

< 단 보 >

Bacteriocin의 첨가가 김치의 품질변화에 미치는 영향

고순남 · 김우정 · 최희숙*

세종대학교 식품공학과, *안산공과대학 식품공업과

Effect of Bacteriocin on Some Quality Changes during Fermentation of Kimchi

Soon-Nam Ko, Woo-Jung Kim and Hee-Sook Choi*

Department of Food Science and Technology, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

*Department of Food Engineering, Ansan College of Technology, Ansan 425-792, Korea

Abstract

The effect of commercial bacteriocin(Bc) was studied on some quality changes during fermentation of Kimchi at 25°C. The Bc addition by 1.0, 3.0 and 5.0% was found to be effective in extension of pH decrease to reach the optimal pH of pH 4.0~4.2. The effect increased with an increase in bacteriocin concentration. The color values of 'L' and 'b' of the Kimchi liquid increased while 'a' value decreased during fermentation. The hardness also increased until 21 hours and then decreased and a slightly more hardness measured at the late stage of fermentation.

Key words : Kimchi, fermentation, bacteriocin, control effects, color, hardness.

서 론

식품이 제조된 다음 소비자가 구입할 때까지의 저장 및 유통 기간은 김치류의 경우 적당한 신맛을 갖는 가식 범위가 유산균의 번식이 가장 활발한 때이어서 김치의 신선한 맛과 조직을 가능한한 오랫동안 유지하는 것이 김치 분야의 중요한 연구 과제로 되고 있다.

지금까지 보고된 연구 내용을 크게 분류해 보면 김치의 저장기간 연장을 위하여 많은 방법들이 연구보고^{1~7)}된 바 있으며 최근 bacteriocin의 항균력이 보고된 후 김치의 숙성시간 조절 및 저장기간의 연장을 위해 많은 관심이 모아지고 있다.

Daeschel⁸⁾은 젖산균에서 생성되는 bacteriocin의 생리화학적 성질과 유전학적 특성 그리고 식품의 적용과 안정성에 대해서 연구하여 gram 양성균에 대한 폭넓은 저해 작용을 보고한 바 있다. Harris 등⁹⁾은 sauerkraut에서 젖산균에 의해 생성된 bacteriocin의

일종인 pediocin (PA-1)이 *Listeria monocytogenes*의 생육을 저해한다고 보고하였다. 또한 박 등¹⁰⁾은 김치에서 분리한 젖산균 *Pediococcus cerevisiae* A7, *Leuconostoc* sp. C4가 *E. coli*, *Staphylococcus aureus*와 *Bacillus cereus*에 대해 생육 저해 작용이 있다고 하였고 하 등¹¹⁾은 김치로부터 *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus* 등의 19균주를 분리하고 이들이 생산하는 bacteriocin의 특성에 대해서 보고한 바 있다.

또한 김치의 품질변화에 관한 연구는 최 등¹²⁾이 김치 제조시 nisin을 첨가하여 김치의 pH와 산도 변화에서 대조구가 발효 5일에 pH 4.04인 반면 nisin 첨가구는 7일째 pH 4.03으로 떨어졌으며 산도는 대조구에 비해 낮은 산생산량을 보였다고 보고한 바 있으나 색 및 텍스처에 미치는 영향을 보고한 연구는 거의 없다.

따라서 본 실험에서는 김치에 bacteriocin을 농도별로 첨가하여 발효시간에 따른 품질변화에 미치는 영향을 조사하였다.

* Corresponding author : Hee-Sook Choi

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 배추(품종 : 고냉지)는 실험 직전에 파, 마늘, 생강과 함께 가락동 농수산물 시장에서 구입하였고, 고추가루는 (주)해표의 제품을, 소금은 정제염(한주소금)을 사용하였다. Bacteriocin(Bc)은 *Lactococcus lactis*를 corn syrup에 발효시킨 후 건조분말화한 Quest International Co.(Hoffman Estates, IL, U.S.A.)의 제품중 PER/LAC 1911(역가 10,000~15,000 IU/g)을 구입하여 사용하였다.

2. 김치의 제조

배추는 폐엽과 근부를 제거한 뒤 1/4쪽으로 나누고 줄기 부분, 줄기와 잎의 가운데 부분, 잎 부분으로 3등분하여 4×4cm 크기로 절단하였다. 김치의 제조 과정은 절단된 배추 각 부분의 총무게의 비율을 측정한 후 15%의 소금물에 배추를 1 : 2의 비율(배추/소금액, w/v)로 담그어 15°C에서 2~3시간 절임하였고 절임 후 최종 염도는 2.9~3.0%로 하였다. 김치의 배합 비율은 각 부분별 절임 배추를 무게비율대로 첨가하여 100g으로 한 후 고추가루 2.3g, 파 3.1g, 마늘 1.5g, 생강 0.4g, 증류수 2.9g이었으며 총 250g의 김치를 각각 제조하여 25°C에서 발효시켰다. Bc 첨가구는 절임배추 100g당 각각 1.0, 3.0, 5.0% 첨가하여 농도별 품질변화를 비교하였다.

3. pH와 적정 산도

김치액은 3겹의 cheese cloth로 여과하였고 여과액의 pH는 pH meter(DP-215M, Dongwoo Co., Korea)로 측정하였으며, 적정 산도는 AOAC방법¹³⁾에 의하여 시료 10ml를 중화시키는데 소요된 0.1N NaOH 소비량을 젯산 함량(%)으로 나타내었다.

4. 색

김치액의 색 측정은 Color difference meter(CT-310, Minolta Co., Japan)를 사용하였으며, cell에 증류수를 넣어 초기화한 다음 Hunter L, a, b값을 측정하였다.

5. 텍스처

김치의 텍스처 측정은 김치 시료를 최외각 부분과 배추속을 제외한 부위로 선별하여 줄기와 잎 부분으로 나누어 2×2cm로 절단한 후 Rheometer(Sun

Rheometer CR-200D, Sun Scientific Co., Japan)로 견고성을 측정하였다. 측정 방법은 줄기는 rod No. 10을 사용하여 cutting force test를, 잎의 경우는 rod No. 40을 사용하여 puncture test를 하였다. 각 시료당 측정은 가장 낮은 값과 높은 값을 제외시킨 평균값으로 표시하였다. Rheometer 조작 조건은 pull scale의 힘이 줄기는 10kg, 잎은 1kg이었고 chart speed는 80mm/min, table speed는 200mm/min이었다.

결과 및 고찰

1. pH 및 적정 산도의 변화

농도별로 Bc를 김치에 첨가하여 25°C에서 발효한 김치액의 pH 및 적정 산도의 변화를 측정한 결과는 Fig. 1 및 2와 같다. 발효 시간별 김치액의 pH 변화는 초기 pH 4.74에서 21시간 후 대조구가 pH 4.57로 감소하였음에 반하여 Bc 첨가구는 pH 5.1~5.2 범위를 보여 주어 pH가 오히려 약간 증가하였다. 대조구가 pH 4.0에 도달한 시간인 42시간을 기준으로 pH를 비교할 때 Bc 1.0%, 3.0%와 5.0% 첨가구는 각각 pH 4.4, 4.9과 5.0으로 측정되어 Bc 첨가구가 현저히 높아 김치의 pH 저하 지연효과가 있는 것으로 밝혀졌다.

Bc의 pH 저하 지연효과는 최 등¹²⁾이 nisin을 김치에 첨가하여 15°C에서 발효시켰을 때 nisin 첨가구는 발효 5일에 pH 4.2, 7일에 pH 4.0을 나타내었으나 대조구는 5일에 pH 4.0에, 7일에는 pH 3.8에 도달하여

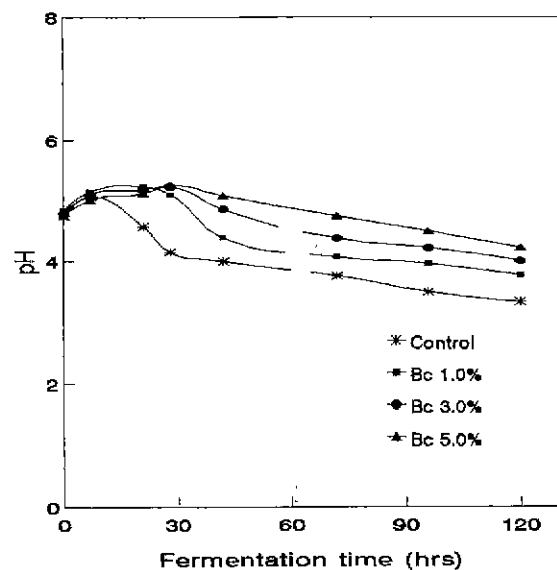


Fig. 1. Changes in pH and acidity of Kimchi liquid as affected by addition of bacteriocin(Bc) during fermentation at 25°C.

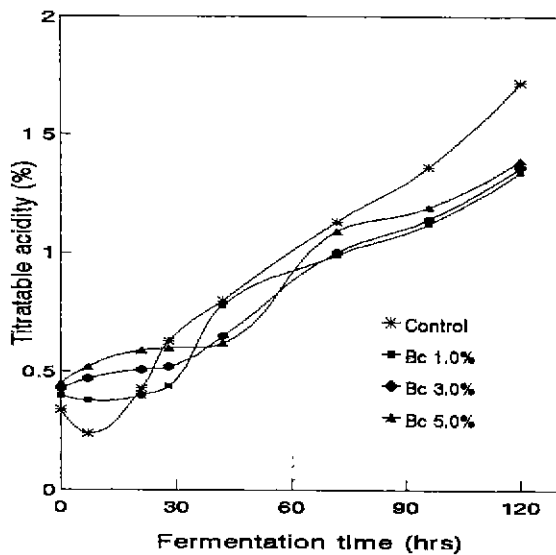


Fig. 2. Changes in acidity of Kimchi liquid as affected by addition of bacteriocin(Bc) during fermentation at 25°C.

nisin이 김치 pH 저하 지연효과를 보였다고 한 결과와 유사하였다. 또한 Bc의 항균 활성은 pH 11.0 이상에서는 감소되나 pH 3.0과 pH 10.0 사이에서 유지되어 pH 안정성을 보였다고 한 보고¹⁴⁾와 같이 본 실험의 김치 발효 동안의 pH 변화는 초기 5.0에서 최종 3.6사이로 Bc의 항균성이 유지되는 범위내에 있어 내산성 젖산균에 대한 발효 억제에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

한편 적정 산도의 변화(Fig. 2)는 발효 초기에 Bc 첨가구가 대조구보다 산도가 높았으나 발효 28시간 이후부터는 Bc 첨가구 모두가 대조구보다 낮은 산도를 나타내었다. 즉, 발효 21시간 경과시 대조구의 산도가 0.4%인데 비해 Bc 5.0% 첨가구는 0.6%로 대조구보다 높은 산도를 나타내었으나 발효 42시간 후에는 이와 반대로 대조구가 0.8%로 높아졌으며 Bc 5.0% 첨가구는 거의 변화가 없었다. 이는 yogurt에 nisin을 첨가하고 6~8°C에서 10일간 저장하면서 산 생성을 본 결과 nisin 25 RU/ml 첨가시 1.30%의 젖산량을 생성하였으나 대조구는 1.61%의 높은 산 생성을 보였다고 한 Gupta와 Prasad¹⁵⁾의 결과와 유사하였다. 김치 적숙기의 산도 0.6~0.8%¹⁶⁾를 나타내는 시간으로 대조구와 비교하면 대조구는 14시간인 반면 Bc 5.0% 첨가가 26시간으로 대조구에 비해 산도면에서 약 2배의 가식기간 연장효과를 보였다.

2. 색의 변화

Bc을 첨가한 후 발효 시간별 김치액의 색 변화는 Table 1과 같다. 전반적으로 L 값은 발효가 진행될수록 증가하였고 a 값은 감소하였으며, b 값의 경우는 다소 증가하는 경향으로 나타났다. 대조구 및 Bc 첨가구의 김치액이 pH 4.2에 도달하였을 때 발효 시간과 L값을 비교하면 대조구는 28시간에 L값이 24.7, Bc 1.0% 첨가구는 42시간에 24.0, 3.0% 첨가구는 96시간에 27.0, 5.0% 첨가구는 120시간에 27.8로 Bc의 첨가 농도가 높을수록 L 값이 다소 높았다. 발효가 진행될수록 발효가 42시간 경과된 시점에서 Bc를 첨가한 김치액의 a값은 Bc 1.0%는 13.69, 3.0%는 13.50, 5.0%는 13.35로 Bc 첨가 농도가 낮을수록 높게 나타나 적색이 감소되는 경향을 보였다. 또한 김치액이 pH 4.2에 도달시 b 값은 대조구가 15.02인 반면 Bc 1.0% 첨가는 15.81이었으나 3.0%와 5.0% 첨가는 17.28, 18.21로 대조구에 비해 약간 높게 나타났다.

3. 텍스처의 변화

Bc를 첨가한 후 25°C에서 발효시킨 김치의 줄기와 잎에 대한 견고성의 변화를 측정 한 결과는 Table 2와 같다. 배추잎은 같은 잎에서도 유관속 부위의 발달 정도에 따라 크기와 두께가 달라 기계적 측정에 어려움이 많다고 한 이와 황¹⁷⁾의 보고와 품종별 배추 김치의 관능적 특성과 texture meter를 이용한 압착시험 결과에서 유의적 상관관계를 얻지 못했다고 한 윤 등¹⁸⁾의 보고와 유사하였다. 그러나 Bc를 첨가한 김치의 줄기 부분은 발효 21시간까지 모든 처리구의 견고성이 100 dyne/cm² 이상의 높은 수치를 보이다가 28시간 후 70~90 dyne/cm² 정도로 유지되었으며, 발효 말기인 72시간부터 100 dyne/cm² 이상으로 다시 약간 증가하여 120시간에서도 160 dyne/cm² 이상의 높은 견고성을 보여주었다. 이는 절단력이 줄기의 단단함, 질긴 정도와 관계가 있으며, 특히 발효 말기 절단강도의 증가는 이와 황¹⁷⁾의 보고와 같이 조직내 세포벽의 변형에 의해 절단면에 걸리는 섬유소의 수가 증가하였기 때문으로 생각된다.

배추잎에 대한 견고성 변화는 대조구와 농도별 Bc 첨가구간의 차이가 거의 없어 줄기보다도 유의한 측정치를 얻기 어려웠다. 그러나 김치액이 pH 4.2로 감소된 발효 시간으로 비교하면 Bc를 첨가한 김치잎의 경우 대조구(28시간)는 9.4 dyne/cm², 1.0% 첨가(42시간)는 13.0 dyne/cm², 3.0%(96시간)는 12.8 dyne/cm²였고 5.0%(120시간)는 13.2 dyne/cm²으로 Bc 첨가구가 대조구보다 높게 나타나 줄기에서와 같은 경향을 보여 주었다.

Table 1. Changes in color of Kimchi liquid as affected by bacteriocin(Bc) addition during fermentation at 25°C

Hunter value	Treatment	Fermentation time (hrs)							
		0	7	21	28	42	72	96	120
L	Control	19.03	19.63	21.16	24.69	27.12	29.01	30.93	31.46
	Bc 1.0%	19.72	20.32	21.04	22.52	24.00	25.08	27.81	28.39
	Bc 3.0%	19.94	20.54	22.78	23.20	23.11	24.07	27.09	27.23
	Bc 5.0%	19.40	19.51	20.30	21.31	22.51	23.47	27.49	27.84
a	Control	14.09	14.26	14.05	13.94	13.85	13.10	12.80	12.26
	Bc 1.0%	14.00	14.17	14.15	13.86	13.69	13.26	13.21	12.42
	Bc 3.0%	14.04	14.22	13.98	13.16	13.50	13.06	12.86	12.51
	Bc 5.0%	14.16	14.32	14.00	13.74	13.35	12.64	12.70	11.95
b	Control	13.09	13.50	14.81	15.02	16.68	17.68	19.40	19.56
	Bc 1.0%	13.27	12.68	12.48	14.79	15.81	16.41	18.46	18.76
	Bc 3.0%	13.50	13.42	14.49	15.67	15.76	16.35	17.28	18.72
	Bc 5.0%	13.52	13.53	14.63	16.48	17.65	17.78	17.97	18.21

Table 2. Changes in hardness of Kimchi stalk and leaf as affected by bacteriocin(Bc) addition during fermentation at 25°C (dyne/cm²)

Part of Kimchi	Treatment	Fermentation time (hrs)							
		0	7	21	28	42	72	96	120
Stalk	Control	81.3	116.4	101.6	83.8	77.2	109.0	115.6	150.3
	Bc 1.0%	86.0	122.0	103.6	96.0	80.3	127.3	136.6	170.6
	Bc 3.0%	92.3	119.7	109.7	90.8	82.0	117.0	139.0	175.0
	Bc 5.0%	91.5	120.7	111.3	92.3	82.6	111.7	141.5	162.0
Leaf	Control	8.0	9.8	8.8	9.4	12.4	10.2	12.0	9.7
	Bc 1.0%	8.2	10.2	9.8	10.0	13.0	13.5	11.6	9.8
	Bc 3.0%	8.1	10.5	9.7	10.4	13.8	11.8	12.8	12.3
	Bc 5.0%	8.5	11.5	9.4	11.5	12.7	11.5	12.5	13.2

요 약

Corn syrup에서 발효한 후 분말화한 bacteriocin (Bc)을 김치에 첨가하여 25°C에서 발효시키면서 김치의 품질특성에 미치는 영향을 조사하였다. 1.0%, 3.0%, 5.0%로 김치에 첨가한 결과 가식기간 유지시간인 pH 4.0~4.2에 도달하는 시간으로 비교해 볼 때 pH 저하 지연효과가 컸으며 이들 모두 첨가되는 농도가 높을수록 그 효과가 현저하였다. 김치액의 색 변화는 L 값과 b 값은 증가 경향을 보였으나 a 값은 감소 경향을 보여주었다. 견고성은 발효 21시간까지 증가하다가 감소하였으며 발효 말기에 다시 약간 증가하였다.

참고문헌

1. 박길동, 김영찬, 임영희, 이철 : 김치 보존성 연구. 상온 보존을 중심으로. 한국식품공업협회 식품연구소 보고서, 23 (1987).
2. 조재선, 황성연 : 김치류 및 절임류의 표준화에 관한 조사 연구(2). 한국식품문화학회지, 3, 301 (1988).
3. 심선택, 경규항, 유양자 : 김치에서 젖산균의 분리 및 이 세균들의 배추즙액 발효. 한국식품과학회지, 22, 373~379 (1990).
4. 조영, 이혜수 : 김치의 맛성분에 관한 연구. 유리 아미노산에 대하여. 한국식품과학회지, 11, 26~31 (1979).
5. 김우정, 구경형, 조한옥 : 김치의 절임 및 숙성과정 중 물리적 성질의 변화. 한국식품과학회지, 20, 483~487

- (1988).
6. 이승교, 전승규 : 김치의 숙성에 미치는 온도의 영향. *한국영양학회지*, 11, 63~66 (1982).
 7. 정하숙, 고영태, 임숙자 : 당류가 김치의 발효와 ascorbic acid의 안정성에 미치는 영향. *한국영양식량학회지*, 18, 36~44 (1985).
 8. Daeschel, M. A. : Antimicrobial substances from lactic acid bacteria for use as food preservatives. *Food Technol.*, 43, 164~166 (1989).
 9. Harris, L. J., Daeschel, M. A., Stiles, M. E. and Klaenhammer, T. R. : Antimicrobial activity of lactic acid bacteria against *Listeria monocytogenes*. *J. Food Prot.*, 52, 384~387 (1989).
 10. 박연희, 권정주, 조도현, 김수일 : 김치에서 분리한 젖산균의 미생물 생육 저해. *한국농화학학회지*, 26, 35~40 (1983).
 11. Ha, D. M., Cha, D. S., Cha and Han, S. G. : Identification of bacteriocin-producing lactic acid bacteria from Kimchi and partial characterization of their bacteriocin. *J. Microbiol. Biotechnol.*, 4, 305~315 (1994).
 12. 최신양, 이인선, 유진영, 정건섭, 구영조 : 김치 발효에 대한 Nisin의 저해 효과. *한국산업미생물학회지*, 18, 620~623 (1990).
 13. A.O.A.C. : *Official methods of analysis*, 16th. ed. Association of official analytical chemists., Washington D. C., 37, 1. 37 (1995).
 14. 김상교, 이상준, 백영진, 박연희 : Bacteriocin을 생산하는 *Lactobacillus* sp. HY 449의 분리와 항균특성. *한국산업미생물학회지*, 22, 259~265 (1994).
 15. Gupta, P. K. and Prasad, D. N. : Incorporation of nisin stirred yogurt. II. Effect on biochemical activities during storage. *Cultured Dairy Products J.* 24, 9 (1989).
 16. 민태익, 권태완 : Effect of temperature and salt concentration on Kimchi fermentation. *한국식품과학회지*, 16, 443~449 (1984).
 17. 이철호, 황인주 : 절단 시험과 압착 시험에 의한 배추잎의 조직감 측정 비교. *한국식품과학회지*, 20, 749~754 (1988).
 18. 윤영진, 이수성, 우종규 : 김치와 배추기호성에 관한 설문 조사 분석. *한국원예학회지*, 26, 122~126 (1985).

(2000년 2월 18일 접수)