

소금 종류가 김치발효와 암예방 기능성에 미치는 효과

부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

최 선 미 · 박 건 영

Effects of Different Kinds of Salt on *Kimchi* Fermentation and Chemopreventive Functionality

Sun-Mi Choi and Kun-Young Park

Department of Food Science and Nutrition, and Kimchi Research Institute,
Pusan National University, Busan 609-735, Korea

The fermentation characteristics of pH, acidity and lactic acid bacterial counts in *kimchi* and further chemopreventive activity of the *kimchi* were studied when the *kimchi* prepared with different kinds of salt (Chunil salt (C), Bamboo salt (B), Gueun salt (G) and KCl) and fermented at 15°C. In the change of pH and acidity of the *kimchi*, compared to the C-C *kimchi* (C used for salting the cabbage and then C added again to the premixture of *kimchi*) B-KCl *kimchi* (B used for salting the cabbage and then KCl added to the premixture of *kimchi*) and G-KCl *kimchi* (G used for salting the cabbage and then KCl added to the premixture of *kimchi*) changed slowly, indicating increased preservation period. The counts of *Leuconostoc* sp. were high in C-C *kimchi*, B-B *kimchi* (B used for salting the cabbage and then B added again to the premixture of *kimchi*) and G-G *kimchi* (G used for salting the cabbage and then G added again to the premixture of *kimchi*) at 4 day, but in B-KCl *kimchi* and G-KCl *kimchi* at 6 day. KCl added *kimchis* maintained same or slightly higher level of *Leuconostoc* sp. compared to the other *kimchis*. *Lactobacillus* sp. counts increased gradually in C-C *kimchi*, B-B *kimchi* and G-G *kimchi* but the increase in B-KCl *kimchi* and G-KCl *kimchi* was low. The antimutagenic activities of the *kimchi* juices were studied by Ames test using *Salmonella typhimurium* TA100. Among the *kimchi* samples, B-KCl *kimchi* and G-KCl *kimchi* significantly reduced ($p < 0.05$) the mutagenicities induced by aflatoxin B1 (AFB1). Anticancer effect of the *kimchi* juices was also investigated in MTT assay by using AGS human gastric adenocarcinoma cells. B-KCl *kimchi* and G-KCl *kimchi* showed the highest anticancer effect ($p < 0.05$). In this study KCl added *kimchis*, B-KCl *kimchi* and G-KCl *kimchi* using processed salts for salting the cabbage increase preservation period of the *kimchi* and specifically inhibit the growth of *Lactobacillus* sp. and increase chemopreventive effect of the *kimchi*.

Key Words: *Kimchi*, Salt, KCl, Ames test, MTT assay

서 론

김치는 배추 등의 주재료와 고춧가루, 마늘, 파, 생강 등의 부재료로 제조된 우리나라 고유의 저장 발효식품으로 한국인의 식생활에서 큰 비중을 차지하고 있다.¹⁾ 김치는 재료, 온도, 발효용기, 식염농도, 발효조건에 의해 맛, 품질, 저장성, 기능성에 영향을 끼칠 수 있다.²⁾ 김치는 주재료가 채소이므로 채소가 갖는 비타민과 무기질의 조절영양소로서의 역할 및 식이섬유소의 공급원 그리고 발효과정에서 생성된 맛, 기능성물질, 젖산균 및 유기산에 의해 체내에서 중요하게 작용한다.³⁾ 즉, 채소는 조절영양소 및 phytochemical인 비타민 C, β -carotene, flavonoid, chlorophyll 등이 풍부하며 발효과정에서 생성되는 여러 젖산균 등에 의하여 항산화작용, 항노화작용, 피부노화방지, 혈전응고방지, 면역기능증진, 항돌연변이성, 항암성 등의 기능성을 가지고 있으며 섬유소가 많아서 변비예방, 정장작용, 다이어트의 효과가 있다고 알려져 있다.⁴⁻¹⁰⁾

김치제조 시 가장 중요한 재료 중 하나이며 선사시대부터 사용한 소금은 배추를 절일 때부터 사용하여 마지막으로 간을 볼 때까지 사용하며 김치의 저장성과 풍미에 영향을 주는 조미료이다. 이러한 소금의 생리작용은 체액에 존재하여 삼투압을 유지시키며 산과 알칼리의 균형을 이루도록 하며 신경과 근육의 흥분성을 유지시키며 부족 시에는 식욕감퇴, 전신무력, 권태, 피로, 정신 불안 등이 일어난다. 그렇지만 짠 음식이나 염장된 식품의 다량 섭취는 위암, 고혈압, 뇌졸중 등의 발생 원인이 될 수 있다는 보고도 있다.^{11,12)}

그러나 소금에 대한 선행 연구에서 1회 구운 죽염과 구운소금은 과산화 생성능도 낮았고¹³⁾ Ames 실험계와 SOS 실험계에서 죽염 제조 시 혼합되는 KCl 양이 많은 죽염이 보돌연변이 효과가 낮았으며^{13,14)} 소핵유발 촉진/억제실험에서 정제염이 소핵유발을 촉진하는 것에 반하여 구운소금과 죽염은 소핵유발 억제효과가 있었으며 KCl 자체보다는 천일염과 KCl이 3 : 7로 혼합한 소금이 낮은 소핵유발 빈도를 나타내었다고 하였다.¹⁴⁾ Sarcoma-180 종양세포를 투여한 Balb/c 마우스를 이용한

항암실험계에서도 KCl을 첨가한 소금을 먹인 군에서는 종양생성이 억제되고 면역활성이 높아졌으며 간의 지질과산화물 생성이 억제되는 효과가 있었다.¹⁵⁾

따라서, 본 실험에서는 천일염만을 사용한 김치를 대조군으로 하여 1회 구운 죽염과 구운 소금으로 제조한 김치, 죽염과 구운 소금으로 각각 절이고 조미료로 소금대신 KCl을 첨가한 김치를 이용하여 여러 종류의 소금 및 KCl이 김치 발효의 특성과 항돌연변이 및 암세포증식억제에 미치는 효과를 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

1) 재료

배추는 가락 신1호, 짓갈은 청정멸치액젓{(주)대상}, 고춧가루는 영양농협청결고춧가루 가공공장에서 구입하여 사용하였다. 무, 파, 마늘, 생강, 갖은 부산 부전시장에서 구입하였다. 소금 중 천일염은 일반 천일염{(주)우일염업}을 사용하였으며, 죽염은 1회 구운 죽염{(주)고려죽염, 경남)을, 구운소금은 (주)산내들(전북)의 구운 소금을, KCl은 (주)미화를 이용하였다.

2) 김치제조 및 시료의 추출

각각의 천일염(Chunil salt, C), 죽염(Bamboo salt (1x), B) 구운 소금(Gueun (heat processed) salt, G)으로 10% 염용액을 만들어 배추를 각각 10시간 염절입한 후 염도 1.8%를 확인하였다. 김치제조 시 다른 부재료와 함께 최종 염도는 C-C kimchi는 천일염으로, B-B kimchi는 죽염으로, B-KCl kimchi는 염화칼륨(KCl)으로, G-G kimchi는 구운 소금으로, G-KCl kimchi는 KCl로 각각 2.5%를 맞추었다. 김치는 절인 배추 100에 대해 고춧가루 3.5, 마늘 1.4, 생강 0.6, 짓갈 2.2, 파 2.0, 무 13.0, 설탕 1.0의 비율로 혼합하여⁷⁾ 15°C에서 발효시키면서 2일마다 발효기간에 따른 pH와 산도의 변화를 살펴보고 젖산균 수를 측정하였다. 적숙기의 김치(pH 4.2~4.3)가 되었을 때 녹즙기(엔젤라이프사)를 사용하여 즙액부분을 모은 뒤 4°C 9,000 rpm에서 30분간 원심분리하여 상등액을 채취하였다. Milipore filter (0.45 nm)로 여과 멸균하고 이를 김치시료로 하여

암예방 기능성 실험 시 사용하였다.

3) 김치발효 중 pH 및 산도 변화측정

김치의 pH는 pH meter (Corning 220, USA)로 실온에서 측정하였다. 산도는 시료 20 ml를 20배 희석하여 여기에서 10 ml을 취하여 AOAC방법¹⁶⁾으로 측정하였는데, 0.1% phenolphthalein을 지시약으로 1 ml 첨가하고 0.1N NaOH로 적정하여 분홍색을 띠는 점을 종말점으로 하였다. 적정값은 lactic acid로 환산하고 함량 %로 나타내었다.

Lactic acid (%) =

$$\frac{\text{ml of 0.1N NaOH} \times \text{normality of NaOH} \times 0}{\text{Weight of sample (g)}}$$

4) 젖산균수 측정

젖산균수의 측정에는 평판계수법(plate count technique)을 이용하였다. 즉 시료액 1 ml를 멸균한 증류수로 단계적으로 희석하여 각 희석액 중 0.1 ml씩을 미리 가열 용해하여 43°C~45°C로 냉각한 선택배지 10 ml에 넣고 혼합한 후 petri dish에 평판을 만들고 37°C incubator에서 배양하여 나타난 colony의 수를 세어 젖산균수로 측정하였다. *Lactobacillus* 배지는 *Lactobacillus* selection medium (LBS medium)에 *Pediococcus*의 생육을 억제하기 위하여 acetic acid 와 sodium acetate를 첨가한 modified LBS agar medium (m-LBS medium)를 사용하여 30°C에서 3일간 평판배양하였다. *Leuconostoc* 선택배지로 phenylethyl alcohol과 sucrose를 첨가한 phenylethyl alcohol sucrose agar medium (PES medium)를 사용하여 20°C에서 5일간 평판배양하였다.^{17,18)}

5) Ames test

돌연변이 유발물질로는 aflatoxin B₁ (AFB₁)을 Sigma Chemical Co. (St. Louis, Mo., USA)에서 구입하여 DMSO에 녹여 사용하였다. 사용 균주로는 *Salmonella typhimurium* TA100 로 미국 California 대학 B. N. Ames박사로부터 제공받아 실험에 사용하였다. 그리고 이 실험균주는 매 실험직전 histidine요구성, deep rough (*rfa*) 돌연변이, *uvrB* 돌연변이, R factor 등의 유전형질을 확인하여 사용

하였다. 돌연변이원을 활성화시키기 위하여 Maron과 Ames의 방법¹⁹⁾에 따라 간의 microsomal 효소화합물인 S9 mixture를 조제하였다. 본 실험에서 주로 이용하였던 preincubation test는 S9 mix 0.5 ml, 하룻밤 배양된 균주(1-2×10⁹ cell/ml) 0.1 ml, 희석된 시료(50μl)와 돌연변이 유발 물질(50 μl)을 ice bath에 담긴 cap tube에 넣고 가볍게 vortex한 후 37°C에서 30분간 배양하였다. 45°C의 top agar 2 ml씩을 각 tube에 붓고 3초간 vortex한 후 minimal glucose agar plate에 도말하고 37°C에서 48시간 배양한 후 복귀돌연변이 숫자를 계수하였다. 한편, 실험에 사용된 시료와 돌연변이 유발물질의 농도는 예비실험(dose response 및 독성실험)을 통하여 결정하였다.²⁰⁾

6) MTT assay

세포배양을 위해 RPMI 1640, fetal bovine serum (FBS), 0.05% trypsin-0.02% EDTA 그리고 100 units/ml penicillin-streptomycin은 GIBCO사(USA)로부터 구입하여 사용하였다. 세포배양은 CO₂ incubator (Forma, USA)를 사용하였다. AGS 인체 위암 세포(AGS human gastric adenocarcinoma cell)는 한국세포주은행(서울의대)으로부터 분양받아 배양하면서 실험에 사용하였다. AGS세포는 100 units/ml의 penicillin-streptomycin과 10%의 FBS가 함유된 RPMI 1640을 사용하여 37°C, 5% CO₂ incubator에서 배양하였다. 배양된 각각의 암세포는 일주일에 2~3회 refeeding하고 6~7일 만에 PBS로 세척한 후 0.05% trypsin-0.02% EDTA로 부착된 세포를 분리하여 원심분리한 후 집적된 암세포에 배지를 넣고 피펫으로 암세포가 골고루 분산되도록 잘 혼합하여 6~7일 마다 계대배양하면서 실험에 사용하였다. 배양된 암세포를 96 well plate에 well당 1×10⁴ cells/ml가 되도록 seeding하고 시료를 농도별로 첨가한 다음, 37°C, 5% CO₂ incubator에서 배양하였다. 72시간 후 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide (MTT) 20μl를 첨가하고 4시간 동안 더 배양한 후 생성된 formazan 결정을 DMSO에 녹여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.^{21,22)}

7) 통계 분석

대조군과 각 시료로부터 얻은 실험자료로부터 ANOVA를 구한 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 통계 분석하였다.²³⁾

결 과

1) 김치 발효의 특성

(1) pH 및 산도: 김치 발효중 pH의 변화를 보면 (Table 1), 발효 초기에는 소금종류에 따른 김치간에 차이가 없었으나 4일 째에 천일염으로 제조한 C-C kimchi는 4.3으로 적숙기를 나타내었으나 다른 김치들은 pH가 높았다. 6일째에는 KCl을 첨가한 김치인 B-KCl kimchi와 G-KCl kimchi는 4.31, 4.35로 적숙기가 되었으며 천일염, 죽염, 구운 소금만으로 담은 김치의 pH는 KCl을 첨가한 김치의 pH보다 낮았다. 발효 8일째에도 KCl을 첨가한 김치의 pH가 천일염, 죽염, 구운 소금으로 담은 김

치의 pH 보다 높았으며 G-KCl kimchi가 가장 보존성이 높았다. 한편 산도의 변화는 발효가 진행됨에 따라 증가를 하였으며 pH의 변화와 마찬가지로 발효 4일 째에 천일염으로 제조한 C-C kimchi는 0.70%이었으나 다른 김치들은 0.5%에서 0.6%의 범위로 발효가 서서히 진행되었다(Table 1). 발효 6일 째에 KCl을 첨가한 김치인 B-KCl kimchi와 G-KCl kimchi는 각각 0.70, 0.68%로 적숙기가 되었으며 천일염, 죽염, 구운 소금만으로 담은 김치의 산도는 KCl을 첨가한 김치의 산도보다 높았다. 즉, pH 및 산도의 변화에서 KCl 첨가는 김치의 발효속도를 늦추었는데 G-KCl kimchi가 가장 효과가 컸었다.

(2) 젖산균 수의 변화: 김치의 시원한 맛과 탄산미에 관여하는 *Leuconostoc* 속 젖산균 수의 변화를 보면 담금 직후의 젖산균 수는 김치간에 차이가 없었으나 발효가 진행됨에 따라 서서히 증가를 하는데 발효 4일 째에 C-C kimchi, B-B kimchi, G-G kimchi는 각각 8.4, 1.7, 8.3×10^7 CFU/ml로

Table 1. Changes of pH and acidity in various salt treated kimchi at 15°C

	Fermentation day	C-C ¹⁾ kimchi	B-B ²⁾ kimchi	B-KCl ³⁾ kimchi	G-G ⁴⁾ kimchi	G-KCl ⁵⁾ kimchi
pH	0	5.65	5.65	5.60	5.56	5.60
	2	4.68	4.70	4.86	4.75	4.90
	4	4.30	4.41	4.52	4.44	4.58
	6	4.08	4.15	4.31	4.12	4.35
	8	3.72	3.81	3.90	3.80	4.00
Acidity (%)	0	0.32	0.32	0.32	0.34	0.30
	2	0.59	0.57	0.50	0.56	0.47
	4	0.70	0.60	0.55	0.60	0.47
	6	0.86	0.81	0.70	0.80	0.68
	8	1.08	1.00	0.92	0.98	0.88

¹⁾C-C kimchi: Chunil salt used for salting the cabbage to 1.8% and 0.7% chunil salt added to make 2.5% salt content in the kimchi

²⁾B-B kimchi: Bamboo salt (1x) used for salting the cabbage to 1.8% and 0.7% bamboo salt (1x) added to make 2.5% salt content in the kimchi

³⁾B-KCl kimchi: Bamboo salt (1x) used for salting the cabbage to 1.8% and 0.7% KCl added to make 2.5% salt content in the kimchi

⁴⁾G-G kimchi: Gueun (heat processed) salt used for salting the cabbage to 1.8% to and 0.7% gueun salt added to make 2.5% salt content in the kimchi

⁵⁾G-KCl kimchi: Gueun (heat processed) salt used for salting the cabbage to 1.8% to and 0.7% KCl added to make 2.5% salt content in the kimchi

Table 2. Changes of *Leuconostoc* sp. and *Lactobacillus* sp. counts in various salt treated kimchi at 15°C (CFU/ml)

Lactic acid bacteria	Fermentation day	C-C ¹⁾ kimchi	B-B ²⁾ kimchi	B-KCl ³⁾ kimchi	G-G ⁴⁾ kimchi	G-KCl ⁵⁾ kimchi
<i>Leuconostoc</i> sp.	0	3.1×10 ³	3.9×10 ³	1.7×10 ³	3.2×10 ³	1.5×10 ³
	2	3.6×10 ⁶	2.3×10 ⁶	8.2×10 ⁵	3.1×10 ⁶	7.8×10 ⁵
	4	8.4×10 ⁷	1.7×10 ⁷	1.2×10 ⁶	8.3×10 ⁷	2.4×10 ⁶
	6	8.9×10 ⁶	9.2×10 ⁶	2.3×10 ⁷	2.9×10 ⁷	3.5×10 ⁷
	8	5.0×10 ⁵	6.5×10 ⁵	9.2×10 ⁵	8.2×10 ⁵	9.7×10 ⁵
<i>Lactobacillus</i> sp.	0	4.5×10	4.3×10	3.7×10	4.9×10	2.6×10
	2	9.5×10 ³	7.9×10 ³	3.2×10 ³	8.4×10 ³	2.1×10 ³
	4	2.3×10 ⁵	2.2×10 ⁵	6.2×10 ⁴	2.0×10 ⁵	5.8×10 ⁴
	6	7.5×10 ⁷	1.7×10 ⁷	6.5×10 ⁶	1.0×10 ⁷	5.9×10 ⁶
	8	8.1×10 ⁸	6.4×10 ⁸	4.5×10 ⁷	5.1×10 ⁸	4.2×10 ⁷

¹⁻⁵⁾The explanations are the same as shown in Table 1.

Table 3. Antimutagenic effect of various salt treated kimchi juices against aflatoxin B₁ (AFB₁, 2.0µg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100

Treatment	Revertants/plate (level of juice sample, µl/plate)	
	100	200
Spontaneous Control (AFB ₁)	114±6	1012±33 ^a
C-C kimchi ¹⁾	835±18 ^b (20) ⁶⁾	617±11 ^b (44)
B-B kimchi ²⁾	808±12 ^b (23)	501±12 ^c (57)
B-KCl kimchi ³⁾	744±16 ^c (30)	392±10 ^d (69)
G-G kimchi ⁴⁾	813±18 ^b (22)	476±12 ^c (60)
G-KCl kimchi ⁵⁾	706±13 ^d (34)	386±13 ^d (70)

¹⁻⁵⁾The explanations are the same as shown in Table 1.

⁶⁾The values in parentheses are the inhibition rates (%)

^{a-d)}Means with the different letters in the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple test.

KCl을 첨가한 김치군(B-KCl kimchi와 G-KCl kimchi)은 각각 1.2, 2.4×10⁶ CFU/ml보다 젖산균 수가 많았다(Table 2). 한편 KCl을 첨가한 김치의 적숙 기인 발효 6일 째에 B-KCl kimchi와 G-KCl kimchi는 각각 2.3, 3.5×10⁷ CFU/ml로 증가하였다. 죽염으로 제조한 김치군보다 구운 소금으로 제조한 김치군이 대체적으로 *Leuconostoc* 속 젖산균 수가

많았다. 그러나 적숙기가 지나면서 *Leuconostoc* 속 젖산균 수는 모든 군에서 많이 감소를 하였다.

김치의 신맛에 관여하는 *Lactobacillus* 속의 젖산균수 변화는 발효가 진행됨에 따라 계속 증가를 하였는데 발효 4일 째에 C-C kimchi, B-B kimchi, G-G kimchi는 각각 2.3, 2.2, 2.0×10⁵ CFU/ml를 나타내었으며 KCl이 첨가된 B-KCl kimchi와 G-KCl kimchi는 각각 6.2, 5.8×10⁴ CFU/ml로 C-C kimchi, B-B kimchi, G-G kimchi보다 낮은 젖산균 수를 나타내었다(Table 2). KCl 첨가 김치군은 *Leuconostoc* sp. 군의 성장은 서서히 증가시켰지만 *Lactobacillus* sp. 군의 성장은 억제하였다.

2) 암예방 기능성

(1) **항돌연변이 효과:** Ames test를 이용한 실험에서 소금 종류에 따라 제조된 김치의 항돌연변이 효과를 알아보았다(Table 3). 김치 주스 200µl/plate에서 AFB₁에 대한 항돌연변이효과를 보면 대조군인 C-C kimchi는 44%를 나타낸 반면 죽염과 구운 소금으로 제조한 김치인 B-B kimchi와 G-G kimchi는 57%, 60%를 나타내어 대조군보다 효과가 높았고 (p<0.05), 이 경우 죽염보다는 구운소금으로 담은 김치의 항돌연변이 효과가 다소 높았으나 통계적 유의성은 없었다. 죽염과 구운 소금으로 절이고 KCl을 첨가한 김치인 B-KCl kimchi와 G-KCl kimchi는 각각 69, 70%의 가장 높은 항돌연변이

Table 4. Inhibitory effect of various salt treated *kimchi* juices on the growth of AGS human gastric adenocarcinoma cells in 3-(4,5-dimethyl- thiazol)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide (MTT) assay

Treatment	OD ₅₄₀ (level of juice sample, μl/assay)	
	10	20
Control	0.960±0.072 ^a	
C-C <i>kimchi</i> ¹⁾	0.560±0.009 ^b (42) ⁶⁾	0.362±0.008 ^b (62)
B-B <i>kimchi</i> ²⁾	0.522±0.010 ^c (46)	0.246±0.008 ^c (74)
B-KCl <i>kimchi</i> ³⁾	0.342±0.003 ^c (64)	0.118±0.007 ^c (88)
G-G <i>kimchi</i> ⁴⁾	0.491±0.011 ^d (49)	0.203±0.008 ^d (79)
G-KCl <i>kimchi</i> ⁵⁾	0.302±0.002 ^f (69)	0.110±0.009 ^e (89)

¹⁻⁵⁾The explanations are the same as shown in Table 1.
⁶⁾The values in parentheses are the inhibition rates (%)
^{a-f)}Means with the different letters in the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple test.

효과를 보였으며 KCl을 첨가한 김치는 대조군 뿐만 아니라 죽염과 구운 소금만으로 제조한 김치보다 항돌연변이 효과가 높게 나타났다(p<0.05).

(2) 암세포 성장억제효과: 항암효과(*in vitro*)를 알아보기 위해 AGS 인체위암세포로 MTT assay를 했을 경우에도 대조군인 천일염으로 제조한 C-C *kimchi*에 비하여 죽염과 구운 소금으로 제조한 김치의 암세포 성장억제효과가 높았다(p<0.05, Table 4). 김치 주스 20μl/assay에서 C-C *kimchi*의 암세포 성장억제효과가 62%인데 반하여 죽염과 구운 소금으로 제조한 B-B *kimchi*와 G-G *kimchi*는 각각 74, 79%를 나타내었으며 죽염으로 제조한 김치보다 구운 소금으로 제조한 김치의 암세포 성장 억제효과가 높아 통계적 유의적인 차를 보였다(p<0.05). 그러나 KCl이 첨가된 B-KCl *kimchi*와 G-KCl *kimchi*는 88, 89%로 대조군 및 죽염과 구운소금만으로 제조한 김치보다 더 큰 암세포 성장억제효과를 보여(p<0.05) KCl 첨가는 *in vitro* 항암효과에서도 가장 효과가 좋았다.

고 찰

소금은 김치의 발효, 저장성, 맛, 항균성 등에

중요한 역할을 하며 생체에 필수적인 물질로 체액중에서 신경 자극의 전달, 근육의 탄성유지, pH와 삼투압의 조절 등의 일을 한다.¹³⁾ 과량의 소금은 Na-Ca 교환을 억제하여 혈관벽에 Ca이 축적되어 근육의 탄력이 저하되고 저항이 커져 혈압을 증가시켜 고혈압과 심장계통의 질환의 원인이 되기도 하며 위점막을 손상시켜 암화를 높이고 위점막에서 지질과산화작용에 영향을 끼쳐 세포증식에 관여하여 암발생을 돕는 역할을 한다고 한다.²⁴⁾ 이러한 소금에 대한 대체염의 연구가 진행중이며 그 중 칼륨(K)은 체내에서 나트륨과 함께 항상성 기능을 갖는 물질로서 나트륨과는 반대로 고혈압에 대한 예방 기능을 갖는 것으로 알려져 있다.²⁵⁾ 외국에서는 대체염(KCl)을 이용한 소금이나 식품을 이용하고 있는데, 최근에 식염의 일부를 KCl로 대체하여 식염함량을 낮추는 연구가 있으며 Na : K의 비를 1 : 1.7로 추천하고 있다.²⁶⁾ Jansson²⁷⁾은 K⁺ : Na⁺의 비가 높은 식이는 암을 예방할 수 있으며, 체내 K⁺의 level이 높아지면 암의 발생빈도도 감소시킬 수 있다고 하였다.

본 실험에서는 배추 절임 및 양념에 여러 종류의 소금과 KCl을 첨가한 김치를 제조하여 15°C에서 발효시키면서 이화학적 특성과 항돌연변이 및 암세포증식억제효과를 측정하였다. 적숙기인 pH 4.3에 도달할 때까지 걸린 시간을 비교해보면 천일염으로 제조한 김치는 4일이 걸렸으나 KCl이 첨가된 B-KCl *kimchi*와 G-KCl *kimchi*는 6일이 걸렸다. 천일염, 죽염, 구운 소금으로 담은 김치의 pH는 KCl을 첨가한 김치의 pH보다 낮았으며 KCl의 첨가로 김치의 발효진행을 억제하여 pH가 서서히 감소되는 것으로 생각되어진다. 산도의 변화도 pH의 변화와 마찬가지로 김치가 발효됨에 따라 서서히 증가를 하였는데 천일염으로 제조한 김치의 산도 증가가 가장 빠르고 죽염과 구운 소금으로 제조한 김치가 그 다음이었고 KCl을 첨가한 김치는 산도의 증가도 서서히 이루어졌다. 김치의 발효 속도에 관여하는 pH 및 산도의 변화는 KCl의 첨가로 억제됨으로써 KCl 첨가는 김치의 보존성 증진에 중요한 역할을 한다고 여겨진다.

김치의 시원한 맛과 탄산미에 많은 영향을 주는 *Leuconostoc* 속의 젖산균수의 변화는 발효진행에 따라 증가를 하다가 적숙기를 지나면서 감소

하는 경향을 보였다. 발효가 빨랐던 천일염으로 제조한 김치의 *Leuconostoc* 속 젖산균 수는 4일 째에 가장 높았고 KCl을 첨가한 김치는 6일 째에 가장 높았다. 구운 소금으로 제조한 김치의 *Leuconostoc* 속의 젖산균수가 죽염으로 제조한 김치의 젖산균 수보다 대체적으로 높은 경향을 보였다(Table 2). 또한 KCl 처리 김치군은 *Leuconostoc* 속 젖산균 수가 거의 비슷하던지 다소 많은 것으로 나타나 KCl 첨가는 김치의 보존성을 증진시키고 맛에 영향을 주는 *Leuconostoc* 속 젖산균의 성장속도는 감소시켰지만 숫자에는 영향을 주지 않았다. 한편 발효성 당을 발효시켜 과숙한 김치의 신맛과 신내의 원인이 되는 *Lactobacillus* 속 젖산균 수의 변화는 각 김치군에서 발효가 진행함에 따라 증가하였으나 KCl이 첨가된 김치는 5~10배 정도 적게 증가함을 보였다. 즉 KCl은 *Lactobacillus* 속 젖산균의 성장을 억제하는 것으로 나타났다. 소금종류별 항균 실험에서 *Lactobacillus plantarum*에 대한 소금종류별 항균효과는 구운소금과 죽염에서 다소 높은 항균성을 나타내었으며 천일염이 가장 낮은 항균성을 나타내었다고 보고된 바 있다.²⁸⁾ 그런데 KCl은 *Leuconostoc* sp. 성장에는 크게 영향을 끼치지 않고 *Lactobacillus* sp. 성장만을 억제하는 것은 흥미로운 일이라 할 수 있으며 계속적인 연구가 필요하다 하겠다.

적당히 숙성된 pH 4.2~4.3의 김치를즙액으로 만들어서 aflatoxin B₁에 대한 항돌연변이효과를 Ames test를 이용하여 알아보았다. KCl을 첨가한 김치는 69%, 70%로 KCl을 넣지 않은 김치(44%, 57%, 60%)에 비하여 높은 항돌연변이효과를 보였다($p < 0.05$). KCl의 첨가는 김치의 발효뿐만 아니라 항돌연변이 기능성에도 관여함을 알 수 있었다. 하와 박³⁾의 연구에서 Ames 실험계에서 발암물질과 같이 존재할 때 모든 소금이 보돌연변이 효과가 있었으나 구운소금과 죽염은 다소 낮았으며 SOS chromotest에서도 다른 소금들이 보돌연변이 효과가 있는 반면에 구운소금과 생금은 없었으며 죽염은 항돌연변이효과를 보였다고 하였다. 마우스의 말초혈을 이용한 소핵유발실험에서 구운소금과 죽염은 한주소금보다 유의적으로 낮은 소핵유발빈도를 나타내어 돌연변이유발을 억제하는 것으로도 보고되었다.¹⁴⁾

AGS 인체위암세포를 이용한 MTT assay에서도 KCl을 첨가한 김치가 가장 암세포 성장억제효과가 컸었다. 여러 종류 소금의 AGS 인체위암세포와 HT-29 인체대장암세포를 이용한 암세포 증식억제효과에서도 구운소금, 생금, 죽염의 억제효과가 다른 소금에 비하여 높았다고 하였다.¹⁵⁾ Sarcoma-180 세포를 이용한 여러 종류 소금의 고형암 성장억제효과를 보았을 때 KCl을 첨가한 소금이 종양생성을 억제시키며 면역활성을 높이고 지질과산화물 생성도 억제시키는 효과가 있다고 보고된 바 있다.¹⁵⁾

결 론

소금의 종류와 KCl의 첨가로 김치를 제조하였을 때 김치의 발효양상과 암예방 기능성에 차이가 있는 것으로 나타났다. 발효양상을 보면 천일염으로 제조한 김치보다 죽염이나 구운소금으로 제조한 김치의 발효가 서서히 진행되었고 죽염과 구운 소금으로 절인 후 양념에 KCl을 첨가한 김치의 경우 발효가 더욱 서서히 진행되어 저장성이 높아지는 것으로 나타났다. 암예방 기능성에서는 천일염으로 제조한 김치보다는 죽염과 구운소금으로 제조한 김치의 항돌연변이 효과가 높았고 죽염과 구운 소금으로 제조한 김치보다는 이에 KCl을 첨가한 김치의 항돌연변이 효과가 높았다. 암세포 증식억제효과에서도 역시 KCl을 첨가한 김치의 효과가 가장 높았다. KCl은 쓴맛을 내기는 하지만 김치제조 시 소량을 사용한다면 김치의 발효진행을 늦추어서 저장성을 높일 수 있으며 김치의 암예방 기능성을 높이는 효과가 있는 것으로 나타났다.

감사의 글

이 연구는 보건복지부의 2002 보건의료기술진흥사업 중 벤처 및 중소기업 기술개발 지원연구개발사업(02-PJ1-PG11-VN01-SV04-0031)의 지원에 의한 연구결과로 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- 1) 박건영. 김치의 영양학적 평가와 항돌연변이 및 항암 효과. 한국영양식량학회지 1995; 24: 169-182.
- 2) 손경희. 김치의 종류와 이용. 한국식문화학회지 1991; 6: 503-520.
- 3) 한경선, 윤서식, 사회변동에 따른 한국 고유의 발효식품의 관리에 관한 연구. 한국조리과학회지 1991; 7: 1-8.
- 4) Hur YM, Kim SH, Park KY. Inhibition effects of kimchi extracts on the growth and DNA synthesis of human cancer cells. *J Food Sci Nutr* 1999; 4: 107-112.
- 5) Park KY, Choi HS. Antimutagenic and anticancer effects of lactic acid bacteria isolated from kimchi. *Proc. Int'l Symp. Microorganism and Health* 2000; 4: 28-29.
- 6) 권명자, 송영진, 송영옥. 콜레스테롤 식이를 섭취한 토끼에서 김치재료의 항산화 효과. 한국식품영양과학회지 1998; 27: 1189-1196.
- 7) 박건영, 조은주, 이숙희. 부재료 첨가 배추김치의 항돌연변이 및 항암성 증진효과. 한국식품영양과학회지 1998; 27: 625-632.
- 8) 최선미, 전영수, 이숙희, 박건영. 암환자를 위한 김치의 개발. 대한암예방학회지 2001; 6: 214-221.
- 9) 류승희, 전영수, 문정원, 이영순, 문갑순. 김치 주 · 부재료의 활성산소에 대한 피부세포 독성완화 효과. 한국식품영양과학회지 1997; 26: 998-1105.
- 10) Choi SM, Jeon YS, Rhee SH, Park KY. Red pepper powder and kimchi reduce body weight and blood and tissue lipids in rats fed a high fat diet. *Nutraceut Food* 2002; 7: 162-167.
- 11) Takahashi M, Kokubo T, Furukawa F, Kurokawa T, Tatematsu M, Hayashi Y. Effects of high salt diet on rat gastric carcinogenesis induced by N-methyl-N-nitro-N-nitrosoguanidine. *Gann* 1983; 74: 28-34.
- 12) Kim SH, Park KY, Suh MJ. Comutagenic effect of sodium chloride in the Salmonella/mammalian Microsome Assay. *Foods Biotech* 1995; 4: 264-267.
- 13) 하정옥, 박건영. 소금의 종류에 따른 과산화 효과와 보돌연변이성 비교. 대한암예방학회지 1999; 4: 44-51.
- 14) 정근옥, 이선미, 이숙희, 박건영. KCl 혼합축염이 보돌연변이 감소 및 항돌연변이효과. 대한암예방학회지 2001; 6: 140-147.
- 15) 정근옥, 이강윤, 이성갑, 박건영. 소금이 마우스에서 고형암의 성장과 면역활성 및 지질과산화에 미치는 영향. 대한암예방학회지 2002; 7: 134-142.
- 16) AOAC. Official Method of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA 1990.
- 17) 이철우, 고창영, 하덕모. 김치발효 중의 젖산균의 경시적 변화 및 분리와 젖산균의 동정. 한국산업미생물학회지 1992; 20: 102-109.
- 18) 이명기, 박완수, 강국희. 김치에서 젖산균의 선발 및 계수를 위한 선택배지. 한국식품영양과학회지 1996; 25: 754-760.
- 19) Maron DM, Ames BN. Revised methods for the Salmonella mutagenicity test. *Mutat Res* 1983; 113: 1783-1787.
- 20) Ames BN, McGann J, Yamasaki E. Method detecting carcinogens and mutagens with the Salmonella/ mammalian-microsome mutagenicity test. *Mutat Res* 1975; 31: 347-351.
- 21) Park JG, Kramer BS, Steinber CJ, Collins JM, Minna JD, Gazdar AF. Chemosensitivity testing of human colorectal carcinoma cell lines using a tetrazolium-based colorimetric assay. *Cancer Res* 1987; 47: 5875-5879.
- 22) Skehan P, Storeng R, Monks SA, McMahon J, Vistica D, Warren JT, Bokesch H, Kenney S, Boyd MR. New colorimetric cytotoxicity assay for anticancer-drug screening. *J Natl Cancer Inst* 1990; 82: 1107-1112.
- 23) Steel RG, Torrie JH. Principles and procedure of statistics, pp 96, Tokyo, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd, 1980.
- 24) Resnick LM. Dietary calcium and hypertension. *J Nutr* 1987; 117: 1806-1810.
- 25) Tobian L. Potassium and hypertension. *Nutr Rev* 1988; 46: 273-276.
- 26) Kune GA, Kune S, Watson LF. Dietary sodium and potassium in take and colorectal cancer risk. *Nutr Cancer* 1989; 12: 351-359.
- 27) Jansson B. Geographic cancer risk and intracellular potassium/sodium ratios. *Cancer Detect Prev* 1986; 9: 171-194.
- 28) 박소정, 박건영, 전홍기. 시판소금이 김치발효 미생물의 생육에 미치는 영향. 한국식품영양과학회지 2001; 30: 806-813.