

밀폐용기에서의 김치숙성에 관한 연구

김미경 · 김소연* · 우철주** · 김순동†

효성여자대학교 식품가공학과

*경산대학교 식품과학과

**경북대학교 식품공학과

Effect of Air Controlled Fermentation on Kimchi Quality

Mee-Kyung Kim, So-Yeun Kim*, Cheol-Joo Woo** and Soon-Dong Kim†

Dept. of Food Science and Technology, Hyosung Women's University, Kyungsan 713-702, Korea

*Dept. of Food Science, Kyungsan University, Kyungsan 712-240, Korea

**Dept. of Food Technology, Kyungbuk University, Daegu 705-701, Korea

Abstract

The quality of Kimchi was investigated under airtight and ventilating conditions. At 20°C and 4°C fermentation, there were no significantly difference in pH, acidity and vitamin C of Kimchi between airtight and ventilating conditions. The contents of CO₂, the number of lactic acid bacteria and the sensory score of carbonated taste under airtight condition were higher than those values under ventilating condition. While, the number of aerobic bacteria under airtight condition was lower than those under ventilating condition.

Key words : Kimchi, airtight condition, CO₂ content, carbonated taste

서 론

김치는 한국인의 찬류로서 가장 중요한 위치를 차지하고 있으며, 배추나 무우 그밖의 야채류를 소금에 절인 후에 갖은 양념, 즉 고추가루, 마늘, 생강, 조미료 그리고 젓갈류 등을 첨가하여 만든 전통 발효식품으로 특히 겨울철에 부족되기 쉬운 비타민류 및 무기염류의 중요한 공급원이 되어왔다^{1,2)}. 김치는 야채류의 신선한 맛, 소금의 짠맛, 젓산 발효에 의한 상쾌한 맛, 향신료에 의한 향신미, 젓갈류에 의한 감칠맛 등이 조화되어 생긴 독특한 맛을 지니고 있으며³⁾ 사용하는 재료의 종류^{4,5)}, 품질^{6,7)}, 배합량^{8,9)}, 숙성 방법^{10,11)} 등에 따라 맛이 다르나 발효과정중 미생물의 작용^{12,13)}과 원료에 함유된 각종 효소의 작용에 의하여 생성된 산물들이 특유한 향미를 부여한다. 김치발효는 이상젖산균에 의한 혐기적 발효로서 생성되는 탄산가스가 탄산으로 되어 국물과 조직내로 스며들어 발효과정중에 생성되는 각

종 저분자물질들과 함께 시원한 맛을 주는 근원을 이룬다¹⁴⁾. 즉 발효중에 생성되는 탄산가스는 그 대부분이 용기 밖으로 유출되거나 일부분은 조직 내부 또는 국물에 녹아 탄산이 되어 시원하고 상쾌한 탄산미를 부여하게 된다. 천과 이¹⁵⁾는 김치의 맛성분 중 탄산의 중요성에 대하여 연구하였으며 생성되는 탄산의 양은 관여 미생물의 성질, 숙성온도 및 식염의 농도, 담금온도, 첨가 부재료의 종류 및 양에 상당한 영향을 받는다고 보고하였다. 저온에서 숙성시킨 김치는 실온에서 시킨 것보다 CO₂의 생성량이 많았고 일반적으로 김장김치나 냉장고에서 숙성시킨 김치의 맛이 시원한 것은 바로 이 때문이라 하였다. 특히 숙성온도가 달라짐에 따라 발효에 관여한 미생물상이 달라지고 이에 따라 CO₂생성량도 달라진다¹⁵⁾.

따라서 본 연구에서는 김치 숙성중에 발효로 인하여 생성되는 탄산가스를 용기 밖으로 유출되지 않도록 한 밀폐 용기에서 자연적으로 이루어지는 가압조건하에서 김치를 숙성시킴으로서 탄산의 용존율을 높여 시원한 탄산미의 증대를 꾀할 목적으로 실험하였다.

† To whom all correspondence should be addressed

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 배추는 경북 경산군 하양읍 시장에서 시판되고 있는 김장용 결구배추 (*Brassica pekinensis* R.)로써 포기당 중량이 3kg 내외의 것을 사용하였다. 부재료인 고추는 건조고추가루를, 마늘 및 생강은 신선물을 각각 구입하여 냉장고에서 보관하면서 사용하였고 식염은 한주소금을 사용하였다.

담금 및 숙성

배추김치의 담금 비율은 Table 1과 같으며 먼저 4등분한 배추를 20°C의 15% (w/v) 소금물에 3시간 절인 후 흐르는 수도물에 두세번 세척하고 약 10분간 탈수시켰다. 탈수된 배추는 부재료를 절구에서 빵아 충분히 혼합한 것을 함께 잘 버무려 500ml의 개방용기 (공기가 자유롭게 통할 수 있는 뚜껑을 한 용기)와 밀폐용기 (압이 형성될 수 있는 용기)에 각각 400g씩 넣어서 20°C에서 1일간 발효시킨 후 4°C와 20°C에 두면서 각각 숙성시켰다.

pH 및 산도

김치를 마쇄하여 여과한 여액을 시료로 사용하여 pH는 pH meter (Metrohm 632, Swiss)로 산도는 pH meter를 사용하여 0.1N NaOH로 pH 10.2가 될 때까지 적정한 후 그 소비 ml수를 lactic acid 함량으로 환산하여 표시하였다.

비타민 C 함량 측정

DNP 비색법¹⁶⁾에 준하여 김치를 파쇄, 여과하여 얻은 즙액 5ml를 2% metaphosphoric acid-용액 50ml로 추출, 정용한 후 2ml를 취하여 indophenol 0.2ml, metaphosphoric acid 2ml를 충분히 혼합하고 여기에 DNP 1ml를 가하여 60°C에서 90분간 반응시켜 즉시 방냉한 후 85% H₂SO₄-용액 5ml를 vortex상에서 가하여 20°C에서 30분간 방치한 후 540nm에서 흡광도를 측정하였으며 검량선 ($\mu\text{g}/2\text{ml}=\text{OD}_{540} \times 163.394 - 8.2295$, $r=0$.

Table 1. Composition of Kimchi materials

Materials	Ratio (%)
Salted Chinese cabbage	100
Red pepper powder	2
Garlic	2
Green onion	2
Ginger	1

9478)에 의하여 함량을 산출하였다.

환원당 함량 측정

김치 국물을 제거시킨 조직만을 파쇄, 여과한 후 그 즙액을 시료로 하여 Somogyi-Nelson법¹⁷⁾으로 측정하였다. 환원당 함량은 glucose의 검량선 ($\mu\text{g}/2\text{ml}=\text{OD}_{520} \times 126.58 - 1.01$, $r=0.9999$)에 의하여 산출하였다.

CO₂ 함량

AOAC법¹⁸⁾을 개량하여 다음과 같이 측정하였다. 즉 acid phosphate 10ml와 김치국물 10ml, 조직인 경우에는 10g을 50ml의 test tube에 가하여 37°C에서 24시간 방치하여 생성된 CO₂를 5ml 0.1N NaOH를 넣은 50ml 삼각flask에 포집하였다. 다음에 포집액에 0.1N BaCl₂ 용액 5ml를 가하여 포집된 CO₂를 BaCO₃로 침전시킨 후 남은 NaOH중 0.05N HCl 표준용액 (F=0.95067)으로 적정하여 계산에 의하여 CO₂함량을 구하였다.

균수의 측정

균수의 측정은 호기성균수와 젖산균수로 나누어 측정하였다. 총균수는 김치국물을 무균적으로 채취하여 멸균된 0.1% peptone-용액으로 희석하여 plate count agar (tryptone 5g, yeast extract 2.5g, dextrose 1g, agar 1.5%, 증류수 1L, pH 6.8~7.2)배지, 젖산균수는 0.02% sodium azide를 함유한 MRS agar (peptone 10g, Lab-lemco meat extract 10g, yeast extract 5g, glucose 20g, tween 80 1g, K₂HPO₄ 2g, sodium acetate 5g, MgSO₄ 7H₂O 0.2g, MnSO₄ 4H₂O 0.05g, triammonium citrate 2g, 증류수 1L) 배지에 평판주가법에 의해 접종하고 30°C에서 24~48시간 배양한 후 생균수를 계측하였다. 호기성균은 총균수에서 젖산균수를 제외한 것으로 하였다.

관능적 평가

탄산미의 측정은 10명의 관능요원에 의한 5점법으로 관능검사에 의하였다. 아주 강하다 : 5점, 강하다 : 4점, 보통이다 : 3점, 약하다 : 2점, 아주 약하다 : 1점으로 하였으며, 3반복 평균치로 나타내었다.

결과 및 고찰

pH와 산도

김치의 발효과정중에는 배추와 부재료에 함유된 각종 효소들과 미생물의 작용으로 인하여 주요성분이 분

해되며^{19,20)} 재합성^{21,22)}도 이루어진다. 특히 배추의 주성분인 탄수화물의 분해로 각종 유기산들이 만들어져 김치 특유의 신선한 신맛을 주게된다. 그리하여 김치의 총산도와 pH는 김치의 주요 품질지표라 할 수 있다. Fig. 1은 밀폐 및 개방용기를 사용하여 20°C에서 24시간 발효시킨 후 각각 4°C와 20°C에 두면서 pH변화를 측정된 결과이다. 발효가 진행됨에 따라 모든 시험구에서의 pH는 감소하는 경향을 보였는데 특히 4°C에서 보다 20°C에서 급격한 감소를 보였다. 김치의 맛이 좋지 않게 되는 경계 pH인 4.2까지 이르는 시간은 20°C에 둔 것은 밀폐조건과 개방조건 둘다에서 3일이었고 4°C에 둔 것은 밀폐시킨 경우와 개방한 경우 다 같이 17~20일로 뚜렷한 차이가 없었다.

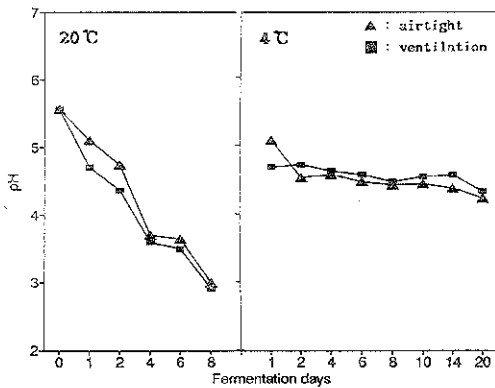


Fig. 1. Changes in pH of Chinese cabbage Kimchi under airtight and ventilating conditions during 20°C and 4°C fermentation. After fermentation at 20°C for one day, fermentation temperature was changed to 4°C.

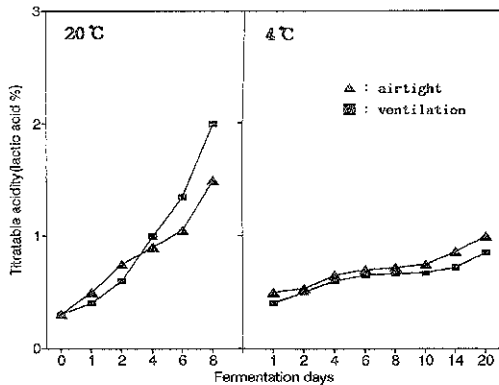


Fig. 2. Changes in titratable acidity of Chinese cabbage Kimchi under airtight and ventilating conditions during 20°C and 4°C fermentation. After fermentation at 20°C for one day, fermentation temperature was changed to 4°C.

산도의 증가는 발효중 유기산의 생성에 의한 것으로 발효가 진행되면서 젖산과 초산이 점점 증가되는 반면 다른 유기산은 발효전이나 이후나 별차이가 없다는 유등²³⁾의 결과를 참고로 할 때 총산도의 증가는 주로 젖산과 초산에 의해 가장 크게 좌우됨을 추측할 수 있다. 총산도의 증가속도를 밀폐조건과 개방조건에서 20°C에서 24시간 발효시킨 후 숙성온도별로 고찰할 때 Fig. 2에서와 같이 온도가 높을수록 증가속도가 빨라짐을 알 수 있었다. 20°C에서 발효시킨 김치는 숙성초기에 산도의 증가속도가 낮았으나 24시간부터는 비교적 크게 증가하여 3일째는 산도 0.6~0.8%인 최적숙성기에 이르고 있다. 최적숙성기를 지나면서 밀폐조건보다 개방조건의 김치가 보다 높은 증가를 나타내었다. 그리

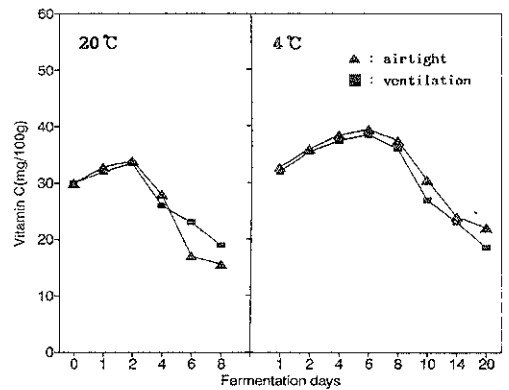


Fig. 3. Changes in vitamin C of Chinese cabbage Kimchi under airtight and ventilating conditions during 20°C and 4°C fermentation. After fermentation at 20°C for one day, fermentation temperature was changed to 4°C.

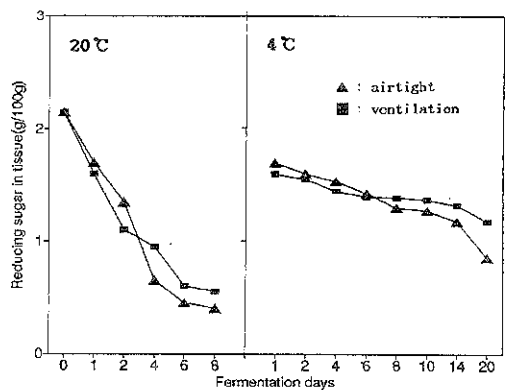


Fig. 4. Changes in reducing sugar of Chinese cabbage Kimchi under airtight and ventilating conditions during 20°C and 4°C fermentation. After fermentation at 20°C for one day, fermentation temperature was changed to 4°C.

고 이 시기 이후에도 산도는 계속 증가하였다. 4°C에서의 김치는 숙성초기에서 말기까지의 산도 증가는 완만함을 나타냈으며 개방조건이 밀폐조건보다 낮았다. 적당한 맛을 표시하는 pH를 지나면 신맛은 점점 커지고 맛이 떨어지나 pH의 변화가 적은 것은 김치숙의 유리아미노산에 의한 완충작용으로 보였다²⁾.

비타민 C 함량

개방조건과 밀폐조건의 김치를 20°C에서 발효시킨 후 4°C와 20°C에서 숙성시키면서 비타민 C의 함량을 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 비타민 C의 함량은 김치가 숙성되어감에 따라 점차로 증가하였으며 20°C에서는 숙성 2일째 이후부터 줄곧 감소를 보였으나 4°C에서는 6일까지 증가하였고 그 이후로는 점차 감소하였다. 또 4°C에 둔 경우는 밀폐조건이 개방조건보다 비타민 C 함량이 전반적으로 높았다.

환원당 함량

김치 속의 당은 맛을 좌우할 정도의 양은 아니나 발효에 관여하는 각종 미생물의 영양분으로 이용되어 신맛과 감칠맛, 독특한 향기 등 각종 성분의 생성과 성분 상호간의 조화를 이루게 하여 김치 특유의 향미를 부여하게 된다. 그러므로 당의 변화를 조사함으로써 미생물의 생육정도와 향미의 변화 및 숙성전반에 대한 평가가 가능하다²⁰⁾. Fig. 4는 밀폐조건과 개방조건의 김치를 20°C에서 24시간 발효시킨 후 각각 4°C와 20°C에서 숙성시키면서 김치 발효과정중의 환원당 함량을 조사한 결과이다. 그 결과 숙성이 진행됨에 따라 점차

감소하는 경향을 보였다. 20°C에서는 밀폐 및 개방조건 다 같이 직선적인 감소를 보였으나 4°C의 경우는 숙성기간 전반적으로 완만한 감소를 보였다. 개방조건이 밀폐조건에서보다 발효후기에 높은 함량을 나타내어 밀폐조건에서 오히려 숙성이 촉진됨을 알 수 있다.

CO₂ 함량

김치 발효는 이상젖산균에 의한 혐기적발효로서 젖산외에 이산화탄소를 생성하는 특성을 지닌다. 그러나 휘발성으로서 개방된 용기일 경우 용기밖으로 휘산하는 양이 많은 것으로 생각된다. Fig. 5와 6은 각각 김치 조직과 국물속에 녹아 있는 이산화탄소량을 측정된 결과이다. 김치 조직속의 이산화탄소 함량은 발효 24시간 일 때 밀폐조건의 경우는 27.3mg%, 개방조건은 14.9mg%로 밀폐시에 함량이 높았다. 4°C에서는 두 처리구 모두 급속히 감소되기 시작하여 2~3mg% 수준까지 감소하였으며 저장 6일 이후 다시 생성되었는데 밀폐한 경우에 그 함량이 현저하게 높았다. 국물에서 이산화탄소의 함량은 최초 20°C에서 발효 24시간째까지는 증가하였으나 그이후는 서서히 감소하였다. 20°C에서 둔 경우는 더욱 급속히 감소하였는데 개방용기에서 감소율이 컸다. 그러나 4°C에서는 숙성기간이 경과됨에 따라 CO₂의 생성이 증가되었는데 밀폐용기에서 증가율이 높았다.

균수

김치의 발효중에는 젖산균류를 비롯한 여러가지 미생물들이 관련하여 젖산을 비롯하여 사과산, 옥살산 등

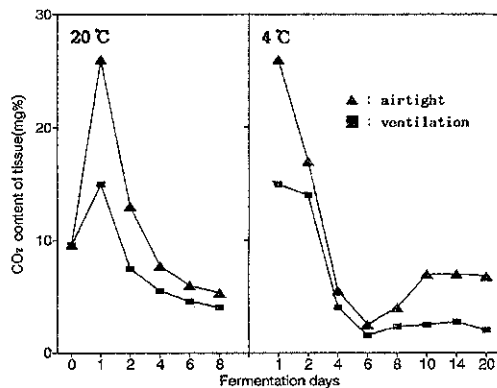


Fig. 5. Changes in CO₂ content of Chinese cabbage Kimchi tissue under airtight and ventilating conditions during 20°C and 4°C fermentation. After fermentation at 20°C for one day, fermentation temperature was changed to 4°C.

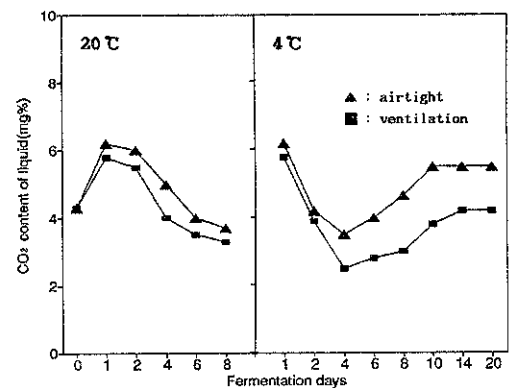


Fig. 6. Changes in CO₂ content of Chinese cabbage Kimchi liquid under airtight and ventilating conditions during 20°C and 4°C fermentation. After fermentation at 20°C for one day, fermentation temperature was changed to 4°C.

을 생성하는 복잡한 발효과정을 밝아 김치특유의 향미를 부여하게 된다²³. 김치는 사용되는 재료에 야생적으로 존재하는 여러가지 미생물이 있으나 발효초기에 김치내의 소금농도 때문에 내염성 세균들이 주로 생육하게 되며 발효가 진행되면서 젖산을 비롯한 각종 유기산이 생성됨에 따라 pH가 떨어지면 그 다음에는 내산성 세균들이 자라나게 된다²⁰. 이처럼 김치가 발효, 숙성되는 동안 미생물상이 계속적으로 변화하게 되어 결국 이들에 의해 생화학적 변화가 일어나면서 김치에 독특한 맛과 향을 주게 되는 것이다. 밀폐조건과 개방조건에서 20°C에서 24시간 발효시킨 후 각각 4°C와 20°C에서 숙성시키면서 균수의 변화를 측정된 결과는 Fig. 7 및 8과 같다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 20°C에서는 젖산균

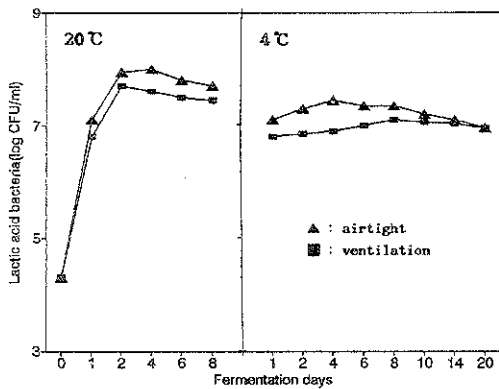


Fig. 7. Changes in lactic acid bacteria of Chinese cabbage Kimchi under airtight and ventilating conditions during 20°C and 4°C fermentation. After fermentation at 20°C for one day, fermentation temperature was changed to 4°C.

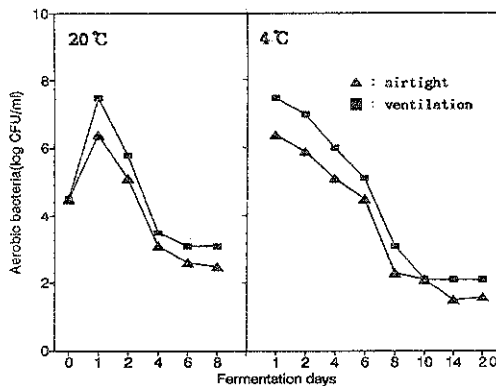


Fig. 8. Changes in aerobic bacteria of Chinese cabbage Kimchi under airtight and ventilating conditions during 20°C and 4°C fermentation. After fermentation at 20°C for one day, fermentation temperature was changed to 4°C.

이 발효초기에 지속적인 증가를 보였으나 발효 2일이 후부터는 약간의 감소를 나타내었고, 4°C에서는 밀폐 조건에서 균수가 낮게 뚜렷한 변화없이 유지되었으나 발효가 진행됨에 따라 점차적으로 증가하여 발효 20일째는 개방조건과의 차이가 없었다. 호기성세균은 20°C에서 발효 24시간만에 급진적인 증가를 나타냈으나 그 후 발효됨에 따라 급격한 감소를 나타냈으며 발효말기에 완만한 감소를 보였다. 따라서 밀폐조건에서는 개방조건보다 호기성 세균은 적은 반면 젖산균이 많아서 김치의 바람직한 숙성이 이루어짐을 알 수 있다.

탄산미

Fig. 9는 밀폐조건과 개방조건에서 온도별(4°C, 20°C)로 발효숙성시키면서 탄산미의 변화를 관능적으로 평가한 결과이다. 발효온도에 상관없이 밀폐조건인 김치가 개방조건 김치보다 높은 탄산미를 나타내었다. 탄산미 평가치는 20°C에서 숙성 4일째까지 지속적인 증가를 보이다가 발효말기에 급속적인 감소를 나타내었다. 4°C에서는 발효초기에 증가를 보이다가 4일째 약간의 감소를 보였으며 발효 14일째 최고치를 나타내었고 그 이후로는 감소를 보였다. 김치에서는 이산화탄소의 함량이 발효 24시간일 때 가장 높은 수치를 나타내었으나 관능적 평가에서는 최적숙성기에 가장 높은 수치를 나타내었다. 이러한 결과는 발효 초기는 강한 풋내와 덜익은 맛으로 인해 탄산미가 상쇄되거나 최적숙성기에서는 김치 고유의 맛으로 인한 탄산미의 상승작용이 나타난 것으로 추측된다.

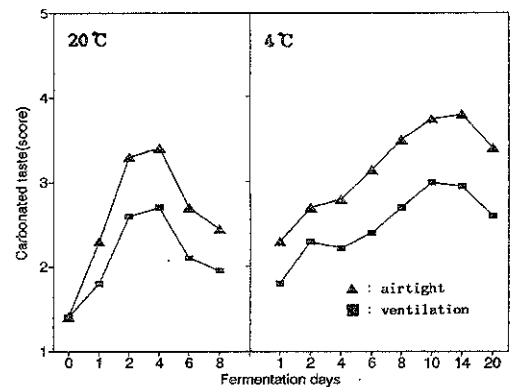


Fig. 9. Changes in carbonated taste of Chinese cabbage Kimchi under airtight and ventilating conditions during 20°C and 4°C fermentation. After fermentation at 20°C for one day, fermentation temperature was changed to 4°C.

요 약

김치 젖산균이 생성하는 이산화탄소의 휘산을 막아 탄산의 생성을 높임으로서 시원한 탄산미를 증대시킬 목적으로 밀폐용기에서 김치를 숙성시키는 동안 품질 변화를 조사하였다. pH, 산도 및 비타민 C 함량은 밀폐와 개방에 따른 큰 차이를 보이지 않았으나 조직의 환원당 함량은 밀폐용기에서 낮았다. 조직과 국물의 CO₂ 함량은 전 발효기간을 통하여 밀폐용기에서 낮았으며 탄산미도 높았다. 밀폐용기에서 숙성시킨 김치는 젖산균수가 많은 반면 호기성균수는 낮았다.

문 헌

1. 박건영, 최홍식 : 김치와 니트로소아민. 한국영양식량학회지, 21(1), 109(1992)
2. 박우포, 이상준, 김재욱 : 증량법에 의한 김치 숙성도 판정에 관한 연구. 한국농화학회지, 33(3), 257(1990)
3. 박우포, 김재욱 : 조미료 짓갈 등이 김치 발효에 미치는 영향. 한국농화학회지, 34(3), 242(1991)
4. 김명희, 신말식, 전덕영, 홍윤호, 임현숙 : 재료를 달리한 김치의 품질. 한국영양식량학회지, 16(4), 268(1987)
5. 유재연, 이혜성, 이혜수 : 재료의 종류에 따른 김치의 유기산 및 휘발성 향미성분의 변화. 한국식품과학회지, 16(2), 169(1954)
6. 김경재, 경규향, 명원경, 심선택, 김현구 : 김치류의 저장기간 연장을 위한 무우품종 선발에 있어서 발효성당함량의 역할. 한국식품과학회지, 21(1), 100(1989)
7. 전재근 : 봄배추 품종별 김치가공 적성. 한국농화학회지, 24(3), 194(1981)
8. 이선화, 우순자 : 배추김치 숙성중 일부 첨가재료가 질산염, 아질산염 및 비타민 C 함량의 영향에 미치는 영향. 한국식문화학회지, 4(2), 161(1989)
9. 이신호, 김순동 : 김치의 부재료가 김치 숙성에 미치는 효과. 한국영양식량학회지, 17(3), 246(1988)
10. 김순동, 윤수홍, 강명수, 박남숙 : 깍두기의 숙성에 미치는 감압 및 polyethylene film 포장처리 효과. 한

- 국영양식량학회지, 15(1), 39(1986)
11. 이신호, 김순동 : Starter 첨가가 김치의 숙성에 미치는 효과. 한국영양식량학회지, 17(4), 342(1988)
12. 김호식, 전재근 : 김치 발효중 세균의 동적변화에 관한 연구. 원자력 논문집, 6, 112(1966)
13. 노완섭, 허윤형, 오현근 : 김치의 발효 숙성에 관여하는 미생물의 소장에 관한 연구. 서울보전논문집, 1, 15(1981)
14. 천종희, 이혜수 : 김치의 휘발성 유기산과 이산화탄소에 관한 연구. 한국식품과학회지, 8(2), 90(1976)
15. 이서래 : 김치의 맛과 영양. 식품과 영양, 8(2), 20(1987)
16. A.O.A.C. : Official methods of anaysis. Association of official analytical chemists. Washington, D. C., p. 774(1970)
17. 박경자, 우순자 : Na-acetate 및 Na-malate와 K-sorbate가 김치발효 중 pH, 산도 및 산미에 미치는 효과. 한국식품과학회지, 20(1), 40(1988)
18. A.O.A.C. : Official methods of analysis. Association of official analytical chemists. Washington, D. C., p. 190(1970)
19. 하순섭 : 펙틴분해효소 및 산박미생물이 침채류의 연부에 미치는 영향. 과연회보, 5(2), 39(1960)
20. 방양선, 조용구, 문숙임 : 알타리 무우 김치 숙성과정 중 유리아미노산의 변화. 대한가정학회지, 23(4), 55(1985)
21. 이태녕, 김정식, 정동효, 김호식 : 김치성분에 관한 연구(제2보). 김치숙성과정에서 있어서의 비타민 C 함량의 변화. 과연회보, 5(1), 43(1960)
22. 이태녕, 이정원 : 김치 숙성중의 비타민 C 함량의 소장 및 galacturonic acid의 첨가효과. 한국농화학회지, 24(2), 139(1981)
23. 이승교, 전승규 : 김치의 숙성에 미치는 온도의 영향. 한국영양식량학회지, 11(3), 63(1982)
24. 이춘녕, 조재선 : 김치제조 및 연구사. 한국음식 문화연구원 논총, 제 1집, p.193(1988)
25. 이양희, 양익환 : 우리나라 김치의 포장과 저장방법에 관한 연구. 한국농화학회지, 13(3), 207(1970)
26. 최신양 : 김치 발효와 보존성. 식품과학, 21(1), 19(1988)

(1994년 1월 28일 접수)