영향을 미치는 것으로 보여 지는데, 투과도 조절 플라스틱 용기의 공기순환, 흡습 특성이 김치 조직의 탄성을 유지하는데 유리한 조건을 형성하는 것으로 생각된다.

관능성

적숙기인 발효 3주째에 각 용기에 발효한 김치의 관능검사를 실시하였으며, 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 투과도 조절 플라스틱 용기에서 발효한 김치의 경우 탄산맛, 질감,

색깔 등이 우수하였으며, 종합적인 기호도에서도 6.5점으로 가장 높은 점수를 받았으며, 쓴맛이나 군덕맛, 짠맛 등 관능평가에서 부정적인 척도를 나타내는 항목에서는 낮은 점수를 받았다. 유리병에서 발효한 김치는 부정적인 항목의 점수가 비교적 높았고, 결국 종합적인 기호도에서 낮은 점수를 보였다. 질감에서는 유리병에서 발효한 김치가 4.5 점을 나타낸 반면 투과도 조절 플라스틱 용기에서 발효한 김치는 6.2 점을 나타내어 탄력성 측정 결과와도 유사한 것으로 나타났다. 투과도 조절 플라스틱 용기와 시유용기에서 발효한 김치는 짠맛, 탄산맛, 질감 등 대부분의 항목에서 비슷한 점수를 받아 맛에 있어서 비슷한 발효 양상을 나타내는 것으로 보인다.

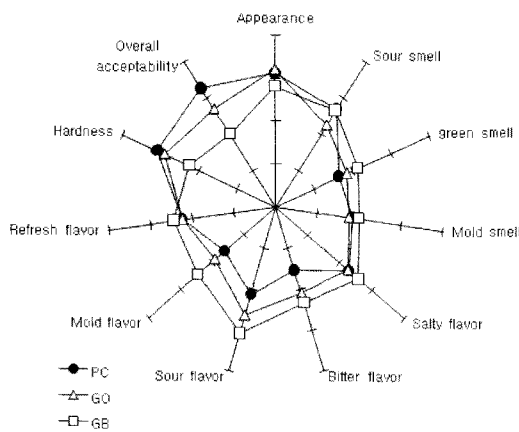


Fig. 3. Sensory evaluation of kimchi fermented in each type of containers at 3rd week

PC: Kimchi fermented in permeability-controlled polyethylene container
 GO: Kimchi fermented in glazed onggi
 GB: Kimchi fermented in glass bottle

용기별 항산화 효과

DPPH radical 소거 측정법은 일반적으로 *in vitro* 상에서 항산화 효과를 측정하는 방법이다. 이는 화학적으로 안정된 free radical을 가지고 있는 수용성 물질로 항산화활성이 있는 시료를 만나면 전자를 내어주면서 DPPH radical이 소멸되는 데, 이러한 원리를 통해 시료의 수소 공여능력을 평가하는 방법으로 여러 분야에서 널리 이용되고 있다 (24,25). 김치는 주재료인 배추 뿐 만 아니라 양념으로 사용되는 마늘, 생강, 고추에도 강력한 항산화 물질이 존재하고 있음이 밝혀지고 있다(9,10). Lee 등(25)의 연구결과에 따르면 발효초기의 김치보다 적숙기 2-3주째 김치의 항산화 효과가 높으므로, 적숙기인 3주차에 DPPH radical 소거능 측정을 하였다. DPPH radical 소거능 측정 결과, 10%농도에서 투과도 조절 플라스틱 용기에서 발효한 김치의 경우 91%, 시유용기에서 발효한 김치의 경우에는 73%의 DPPH radical 소거능을 각각 나타냈고, 유리병에서 발효한 김치의

경우에는 63%의 소거능을 나타내 투과도 조절 플라스틱 용기와 시유용기에 비해 낮은 저해율을 보였다($p < 0.05$, Fig. 4). 따라서 투과도 조절 플라스틱 용기에 김치를 발효하였을 경우 이화학적 특성 뿐 아니라 항산화 기능성도 증진될 수 있음을 알 수 있었다.

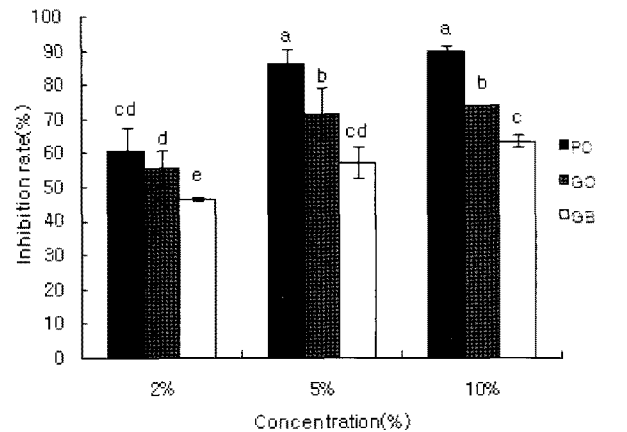


Fig. 4. DPPH radical scavenging activity of kimchi fermented in each type of containers during storage at 3 weeks

PC: Kimchi fermented in permeability-controlled polyethylene container
 GO: Kimchi fermented in glazed onggi
 GB: Kimchi fermented in glass bottle

*Means with the different letters surmounted on the bars are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple test.

용기별 기체 투과도

실험에 사용된 용기의 기체 투과도는 Table 2에 나타난 바와 같다. 투과도 조절 플라스틱 용기가 $458 \text{ mmol h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ atm}^{-1}$, 시유용기가 $10 \text{ mmol h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ atm}^{-1}$ 의 O_2 투과력을 나타내어 투과도 조절 플라스틱 용기의 투과력이 상대적으로 높았고, 유리병은 기체투과력을 나타내지 않았다. CO_2 투과력에서는 투과도 조절 플라스틱 용기가 $357 \text{ mmol h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ atm}^{-1}$, 시유용기가 $13.7 \text{ mmol h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ atm}^{-1}$, 유리병은 $0 \text{ mmol h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ atm}^{-1}$ 로 나타났으며, permeability ratio (PCO_2/PO_2)는 각각 0.8, 1.4, 0으로 나타났다. Seo 등(3)의 연구에 의하면 permeability ratio가 1에 가까울수록 즉, O_2 와 CO_2 투과력이 비슷할수록 기공의 특별한 작용에 의해 유산균의 수가 증가하며, 또한 식품의 신선한 상태를 유지한다고 보고하였다. 이와 같이, 투과도 조절 플라스틱 용기의 permeability ratio가 다른 용기에 비해 1에 가까운 결과를 나타낸 것과 투과도 조절 플라스틱 용기에서 발효한 김치의 유산균 증식이 활발하고, 적숙기 산도를 오랫동안 유지하는 데는 깊은 관련이 있는 것으로 보인다. 또한, 상대적으로 높은 기체투과력이 통성혐기성인 유산균의 성장조건을 좋게 만들어 김치의 품질을 높이는 것으로 생각된다. Kim (7)의 연구에 의하면, 무유용기의 O_2 투과력은 $197.8 \text{ mmol h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ atm}^{-1}$, CO_2 투과력은 $172.0 \text{ mmol h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ atm}^{-1}$,

permeability ratio는 0.9이었으며, 김치의 발효 및 저장에 있어서 뛰어난 효과를 나타내었다. 따라서 무유용기와 비슷한 기체 투과 특성을 가진 투과도 조절 플라스틱 용기도 김치의 품질 및 기능성에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상된다. 그러나 이에 대한 정확한 메카니즘과 기체투과율이 어느 정도 일 때 유산균의 최적 발효조건을 형성하는지에 대한 연구가 계속적으로 필요하겠다.

Table 2. Apparent permeance in each type of containers

| Container material | Permeance ($\text{mmol h}^{-1} \text{m}^2 \text{atm}^{-1}$) to | | Permeability ratio ($P_{\text{CO}_2}/P_{\text{O}_2}$) |
|--------------------|--|-----------------|--|
| | O ₂ | CO ₂ | |
| PC container | 458.1 ± 62.3 | 357.2 ± 50.9 | 0.8 |
| Glazed onggi | 10.0±0.5 | 13.7±2.2 | 1.4 |
| Glass bottle | 0 | 0 | - |

¹⁾Permeability-controlled polyethylene plastic container

요 약

김치를 기체 투과도가 조절된 플라스틱 용기, 시유용기, 유리병을 사용하여 각각 발효하였을 때, 그 품질특성이 어떻게 변화하는지를 5°C에서 8주간 발효하면서 관찰하였다. 다른 용기에 보관한 김치에 비해, 투과도 조절 플라스틱 용기에 보관한 김치의 pH 감소가 적었으며, 산도 역시 8주 후에 0.99로 나타나 증가율이 가장 적게 나타났다. 미생물 수의 변화를 보면 투과도 조절 플라스틱 용기에 보관한 김치가 총균수의 증가는 적고, 유산균의 증가는 높게 나타나 김치의 발효가 바람직한 방향으로 진행되었다. 김치 조식의 탄성은 역시 투과도 조절 플라스틱 용기에 보관한 김치에서 그 감소폭이 가장 적었으며, 적숙기인 3-4주차 때에는 투과도 조절 플라스틱 용기와 유리병에 보관한 김치 간의 탄성 차이가 10%정도로 매우 크게 나타났다. 관능평가 결과에서도 투과도 조절 플라스틱 용기에서 발효한 김치가 높은 점수를 나타내었으며, 질감 및 외관과 종합적인 기호도에서 점수가 높았다. 투과도 조절 플라스틱 용기에 보관한 김치의 항산화 효과는 다른 용기에 보관한 김치에 비해 우수하였으며, 용기별 기체투과도에 있어서도, 시유용기에서 O₂, CO₂ 투과력이 각각 $10 \text{ mmol h}^{-1} \text{m}^2 \text{atm}^{-1}$, $13.7 \text{ mmol h}^{-1} \text{m}^2 \text{atm}^{-1}$ 이었는데 비해 투과도 조절 플라스틱 용기가 $458 \text{ mmol h}^{-1} \text{m}^2 \text{atm}^{-1}$, $357 \text{ mmol h}^{-1} \text{m}^2 \text{atm}^{-1}$ 로 더 높은 결과를 나타내었다. 이는 전통적으로 김치발효 용기로 사용된 용기와 유사한 결과이며, 따라서 투과도 조절 플라스틱 용기는 김치 발효에 적합한 용기이며, 앞으로 김치의 보관 및 발효에 있어서 산업적으로 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원의 2010년 공동연구사업의 연구비 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다. 또한 기체투과도 측정에 도움을 주신 경남대학교 식품공학과 정미진 박사님께 감사드립니다.

참고문헌

1. Chung SK, Kim YS, Lee DS. (2005) Effects of vessel on the quality changes during fermentation of *kochujang*. Korean J. Food Preserv., 12, 292-298
2. Chung SK, Lee KS, Cho SH. (2004) Effect of fermentation vessel on quality of anchovy soy sauce. Korean J. Food Preserv., 11, 233-239
3. Seo GH, Chung SK, An DS, Lee DS. (2005) Permeabilities of Korean earthenware containers and their potential for packaging fresh produce. Food Sci. Biotechnol., 14, 82-88
4. Chung SK, Kim YS, Lee DS. (2006) Fermentation of *kanjang*, Korean soy sauce, in porosity-controlled earthenwares with changing the mixing ratio of raw soils. Korean J. Food. Sci. Technol., 38, 215-221
5. Lee KS, Lee YB, Lee DS, Chung SK. (2006) Quality evaluation of Korean soy sauce fermented in Korean earthenware (Onggi) with different glazes. Int. J. Food Sci. Technol., 41, 1158-1163
6. Kim YW, Jeong JK, Lee SM, Kang SA, Lee, DS, Kim SH, Park KY. (2009) Effect of permeability-controlled polyethylene film on extension of shelf-life of brined *baechu* cabbage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 38, 1767-1772
7. Kim YW. (2010) Studies on Excellent Qualities of Kimchi Fermented in Onggi. M S thesis, Pusan National University, Korea
8. Cho EJ, Lee SM, Park KY. (1998) Standardization of kinds of ingredient in Chinese cabbage kimchi. Korean J. Food Sci. Technol., 9, 1228-1235
9. Chun HJ, Lee SW. (1986) Studies on antioxidative action of garlic components isolated from garlic (*Allium stirum*, L.). Part III Effects of water soluble fractions from steamed garlic on inhibition of lipoperoxide formation. J. Korean Home Econ. Assoc., 24, 87-92
10. Beak SE, Woo SK. (1993) Antioxidant activity of crude gingerol. I Thermal stability of gingerol from ginger and effect of its concentration on the oxidation of soybean

- oil. Korean J. Soc. Food Sci., 9, 33-36
11. Lee CH, Hwang IJ, Kim JK. (1998) Macro- and microstructure of Chinese cabbage leaves and their texture measurement. Korean J. Food Sci. Technol., 20, 742-748
 12. Park KD, Lee C, Yoon SI, Ha SS, Lee YN. (1989) Changes in the textural properties of Kimchi during fermentation. J Korean Soc. Food Culture, 4, 167-172
 13. Lee CH, Chung KY, Lim SC, Choi DY, Kim CJ, Choi BK. (1994) Studies on the antioxidant activity of capsaicin and oleoresin from red pepper in grounded bacon belly meat. Korean J. Soc. Food Sci. Technol., 26, 496-499
 14. Rush RJ, Cheng SJ, Klauning JE. (1999) Prevention of cytotoxicity and inhibition of intercellular communication by antioxidant catechins isolated from Chinese green tea. Carcinogenesis, 10, 1003-1008
 15. Ku KH, Kang KO, Kim WJ. (1998) Some quality change in kimchi. Korean J. Food Sci. Technol., 20, 476-482
 16. Hong SI, Lee MK, Park WS. (2000) Gas Composition within Kimchi Package as Influenced by Temperature and Seasonal Factor. Korean J. Food Sci. Technol., 32, 1326-1330
 17. Shin ST, Kyung KH, Yoo YJ. (1990) Lactic acid bacteria isolated from fermented kimchi and their fermentation of Chinese cabbage juice. Korean J. Food Sci. Technol., 22, 373-379
 18. Lee DS, Cheigh HS, and Park WS. (1999) Analysis of variables influencing the pressure build-up and volume expansion kimchi package. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 28, 429-437
 19. Kim SH. (2007) Porous and Onggi with dark brown glaze. J. Contents Assoc., 7, 157-164
 20. Kim JB. (2002) The development of the refrigerator using a pottery vessel. J. Korean Acad. Ind. Co. Soc., 3, 44-48
 21. Choi YH, Lee SJ, Namguny P, Lee J. (1997) Regulation of cyclin D1 by calpain protease. J. Biol. Chem., 272, 28479-28484
 22. Yoon KY, Kang MJ, Shin SR, Yoon KS. (1998) Effects of gas-absorbent on the storage of kimchi. Kor. J. Post Harvest Sci. Technol., 5, 363-367
 23. Lee YO, Park KY, Cheigh HS. (1996) Antioxidative effect of kimchi with various fermentation period on the lipid oxidation of cooked ground beef. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 25, 261-266
 24. Jin HS, Kim JB, Yun YJ, Lee KJ. (2008) Selection of kimchi starters based on the microbial composition of kimchi and their effects. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 37, 671-675
 25. Shin DW. (1998) Physicochemical and microbial properties of market kimchi during fermentation in different containers. Final Report of Ministry of Science and Technol., pp 82-136

(접수 2010년 6월 23일, 수정 2010년 11월 10일, 채택 2010년 11월 26)