

김치의 저장성에 미치는 발효성당의 영향과 Shelf-Life 예측 모델

유형근 · 김기현* · 윤 선*

(주)미원 중앙연구소, *연세대학교 식품영양학과

Effects of Fermentable sugar on Storage Stability and Modeling Prediction of Shelf-Life in *Kimchi*

Hyeung-Geun Yu, Kee-Hyeun Kim* and Sun Yoon*

Miwon Technical Center, *Department of Food and Nutrition, Yonsei University

Abstract

In order to study the prediction of shelf-life and the relation between the initial reducing sugar content (So) and the fermentation period (T) to produce 0.75% acid in *kimchi*, *kimchis* were prepared with Chinese cabbage from which fermentable sugars were removed by 0%, 30%, 50%, 74%. In *kimchis* with 2.3%, 0.97%, 0.60% initial reducing sugar content, fermentation periods to produce 0.75% acid took 2, 7, 12 days, respectively. This relation can be expressed as the following equation; $T = -16.82 \text{ LogSo} + 7.66$. *Kimchi* with cabbage removed by about 80% fermentable sugar showed out about 0.8% total acidity during 30 days's storage at 25°C.

Key words: *kimchi*, storage stability, fermentable sugar, shelf-life

서 론

김치는 전통적으로 자가공급하였으나, 현대사회의 다변화와 국제화 시대로 인하여 김치의 산업화가 절실히 요구되고 있는데, 대량생산을 위한 김치의 산업화에 있어서 가장 큰 문제점은 유통시의 산패현상으로 장기보존이 어려우며, 유통기간을 예측하기 곤란하다는 점이다.

김치의 저장성 연구로는 방부제 및 기타약제처리^{1, 2)}, 열처리^{4, 5)}, 냉장 및 냉동처리^{6, 7)}, 방사선처리⁸⁾ 그리고 pH조정제⁹⁾를 이용하는 연구가 진행되었으나 이러한 각각의 방법들은 안정성, 경제성 및 품질저하(신선도) 등 다소 문제점을 지니고 있다.

외국에서는 cabbage, cucumber, olive, green bean 등의 저장성을 향상시키기 위해 이들 야채에서 발효성당을 제거하는 방법을 시도하여왔다. 이런 방법의 장점은 관능적인 면을 바람직하게 유지하고 기계적인 energy를 줄일 수 있다고 보고하였다¹⁰⁾. Fleming과 McFeeters는¹¹⁾ 채소류(green bean, cucumber, pepper, tomatoes)에서 발효성당을 제거하여 12개월정도 보존하였으며, Chen 등¹²⁾은 *L. cellobiosis*를 이용하여 fermented green beans에서 모든 발효성당을 제거하므로 2차발효를 억제하여 저장성 향상에 성공하였다고 보고하였다. Pederson과 Albury¹³⁾, Etschell¹⁴⁾ 등도 당제거를 위해 *L. plan-*

tarum 등의 균을 이용하여 저장성 향상을 도모하였다.

본 연구에서는 균주를 이용하여 김치의 주원료인 배추에서 발효성당을 일부 제거시켜 상온(25°C)에서의 김치의 저장성을 향상시켰으며, 김치에서 초기 당함량과 산생성량과의 관계를 규명하고 상온유통기간을 예측할 수 있는 식을 유도하였다.

재료 및 방법

실험재료

배추, 마늘, 생강 등의 김치재료는 신선시장에서 구입하였으며 고추분은 영양산 제품을 소금은 정제염을 그리고 젓갈은 추자도 멸치액젓을 사용하였다. 그의 분석에 사용한 시약은 모두 특급을 사용하였다.

유산균주 보존

본 실험에 사용한 2종의 유산균주인 *Leu. mesenteroides* KFCC 35471과 *L. plantarum* KFCC 11322를 한국 종균협회에서 분양받아 MRS 환천배지¹⁷⁾에 천자배양하였고 5°C에 보관하였다.

발효성당 제거를 위한 조건설정

5%, 8% 그리고 12% NaCl용액을 사용하여 염용액에 따른 배추내 당의 변화정도를 관찰하였으며, 이때 배추와 염용액비는 1 : 3(w/v)이 되도록 하였다. 또한 미리 MRS broth에서 순수배양시킨 *L. plantarum* 및 *Leu. mesenteroides*를 5% NaCl용액에 각각 1×10^5 CFU/ml 정도되게

Corresponding author: Yu, Hyeung-Geun, Technical Research Center, Miwon Co., LTD. 720 Banghak-Dong, Do-dong-Ku, Seoul, Korea

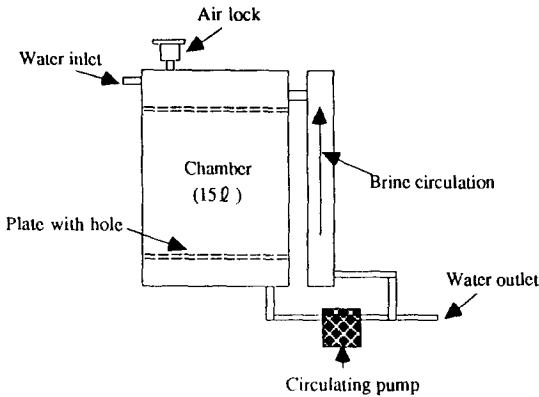


Fig. 1. Jar designed for the salting, fermentation and desalting of Korean cabbage

Table 1. Composition of spice materials for kimchi preparation

Spice materials	Composition(%)
Red pepper powder	15.0
Garlic	5.0
Ginger	2.5
Fermented anchovy juice	5.0
Monosodiumglutamate	0.5
Water	70.5
Salt	1.5

첨가한 2개의 시료와 동일조건에서 배추에 존재하는 야생균주만을 이용한 시료에서 당제거 정도를 비교하였다. 그리고 배추의 절단방향을 달리하여 길이로 8등분한 것과 세로로 절단(5 cm간격)한 배추에서 당제거 정도를 관찰하였다. 이 발효성당 제거를 위한 조건설정 실험기간동안 아크릴로 제작한 용기(용량 15 l)를(Fig. 1) 이용하여 8시간 간격으로 1시간 동안 순환시켜 배추가 침지된 용액을 균일화 시켰다.

김치제조

당이 제거된 배추에 미리 혼합된 양념(Table 1)을 85 : 15 w/w비로 혼합하여 제조하였으며, 대조군은 절임포기배추를 이용하여 동일방법으로 제조하였다. 김치제조 전 사용될 배추의 염농도가 2.5~3.0% 되도록 하기 위해 당제거가 완료되면 용기의 상단(water inlet) 부위에 수도꼭지를 연결하고 용기의 배수구를 열어놓은 상태에서 5시간 동안 수도물을 흘려보내 탈염과정을 거쳤다. 제조된 김치는 약 100g씩 Nylon(15 μm)/Polyethylene(80 μm) 복합film으로 탈기포장하여 25°C에 보관하였다.

시료준비

100g씩 날개 포장된 김치 전체를 blender에 넣고 마쇄하여 균질화시킨후 일정량(30g)을 취하여 15,000 rpm

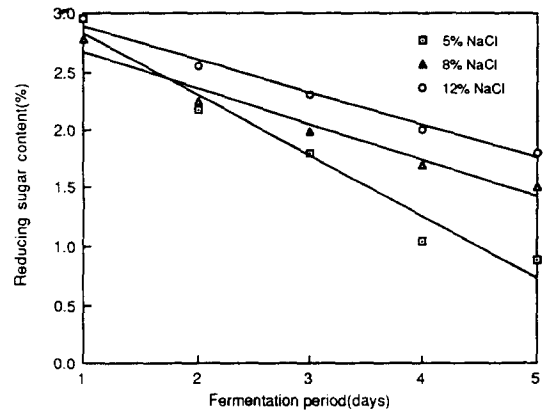


Fig. 2. Change of reducing sugar content of Korean cabbages during the prefermentation according to various brine solution at 25°C

에서 15분간 원심분리하여 그 상등액을 분석을 위한 시료로 사용하였다.

pH 및 산도

시료의 pH는 pH meter(Beckman)를 사용하여 측정하였고, 산도는 3g의 시료액을 증류수 50 ml에 희석하여 0.05 N NaOH 용액으로 pH 8.20±0.05까지 적정하여 젯산함량으로 산도를 측정하였다⁽¹⁵⁾.

환원당

발효성당 제거정도를 알아보기위해 측정하였으며, dinotrosalicylic acid(DNS)법으로 측정하였다. 50배 희석한 시료 희석액 1 ml에 DNS시약 3 ml를 가하여 비등·냉각시키고 550 nm에서 흡광도를 측정하여 미리 구해둔 검량선에서 환원당함량을 산출하였다⁽¹⁶⁾.

결과 및 고찰

발효성당 제거시 염농도

배추에서 당함량 및 pH는 시일이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 5% NaCl용액에서 가장 큰 것으로 나타났다(Fig. 2, 3). 12% 염용액에서는 pH변화가 없는 것으로 보아(Fig. 3), 미생물활동에 기인한다기 보다는 주로 삼투압 현상에 의해 당이 제거되며, 5%에서는 삼투압현상과 미생물이 당을 탄소원으로 이용하므로써 당이 제거되는 것으로 판단된다.

발효성당 제거시 starter첨가 및 배추 절단방향

5% NaCl용액에서 배추에 존재하는 야생균주를 이용하여 발효시킬 경우 배추의 초기 당함량이 약 2.18%에서 5일 발효후 0.55%로 감소하였다(Fig. 4). 한편 미리 순수배양시킨 *L. plantum*첨가시 5일 발효후 약 0.4% 이하로 감소하여 야생균주보다는 발효성당 제거시 다소

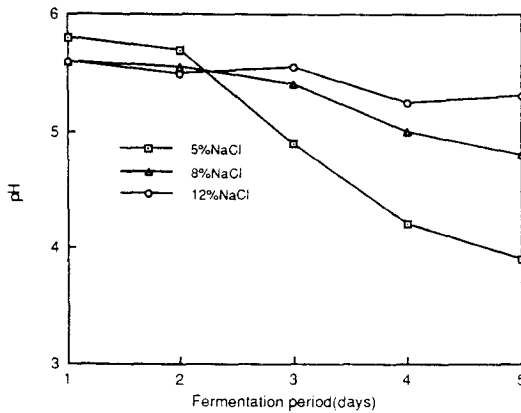


Fig. 3. Change of pH in Korean cabbage during the pre-fermentation according to various brine solutions at 25°C

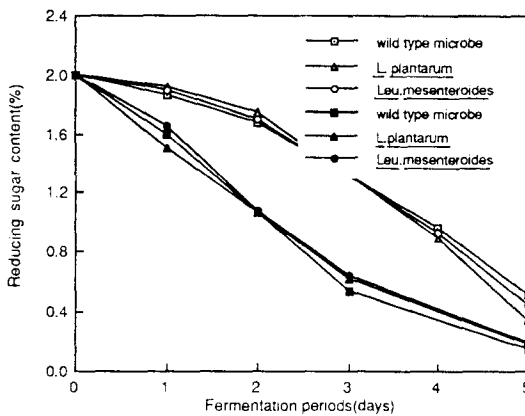


Fig. 4. Change of reducing sugar content in cabbage by various methods for removing fermentable sugar
□, △, ○; with cabbage longitudinal sectioned (8 sectins)
■, ▲, ●; with cabbage cross sectioned (5 cm)

효과적인 것으로 나타났다.

배추의 절단방향에 따라 당 제거 정도도 다르게 나타났다. 길이로 절단한 것보다 세로 방향으로 절단 한 것이 절단된 면적이 적음에도 불구하고 당을 빠르고도 확실하게 제거할 수 있어 사용된 균주에 상관없이 발효 5일 후에는 약 0.2% 이하로 당이 감소되었다(Fig. 4). 이는 세로방향의 절단이 배추조직에서의 물질이동경로를 열어놓으므로 이를 통해 쉽게 당이 제거되는 것으로 판단된다.

당함량과 산생성량

배추에서 발효성당이 0%, 30%, 58% 그리고 74% 제거된 배추를 이용하여 김치를 제조한후 김치에서 산생성량을 관찰한 결과 발효성당이 많이 제거되어 김치제조 초기 당함량이 낮은 김치일 수록 산생성량이 적은 것을

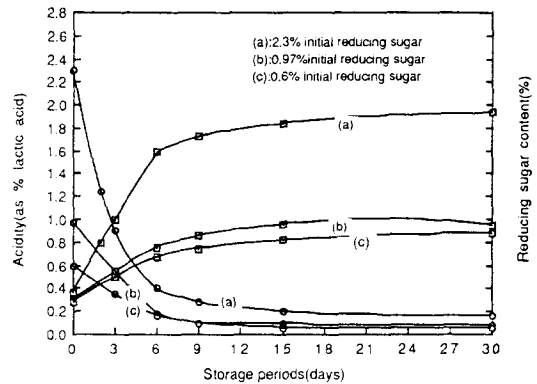


Fig. 5. Change of acidity and reducing sugar content during the storage of kimchis with different initial reducing sugar level at 25°C.

□; Acidity ○; Reducing sugar content

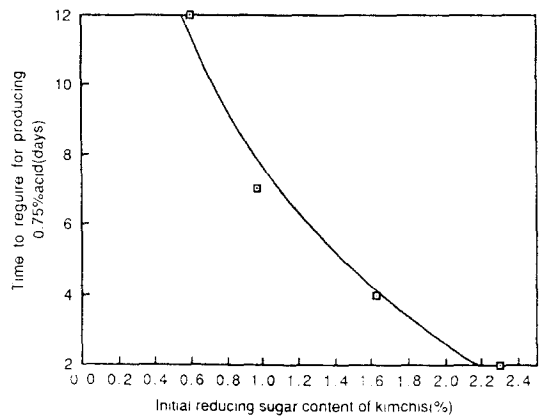


Fig. 6. The relation between the initial reducing sugar content of kimchis and producing acid during the storage at 25°C

알 수 있었다(Fig. 5). 이는 당의 함량이 낮을 수록 미생물의 활동에 제한을 주는 것으로 판단된다. 따라서 김치제조시 당함량을 조절할 수 있다면 산생성의 억제로 산패현상이 방지되어 김치의 장기보존이 가능하다고 판단된다.

김치의 초기 당함량이 2.30%, 1.60%, 0.97% 그리고 0.60%일때 산생성은 각각 1.84%, 1.62%, 1.04%, 0.80% 정도이며 그 이상은 증가하지 않았다.

김치 초기당함량을 이용한 Shelf-life예측

김치 적숙기 상태에서의 산도는 약 0.75% 정도⁽⁶⁾이며, 1.00% 이상인 경우 식용으로 부적합하다. 0.75%의 산이 김치에서 생성되는데 소요되는 숙성기간을 보면 초기 당함량이 2.30%, 0.97%, 0.60%인 김치는 각각 2일, 7일, 12일이 소요되었다(Fig. 5).

1.00% 이상의 산을 생성하는데는 2.3%, 1.62%, 0.97%

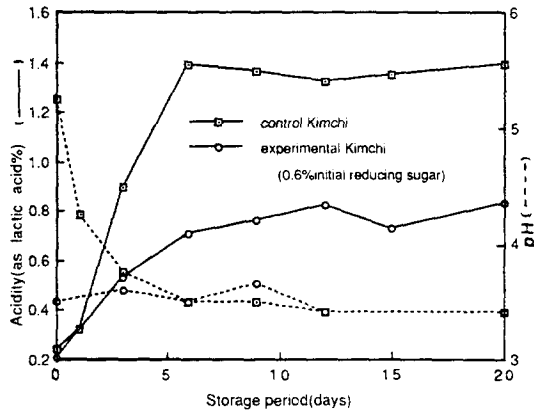


Fig. 7. Change of acidity in kimchi during the storage at 25°C

초기 당함량을 지니는 김치에서 각각 약 3일, 6일, 20일 소요되었으나, 0.60%에서는 30일 실험기간동안 1.0% 이상의 산을 생성하지 못하였다. Fig. 6은 0.75%의 산을 생성하는데 소요되는 기간(T)과 김치제조 초기당 함량(So)과의 관계를 나타내었으며 이를 식 (1)로 표현하였다.

$$T = -16.82 \text{ LogSo} + 7.66 \quad (1)$$

김치의 초기당함량을 알면 식 (1)을 이용하여 상온 유통시 김치의 Shelf-life를 예측할 수 있다고 판단된다.

발효성당이 감소된 김치에서의 성분변화

발효성당을 약 80%까지 제거한 배추를 사용한 김치에서의 성분변화는 대조군과 큰 차이를 보였다. 대조군에서는 약 1.38%⁽¹⁷⁾ 정도에서 산생성이 정지된 반면 발효성당이 감소된 김치에서는 약 0.8% 정도에서 산생성이 정지됨을 알 수 있었다(Fig.7). pH에서도(Fig.7) 대조군과는 달리 전 실험기간동안(20일) pH 3.5로 거의 변화가 없었다. 김치제조 초기부터 낮은 pH는 부패성 미생물의 생육을 억제하는 요인으로 작용할 수 있는 것으로 사료되 김치저장성 연장에 긍정적인 효과를 주는 것으로 판단된다. 즉 발효성당을 감소시킴으로써 김치에서 낮은 산도를 유지하여 산패현상을 억제할 수 있었으며, 초기부터 낮은 pH를 유지하므로 위생적인 면에서 안전한 것으로 사료된다. 따라서 발효성당을 70~80% 정도까지 제거하면 상온에서 30일 이상(Fig.7) 보존가능하리라 판단된다.

요 약

배추에서 발효성당을 0%, 30%, 58% 그리고 74% 제거한 후 김치를 제조하여, 초기당함량에 따른 산생성량을

알아보았으며 유통기간을 예측할 수 있는 식을 유도하였다. 김치의 적숙기에서의 산도인 0.75%를 김치에서 생성되는 데 소요되는 기간(T)을 보면 초기당함량(So)이 2.30%, 0.97%, 0.60%인 김치에서 각각 2일, 7일, 12일이었다.

이 관계를 $T = -16.82 \text{ LogSo} + 7.66$ 으로 표현하였다. 또한 배추에서 80%까지 발효성당을 제거할 경우 김치에서 최대 0.8% 정도의 산을 생성하므로써 본 연구에서의 유통기간 설정기준인 총산도 생성량으로 25°C에서 30일 이상 보존 가능하였으나 관능적으로는 다소 우수하지 못하였다.

문 헌

1. 김창식 : 한국 김치의 저장에 관하여(제 1보), 병조림, 경북대논문집, 2, 221(1958)
2. 김병기, 손득명, 정 용, 윤명희 : 하절 김치의 우생적 사전처리가 그 장기 저장성에 미치는 영향. 현대의학, 5, 441(1966)
3. 김창식, 김정호, 정병호 : 김치 통조림 제조법. 한국특허, 850(1966)
4. 정호권 : 김치 통조림의 간헐적 열처리 방법. 한국특허, 273(1967)
5. 이춘영, 전재근, 김호식 : 김치 통조림 제조에 관한 연구. 한국농화학회지, 10, 33(1968)
6. 이양희, 양익환 : 우리나라 김치의 포장과 저장방법에 관한 연구. 한국농화학회지, 13, 207(1970)
7. 신동화, 김기성 : 기업적 생산을 위한 김치저장에 관한 연구. 원자력논문집, 5, 64(1965)
8. 이희성, 이근배 : 방사선을 이용한 김치저장에 관한 연구. 원자력논문집, 5, 64(1965).
9. 김순동 : 김치숙성에 미치는 pH조절제의 영향. 한국영양식량학회지, 14, 259(1985)
10. Fleming, H.P. and Macfeeters, R.F.: Use of microbial culture, vegetable products. *Food Technol., Jan.*, p.84 (1981)
11. Fleming, H.P. and Mceeters, R.F.: Storage stability of vegetable fermented with pH control. *J. Food. Sci.*, 48, 975(1983)
12. Chen, K.H., Mceeters, R.F. and Fleming, H.P.: Complete Heterolactic acid Fermentation of Green beans by *Lactobacillus cellobiosis*. *J. Food. Sci.*, 48, 967(1983)
13. Perderson, C.S. and Albury, M.N.: The effect of pure culture inoculation on fermentation of cucumbers. *Food Technol.*, 15, 351(1961)
14. Etchell, J.L., Cotilow, R.N., Anderson, T.E. and Bell, T.A.: Pure culture fermentation of brined cucumbers. *Appl. Microbiol.*, 12, 523(1964).
15. 이길상 : 무기정량분석화학의 이론과 응용. 동명사(1973)
16. 정봉효, 장현기 : 최신 식품분석법. 삼중당(1982)
17. 홍완수 : 양념 및 저자유의 첨가가 김치숙성에 미치는 영향에 관한 연구. 연세대학교 대학원 식생활학과 석사학위논문(1987).

(1991년 8월 20일)