

열처리 및 젖산균 접종이 김치의 품질에 미치는 영향

박희옥* · 김유경 · 윤 선

*경기실업전문대학 식품영양학과, 연세대학교 식품영양학과

The Effect of Blanching and Lactic Acid Bacterial Inoculation on the Quality of Kimchi

Hee Ok Park*, Yoo Kyeong Kim and Sun Yoon

*Department of Food and Nutrition, Kyung Ki Junior College
Department of Food and Nutrition, Yonsei University

Abstract

The object of this study was to investigate the effects of blanching and lactic acid bacterial inoculation on the quality of kimchi. The pHs of the group added *Leuconostoc mesenteroides* were rapidly decreased, and then kept almost steady states. However, the pHs of the groups added *Bifidobacterium bifidum* were gradually decreased. Blanching treatment reduced the number of viable cells. At the beginning of the fermentation, the total organic acid contents of the blanched groups were lower than those of the non-blanched groups, but later on they were higher. With fermentation, the contents of malic, citric and fumaric acid were decreased in the control group, but increased in the cultured groups and all blanched groups. The cutting forces of the blanched groups were higher than those of the non-blanched groups during the whole fermentation period. The inoculation of *Leu. mesenteroides* was effective on the preservation of ascorbic acid. Blanching and the inoculation of *Leu. mesenteroides* gave good effect on the sensory acceptability. The acceptability of the groups added *Bifidobacterium bifidum* was low in initial fermentation period, but increased during the late fermentation period.

I. 서 론

야채발효식품의 풍미는 주로 heterofermentative종이 생성하는 비휘발성 유기산과 휘발성 향미성분에 의해 영향을 받으며, 이때 *Leu. mesenteroides*가 주된 역할을 한다¹⁾. 김치 발효시에도 *Leu. mesenteroides*는 주된 젖산균으로서 젖산과 CO₂를 생성하여 맛과 냄새에 좋은 영향을 미치며 호기성균의 생성을 억제하는 역할을 한다²⁾.

*Bifidobacterium bifidum*은 그람 양성, 혐기성균으로 신생아의 건강유지 뿐만 아니라³⁾ 성인에 있어서도 설사 방지, 장내감염예방⁴⁾, 항암효과⁵⁾ 등이 있는 것으로 알려져 있다. 구미에서는 식품과 관련하여 *B. bifidum* 연구를 계속하여 오고 있으나 우리나라에서는 최근에 와서야 관심을 보이고 있는 실정이다. *B. bifidum*의 생육에는 아스코르빈산과 cystein이 필요하다⁶⁾. 따라서 김치에 아스코르비산이 풍부하고⁷⁾ 유리 아미노산으로 cystein이 존재하고⁸⁾ 또 김치 발효시에 혐기성균의 증식이 활발하므로 *B. bifidum* 생육이 가능할 것으로 기대된다.

이에 본 연구는 김치의 품질을 향상시키고자 배추조직의 강도증가^{9,10)}와 미생물의 일부 사멸효과를 기대하여 배추를 염절임 및 열처리하고, 여기에 주 발효균인 *Leu.*

*mesenteroides*와 장내 정장작용이 있는 *B. bifidum*을 각각 첨가하여 김치의 품질변화를 연구하고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

(1) 균주

실험에 사용한 *Leuconostoc mesenteroides*(IFO 12060)와 *Bifidobacterium bifidus*(KCTC 3202, ATCC 29521)는 한국과학기술원 유전공학센터의 유전자은행에서 동결건조된 형태로 분양받았다.

(2) 김치의 제조

내외염을 제거한 배추의 중간잎을 10% 소금용액에 12시간 침지시킨(배추 200 g/l 소금용액) 후 1/2은 냉수에 세척하고, 나머지 1/2은 끓는 물에 넣고 5초 동안 열처리하여 냉각시켰다. 배추를 4~5 cm 길이로 절단하여 Table 1과 같은 조성으로 김치를 제조하되 Table 2와 같이 처리하였다.

(3) Starter의 제조

121°C에서 15분간 멸균한 MRS 액체배지와 RCM 액체배지 20 ml에 액상 *Leu. mesenteroides*와 *B. bifidum*을

Table 1. Composition of kimchi materials

Salted Chinese cabbage	1 Kg
Red pepper powder	25 g
Garlic	25 g
Ginger	2.5 g
Fermented anchovy juice	12 ml
Salt	adjust to 3% NaCl

Table 2. Blanching and lactic acid bacteria inoculation of kimchi samples

Sample No.	Treatements
1	Salted in 10% NaCl solution
2	Salted in 10% NaCl solution Inoculation of <i>Leu. mesenteroides</i>
3	Salted in 10% NaCl solution Inoculation of <i>B. bifidum</i>
4	Salted in 10% NaCl solution Blanching in boiling water for 5 seconds
5	Salted in 10% NaCl solution Blanching in boiling water for 5 seconds Inoculation of <i>Leu. mesenteroides</i>
6	Salted in 10% NaCl solution Blanching in boiling water for 5 seconds Inoculation of <i>B. bifidum</i>

각각 1 ml씩 접종한 후 24시간 배양하였다. 이 배양액은 1,090×g에서 20분 동안 원심분리하여 균체만 회수한 다음 멸균된 0.85% NaCl 용액에 분산시켜 각각의 흡광도가 650 nm에서 0.3이 되도록 조절하였다. 이렇게 준비된 Starter를 절임 배추 1 kg당 10 ml/비율로 양념을 접종하여 김치를 제조하고 polyethylene과 nylon이 적층된 봉투(28×26 cm)에 넣고 탈기포장하여 15°C의 항온기에 저장하면서 4일 간격으로 실험하였다.

2. 실험방법

(1) pH 및 산도의 측정

pH는 pH meter(model 3560 Beckman)를 사용하여 측정하였고, 산도는 정 등¹¹⁾의 방법으로 측정하였다.

(2) 총균수와 유산균수의 측정

총균수와 유산균수는 각각 plate count agar 배지와 BCP 배지를 사용하여 측정하였다.

(3) 유기산의 분석

김치 40g을 Osterizer blender에 넣고 80% ethanol 40 ml를 가하여 3분간 마쇄한 후 Buchner funnel 상에서 흡인여과하고 여기에 80% ethanol을 가하여 100 ml로 정용하였다. 이 용액을 4배 희석하여 HPLC(high performance liquid chromatography, Nacalai Tesque, Inc.)로 분석하였으며 그 조건은 Table 3과 같다. 표준 유기산으로는 oxalic, glycolic, malonic, pyruvic, tartaric, lactic,

Table 3. Analytical conditions of HPLC for organic acids

Column	COSMOSIL 5C18-P(4.6 mm I.D.×250 mm)	
Mobile Phase	0.05 M KH ₂ PO ₄ /0.05 M H ₃ PO ₄ = 50/50(pH=2.0)	
Flow Rate	1.0 ml/min	
Temperature	30°C	
Pressure	1400 psi	
Detection	UV 220 nm, 0.64 AUFS	
Sample(RT, min)	1. oxalic acid(3.37)	2. acetic acid(3.75)
	3. glycolic acid(3.79)	4. malonic acid(4.52)
	5. pyruvic acid(4.79)	6. tartaric acid(4.92)
	7. lactic acid(5.33)	8. malic acid(5.61)
	9. citric acid(7.62)	10. succinic acid(8.12)
	11. fumaric acid(9.76)	12. propionic acid(12.45)

malic, citric, succinic, fumaric, propionic acid를 사용하였다.

(4) 절단력 시험

배추 뿌리쪽에서 4~8 cm되는 부위의 중앙 부분을 2×2 cm가 되도록 면도날로 자른 시료를 칼날형 탐침으로 3회 이상 반복 시험하여 그 평균치를 얻었다. Rheometer (CR-200D, Sun Scientific Co.)의 조건은 table speed : 60, chart speed : 10, load cell range : 10(kg)이었으며 maximum cutting force를 절단력으로 나타내었다.

(5) 아스코르빈산의 측정

Hydrazine비색법¹²⁾으로 측정하였다.

(6) 관능검사

김치의 관능검사는 잘 훈련된 대학원생 5명을 대상으로 냄새, 맛, 질감, 수용도를 5점법으로 평가한 후 Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. pH와 산도

pH와 산도에 있어서 열처리군과 대조군이 차이가 없는 것으로 나타났다(Fig. 1). *Leu. mesenteroides*를 접종한 실험군들은 김치제조 5일 후에 각각 pH 4.01과 4.14로 pH가 급격히 낮아졌으나, 일단 숙성된 이후에는 대조군보다 pH가 더 떨어지지 않았다. *B. bifidum*을 접종한 경우에는 열처리를 병행한 실험군에서 김치제조 9일 후에 pH 4.66, 산도 0.4로 대조군에 비해 숙성이 지연되었고 산도가 가장 낮게 나타났으며 pH는 숙성 13일 후 산도는 숙성 17일 후에 다른 실험군들과 유사해졌다. 이로부터 *Leu. mesenteroides*를 접종할 경우 주 발효균으로 작용하여 pH를 낮추고 김치의 초기숙성을 촉진시켜 주는 것으로 생각되며, *B. bifidum*은 김치내에서 생육은 가능하나 *Leu. mesenteroides*만큼 활발하지는 않은 것 같다.

2. 총균수 및 유산균수

김치 숙성기간 중 총균수와 유산균수는 숙성초기에 급격히 증가했다가 서서히 감소하는 현상을 보여 주었다

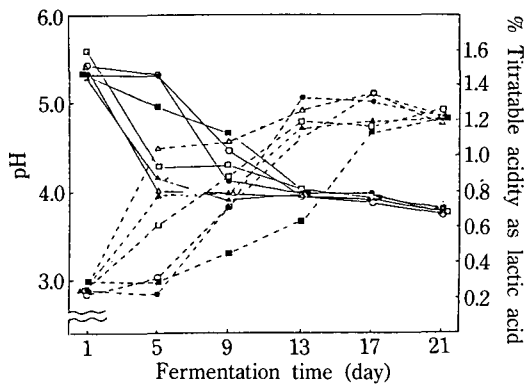


Fig. 1. Changes of pH and titratable acidity during the fermentation of kimchi at 15°C

—; pH, ----; Titratable acidity, ○—○; control, △—△; control+*Leu. mesenteroides*, □—□; control+*B. bifidum*, ●—●; blanching, ▲—▲; blanching+*Leu. mesenteroides*, ■—■; blanching+*B. bifidum*

(Fig. 2, 3). 열처리군은 대조군에 비해 미생물의 수가 적은 것으로 나타나 열처리에 의한 미생물 감소효과를 볼 수 있었다. 대조군은 김치제조 후 9일에 총균수 및 유산균수가 최대에 이른 후 크게 감소하지 않았으나, 단독 열처리군은 김치제조 후 13일에 최고치를 보인 후 감소하기 시작하였다. *Leu. mesenteroides*를 접종한 비열처리군은 김치제조 후 pH 4.01인 5일에 총균수 2.98×10^9 CFU/ml, 유산균수 1.85×10^8 CFU/ml로 급격히 증가한 후 감소하여 김치제조 9일 후에는 대조군 보다 적었다. *Leu. mesenteroides*를 접종한 열처리군도 김치제조 후 pH 4.14인 5일에 총균수 및 유산균수가 최고치에 이른 후 감소하였다. *B. bifidum*을 접종한 경우 비열처리군과 열처리군, 각각 김치제조 후 5일과 9일에 유산균수가 최대에 이른 후 비열처리군은 크게 감소하지 않았으나 열처리군은 점차 감소하였다.

3. 유기산의 함량

각 시료중의 유기산 함량은 Table 4에 나타난 바와 같다. 총 유기산의 함량은 김치숙성 초기에는 열처리군이 비열처리군보다 적은 것으로 나타났으나 숙성이 진행됨에 따라 증가하여 숙성말기에는 대조군보다 많은 것으로 나타났다. 대부분의 유기산은 발효초기부터 이미 상당량 존재하고 있었으며 lactic acid는 김치발효가 진행되면서 생성되고 있음을 알 수 있었다. 대조군의 경우 김치제조 후 5일이 되어도 lactic acid가 나타나지 않았으나 *Leu. mesenteroides*군은 김치제조 직후부터 lactic acid가 생성되었고, *B. bifidum* 접종군은 *Leu. mesenteroides*접종군보다 lactic acid 생성이 지연되었으나 숙성후기에는 함량이 비슷하였다. Malic, citric, fumaric acid는 대조군의 경우 숙성이 진행됨에 따라 그 함량들이 감소하였으나 젖산균 첨가군과 모든 열처리군들에서 증가하는 것으로

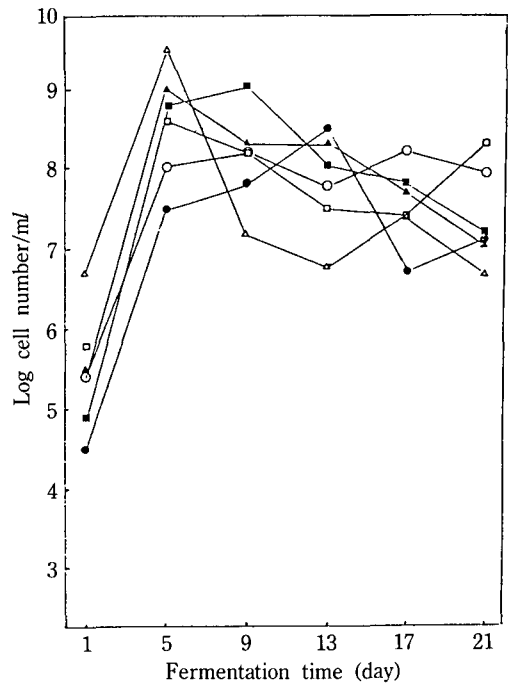


Fig. 2. Changes of total plate counts during the fermentation of kimchi at 15°C

○—○; control, △—△; control+*Leu. mesenteroides*, □—□; control+*B. bifidum*, ●—●; blanching, ▲—▲; blanching+*Leu. mesenteroides*, ■—■; blanching+*B. bifidum*

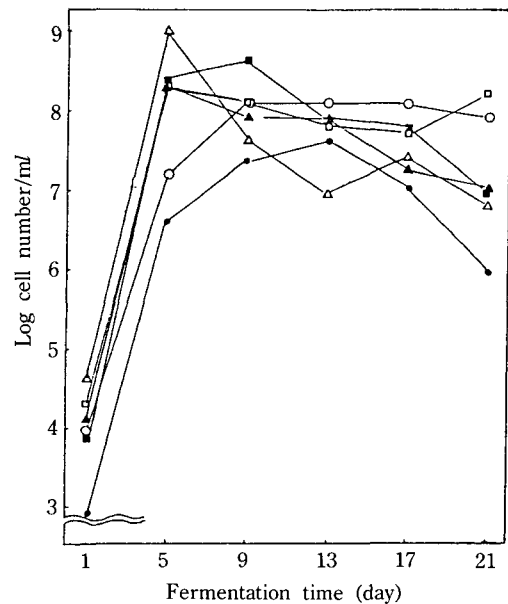


Fig. 3. Changes of lactic acid bacteria cell during the fermentation of kimchi at 15°C

○—○; control, △—△; control+*Leu. mesenteroides*, □—□; control+*B. bifidum*, ●—●; blanching, ▲—▲; blanching+*Leu. mesenteroides*, ■—■; blanching+*B. bifidum*

Table 4. The contents of organic acids in various kimchis during fermentation at 15°C (mg/g)

Day	1						5						21								
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6			
Organic acids																					
lactic acid	-	0.49	-	-	0.25	-	-	2.03	1.10	-	1.58	-	5.39	3.32	-	-	-	-	3.28	3.53	3.46
malic acid	17.22	14.95	18.12	9.30	8.74	10.43	15.27	16.49	14.95	10.99	12.24	10.84	9.78	20.95	-	-	-	-	15.87	15.78	13.04
citric acid	1.69	1.59	1.29	0.93	1.02	1.43	1.76	1.89	1.31	1.12	1.8	1.22	1.25	2.66	-	-	-	-	2.56	2.33	2.77
malonic acid	0.84	0.23	0.82	0.89	0.24	0.79	0.73	-	-	0.58	-	0.46	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35
fumaric acid	0.34	0.24	0.26	0.17	0.19	0.18	0.37	0.29	0.27	0.21	0.25	0.22	0.30	0.32	-	-	-	-	0.20	0.24	0.36
total	20.09	17.50	20.49	11.29	10.44	12.83	18.13	20.70	17.63	12.90	15.87	12.74	16.72	27.25	-	-	-	-	21.91	21.88	19.98

Sample: 1. control, 2. control+*Leu. mesenteroides*, 3. control+*B. bifidum*, 4. blanching, 5. blanching+*Leu. mesenteroides*, 6. blanching+*B. bifidum*

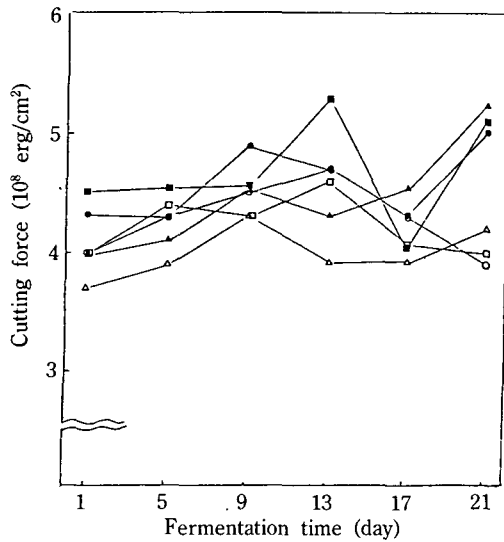


Fig. 4. Changes in cutting forces of cabbage stalk during the fermentation of kimchi at 15°C

○—○; control, △—△; control+*Leu. mesenteroides*, □—□; control+*B. bifidum*, ●—●; blanching, ▲—▲; blanching+*Leu. mesenteroides*, ■—■; blanching+*B. bifidum*

나타났다. 대조군의 malic acid 함량이 김치숙성이 진행됨에 따라 점차 감소한다는 사실은 허 등⁹⁾과 조²⁾의 결과와 일치한다. Malonic acid는 김치숙성이 진행됨에 따라 그 함량이 점차 감소하기 시작하여 김치제조 후 21일이 지나자 *B. bifidum*를 접종한 열처리군을 제외한 모든 실험군에서 나타나지 않았다.

4. 절단력 시험

절단력 시험 결과는 Fig. 4과 같다. 열처리군은 배추 조직의 절단력이 높은 것으로 나타났으며 숙성 후기도 감소되지 않았다. 이는 이 등⁹⁾의 연구 결과와 일치한다. 대조군은 김치제조 후 첫날에 절단력이 4030×10^5 erg/cm²이었으나 4705×10^5 erg/cm²까지 증가한 후 감소하였다. *Leu. mesenteroides*와 *B. bifidum*를 접종한 실험군

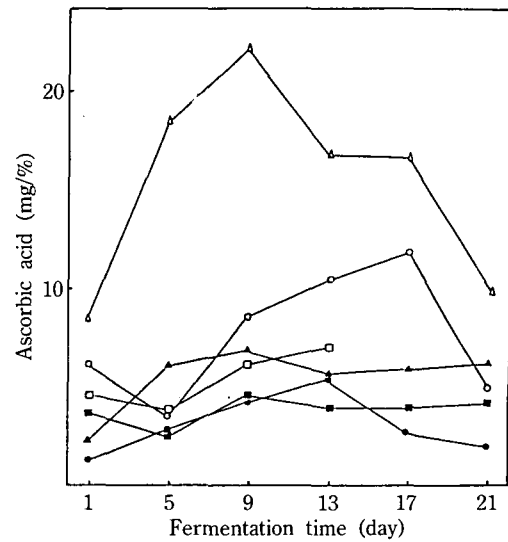


Fig. 5. Changes of ascorbic acid content during the fermentation of kimchi at 15°C

○—○; control, △—△; control+*Leu. mesenteroides*, □—□; control+*B. bifidum*, ●—●; blanching, ▲—▲; blanching+*Leu. mesenteroides*, ■—■; blanching+*B. bifidum*

에서도 김치숙성 후기에 절단력 감소현상이 나타났다. 이는 숙성 후기에 미생물이 분비하는 polygalacturonase 때문으로 추정된다.

5. 아스코르빈산의 함량

아스코르빈산 함량의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 열처리군이 비열처리군에 비하여 전기간에 걸쳐 아스코르빈산 함량이 낮았으나 숙성후기의 감소속도는 비열처리군보다 적었다. *Leu. mesenteroides* 접종군의 아스코르빈산 함량이 대조군보다 월등히 높았으며, 열처리와 *Leu. mesenteroides* 접종을 병행한 실험군이 단독 열처리군보다 아스코르빈산 함량이 높게 나타났다. 이는 숙성 초기부터 생성된 젖산으로 인하여 산도가 높아져서 아스코르빈산이 안정되었기 때문일 것이다¹³⁾.

Table 5. The results of sensory evaluation of various Kimchis during fermentation at 15°C

days	5						9					
samples	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
aroma												
sour*	1.8 ^c	4.2 ^a	2.7 ^{abc}	1.7	3.2 ^{ab}	1.3	3.2	4.1	3.7	3.1	3.5	2.5
mouldy	2.0	2.0	2.2	2.2	1.8	1.7	2.2	3.1	3.0	1.6	2.6	3.0
greenish	2.3	1.3	2.6	2.7	2.3	2.9	1.7	1.7	1.7	1.8	1.3	2.5
fresh	2.5	2.6	2.2	2.1	3.1 ^a	1.8	2.2	1.5	1.3	2.6	2.0	1.8
flavor												
sour*	1.8	4.3 ^a	2.0	1.7	4.2 ^a	1.7	3.1	4.1	3.8	3.3	3.4	
mouldy	1.9	1.9	2.3	2.5	1.8	2.0	2.6	3.4	3.3	2.0	2.2	3.3
unfermented*	2.1	1.2	2.0	3.2 ^a	1.3	2.7 ^a	1.5	1.3	1.5	1.8	1.8	2.6 ^a
fresh	2.1	2.5	1.8	2.3	2.0	1.9	2.7	1.8	1.5	2.7	2.2	1.7
texture												
crisp*	3.1 ^{ab}	3.0 ^{ab}	2.1	3.4 ^a	2.7 ^b	2.8 ^b	2.7	2.6	1.8 ^a	3.9	3.5	2.5
chewy	3.1	3.0	3.5	3.1	3.2	3.6	2.8	2.8	3.3	2.6	2.4	3.3
acceptance*	2.8	3.5	2.5	3.1	3.0	2.7	3.6 ^a	2.6 ^b	1.8	3.0 ^{ab}	3.0 ^{ab}	2.0

Samples-1: control, 2: control+*Leu. mesenteroides*, 3: control+*B. bifidum*, 4: blanched, 5: blanched+*Leu. mesenteroides*, 6: blanched+*B. bifidum*

Data are represented as mean.

Values in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.005) from each other.

*p<0.005

6. 관능검사

4일 간격으로 관능검사를 실시한 후 유의적 차이가 나타나는 김치제조 후 5일과 9일의 결과를 Table 5에 나타내었다. 김치제조 5일 후, 열처리군들의 경우, *Leu. mesenteroides* 접종군을 제외하곤 모두 덜 익은 맛이 강하게 나타났다. *Leu. mesenteroides*를 접종한 비열처리군, 열처리군 모두 신내와 신맛이 강하게 나타났으며, 열처리군의 경우엔 상큼한 냄새가 높게 나타났다(P<0.05). 수용도는 *Leu. mesenteroides* 접종군들이 높은 것으로 나타났으나 실험군들 간의 유의적인 차이는 없었다.

김치제조 9일 후, 신내는 *Leu. mesenteroides* 접종군에서 여전히 높게 나타나고 열처리한 *B. bifidum* 접종군에서 가장 낮게 나타났으나 통계적 유의성은 없었다. 수용도는 대조군, 단독열처리군, *Leu. mesenteroides* 접종 열처리군이 *Leu. mesenteroides* 접종군과 모든 *B. bifidum* 접종군보다 높게 나타났다(p<0.05).

김치제조 13일 이후에는 냄새와 맛, 수용도에 있어서 전 실험군간에 유의적 차가 보이지 않았으나 *B. bifidum* 접종군의 수용도가 높아지고 있었다.

또한 열처리군들이 비열처리군들에 비해 아삭아삭하고 질깃질깃한 질감이 약간 높게 나타나고, 수용도는 약간 높았으나 통계적 유의성은 보이지 않았다.

이상의 결과에서 *Leu. mesenteroides* 접종시 숙성초기부터 발효가 시작되어 발효 5일 후에 수용도가 가장 높았으며, 차례로 미생물 미처리군, *B. bifidum* 접종군 순으로 발효순서가 진행되어 수용도가 점차 변화함을 알 수 있었다. 또한 열처리군들이 비열처리군들에 비해 아삭아삭하고 질깃질깃한 질감이 다소 높게 나타나고, 수용도도 다소 높았으나 통계적 유의성은 보이지 않았다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 김치의 가공저장 중에 열처리 및 *Leu. mesenteroides*, *B. bifidum* 접종이 김치 품질에 미치는 영향을 연구하고자 시도되었다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. *Leu. mesenteroides* 접종군은 김치숙성 초기에 pH가 급격히 감소되었으나 일단 숙성된 이 후에는 pH 감소가 완만해졌다. 열처리한 *B. bifidum* 접종군은 pH가 서서히 감소하여 숙성이 지연되었다.

2. 열처리군은 대조군에 비해 미생물의 수가 적은 것으로 나타나 열처리에 의한 미생물 감소효과를 볼 수 있었다.

3. 총 유기산의 함량은 김치숙성 초기에는 열처리군이 비열처리군보다 적었으나 숙성이 진행됨에 따라 증가하여 숙성말기에는 대조군보다 많은 것으로 나타났다. *Leu. mesenteroides* 접종군은 김치제조 직후부터 lactic acid가 생성되었고, 숙성말기에는 대조군의 lactic acid 함량보다 많았다. Malic, citric, fumaric, acid는 대조군의 경우 숙성이 진행됨에 따라 함량이 감소하였으나 젖산균 첨가군과 모든 열처리군들에서 증가하는 것으로 나타났다.

4. 열처리군은 비열처리군보다 배추조직의 절단력이 높은 것으로 나타났으며 숙성 후기에는 분명한 차이를 보였다.

5. 열처리군은 초기 아스코르빈산 함량이 낮았으나 숙성후기의 감소량은 비열처리군보다 적었다. *Leu. mesenteroides* 접종군의 아스코르빈산 함량이 대조군보다 월등히 높았다.

6. 열처리군이 대조군보다 아삭아삭하고 질깃질깃한

질감이 강한 것으로 나타났으며 기호도가 더 높았으나 통계적 유의성은 없었다($p < 0.05$). *Leu. mesenteroides* 접종군은 숙성초기부터 신맛과 신내가 강했으며 발효초기부터 기호도가 높게 나타났다. *B. bifidum* 접종군의 수 응도는 숙성초기에 비해 후기에 높게 나타나, 김치와 연관하여 생육인자 및 김치품질에 미치는 영향 등에 관하여 더욱 연구해야 할 과제로 생각한다.

참고문헌

1. Pederson, C.S., Microbiology of food fermentation, 2nd ed., Avi. Pub. Co., Inc., Westport, Conn., (1979).
2. 조 영, 젖산균과 온도가 김치발효에 미치는 영향, 서울대학교 박사학위 논문, (1990).
3. Bullen, C.L., Tearle, P.V. and Willis, A.T., Bifidoacteria in the Intestinal tract of infants, 9: 325 (1976).
4. Poupart, J.A., Husain, I. and Norris, R.F., Biolory of the Bifidobacteria, Bacteriol. Rev. 37: 136 (1973).
5. Rowland, I.R. and Grasso, P., Degrdaton of N-nitrosamines by Intestinal bifidobacteria. *Appl. Microbiol.* 29: 7 (1975).
6. Collins, E.B. and Hall, J.J., Growth of Bifidacteria in Milk and Preparation of *Bifidobacterium infantis* for Dietary Adjunct, *J. Dairy Sci.* 67: 1376 (1984).
7. 이태녕, 김접식, 정동효, 김호식, 김치성분에 관한 연구 (제 2보), 김치 숙성과정에 있어서의 비타민 함량의 변화, 과연회보, 5: 43 (1960).
8. 허우덕, 하재호, 석호문, 남영중, 신동화, 김치의 저장 중 향미성분의 변화, 한국식품과학회지, 20(4): 511 (1988).
9. 이철호, 황인주, 절단시험과 입착시험에 의한 배추잎의 조직감 측정 비교, 한국식품과학회지, 20(6): 742 (1988).
10. 이철호, 황인주, 김정교, 김치제조용 배추에 구조와 조직감 측정 비교, 한국식품과학회지, 20(6): 742 (1988).
11. 정동효, 장현기, 최신식품분석법-식품규격 공정시험법, 삼중당, (1985).
12. 이현기, 황호관, 이성우, 박원기, 이응천, 식품화학실험, 수학사, (1989).
13. Huelin, B.H., Coggido, I.H. and Siduhu, G.S., in the pH Range of foods and in More Acid solution, *J. Sci. Food Agr.* 22: 540 (1971).