

## 고춧가루내의 고추씨 함량이 김치발효와 항돌연변이 활성에 미치는 영향

부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

최선미 · 전영수 · 이숙희 · 박건영

### Fermentation Characteristics and Antimutagenicity of *Kimchi* that Prepared with Different Ratio of Seed in Red Pepper Powder

Sun-Mi Choi, Young-Soo Jeon, Sook-Hee Rhee and Kun-Young Park

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

The fermentation characteristics such as pH, acidity, lactic acid bacterial counts and panel taste of *kimchi*, and antimutagenic activity of *kimchi* were studied when the *kimchi* prepared with different ratio of seed (S) and pericarp (P) in red pepper powder and fermented at 15°C. The pHs of P:S=9:1 *kimchi* and P:S=7:3 *kimchi* decreased gradually during the *kimchi* fermentation, however, pHs of P:S=5:5 *kimchi* and P:S=3:7 *kimchi* decreased very fast during the fermentation. The counts of *Leuconostoc* sp were high in P:S=9:1 *kimchi* and P:S=7:3 *kimchi* but the levels were low in P:S=5:5 *kimchi* and P:S=3:7 *kimchi*. Whereas *Lactobacillus* sp counts were low in P:S=9:1 *kimchi* and P:S=7:3 *kimchi*, but the counts were high in P:S=5:5 *kimchi* and P:S=3:7 *kimchi* during the fermentation. P:S=7:3 *kimchi* showed the highest prevalence in the panel taste of the *kimchis* and the P:S=3:7 *kimchi* resulted in the lowest prevalence. The antimutagenic activities of the *kimchi* juices were studied by Ames test using *Salmonella typhimurium* TA100 and SOS chromotest using *E. coli* PQ37. As the ratio of the seed increased, the antimutagenicities increased. Among the *kimchi* samples, P:S=5:5 *kimchi* significantly reduced ( $p < 0.05$ ) the mutagenicities induced by aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) in Ames test and SOS response against N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG) in SOS chromotest. From the results of the experiments, the P:S=7:3 *kimchi* seems to be the best seed ratio of red pepper powder for the preparation of *kimchi* in terms of fermentation characteristics and antimutagenicity of the *kimchi*.

**Key Words:** *Kimchi*, Red pepper powder, Seed, Pericarp, Antimutagenicity

## 서 론

소금에 절인 김치의 역사는 일찌기 선사시대로 까지 소급되지만 양념이 가미된 김치조리법이 처음으로 소개된 기록은 1653년경의 음식지미방으로서 천초, 후추 등이 양념으로 이용되었다고 하며 오늘날과 같이 홍고추를 양념으로 사용한 김치의 조리법이 정착된 것은 1766년의 증보산림경제에 기록되어 있다.<sup>1)</sup> 김치재료 중 고추(*Capsicum annuum* L.)는 조미료로서 뿐만 아니라 맛과 색상에 영향을 끼치며 고추의 매운맛 성분인 capsaicin은 최근 암을 예방하거나 다이어트효과가 있다고 알려져 있으며 고추속의 많은 양의 비타민 C와 carotenoids 등도 주요 기능성 물질이다.<sup>2-5)</sup> 건·홍고추는 꼭지, 과피, 태좌, 씨로 나누어지며 과피는 붉은 색의 capsanthin을 비롯한 carotenoid 성분이 많으며 carotenoid는 생체대사 등에 중요한 역할을 하는 비타민 A의 전구체이기도 하다. 특히,  $\beta$ -carotene은 비타민 A 활성 외에도 항산화 기능, 색소로서의 기능, 항암 및 노화방지 등에 중요한 생리적 활성을 가지고 있다.<sup>6)</sup> 태좌에는 고추의 매운맛을 내는 capsaicin이 많이 존재하며 이 capsaicin은 식욕증진, 혈관 확장 및 수축, cholesterol저하, 에너지대사항진, 혈중 지질 개선 및 항산화성 비타민류의 혈중 항상성유지 등의 기능을 가진다.<sup>7-11)</sup> 고추의 씨에는 필수지방산이며  $\omega$ -6 불포화 지방산인 linoleic acid를 64% 함유되어 있으며 그 외에 palmitic acid, oleic acid 등이 포함되어 있고<sup>12)</sup> 고추씨는 특히 aflatoxin B<sub>1</sub>과 MNNG 등 돌연변이/발암물질 등에 대해 항돌연변이효과가 있으며 인체암세포를 이용한 실험에서 항암효과가 높다고 보고된 바 있다.<sup>3)</sup>

본 연구에서는 김치의 맛과 항돌연변이 활성을 증진시키기 위해 고추의 과피(pericarp, P)와 씨(seed, S)의 비율을 달리하여(P:S=9:1~3:7) 제조한 고춧가루를 이용하여 김치를 제조하였을 때의 발효양상과 항돌연변이효과를 측정하고자 하였다. 각각의 김치는 15°C에서 발효시키면서 pH 및 산도의 변화, 젖산균의 함량변화 및 이들의 관능검사와 Ames mutagenicity test와 SOS chromotest를 이용한 실험계에서 항돌연변이활성을

측정하였다.

## 재료 및 방법

### 1) 재료

배추는 가락 신1호, 젓갈은 청정멸치액젓{(주)대상}, 소금은 천일염{(주)우일염업}을 사용하였으며, 고춧가루는 영양농협청결고춧가루 가공공장에서 영양 태양초 고춧가루와 통고추를 각각 구입하여 통고추는 과피와 씨로 나누어 분말화하여 사용하였다. 무, 파, 마늘, 생강, 갓은 부산 부전시장에서 구입하였고 초피(*Zanthoxylum piperitum* De Candolle)는 경남, 김해지역에서 9월경에 수집한 것으로 과피부분을 마쇄하여 분말화하였다.

### 2) 김치제조 및 시료의 추출

김치는 절인 배추 100에 고춧가루 5.0을 첨가하였는데 고춧가루는 시판용고춧가루(P:S=9:1), 고춧가루의 과피와 씨의 비율이 각각 7:3, 5:5, 3:7로 하였고 마늘 2.5, 생강 0.6, 멸치액젓 2.2, 설탕 1.0, 무 13.0, 잔파 2.0, 갓 5.0, 초피 0.1의 비율로 혼합하였고 최종염의 농도는 2.5%로 조절하여<sup>13)</sup> 4종류의 김치{과피(pericarp, P)와 씨(seed, S)의 비율을 9:1로 하여 담은김치(P:S=9:1 kimchi), 과피와 씨의 비율을 7:3으로 하여 담은 김치(P:S=7:3 kimchi), 과피와 씨의 비율을 1:1로 하여 담은 김치(P:S=5:5 kimchi), 과피와 씨의 비율을 3:7로 하여 담은 김치(P:S=3:7 kimchi)}를 담근 후 15°C에서 발효시키면서 변화양상을 측정하였고 적숙기의 pH가 되었을 때 녹즙기(엔젤라이프사)를 사용하여 즙액부분을 모은 뒤 4°C 9,000 rpm에서 30분간 원심분리하여 상등액을 채취한 후 milipore filter (0.45  $\mu$ m)로 여과 멸균하고 이를 김치시료로 하여 항돌연변이 활성 실험시 사용하였다.

### 3) 김치발효 중 pH 및 산도 변화측정

pH는 pH meter (Corning 220, USA)로 실온에서 측정하였다. 산도는 시료 20 ml를 20배 희석하여 여기에서 10 ml를 취하여 AOAC방법<sup>14)</sup>으로 측정하였는데, 0.1% phenolphthalein을 지시약으로 첨가하고 0.1 N NaOH로 적정하여 분홍색을 띠는

점을 종말점으로 하였다. 적정값은 lactic acid로 환산하고 다음과 같이 함량 %로 나타내었다.

$$\text{Lactic acid (\%)} = \frac{\text{ml of 0.1N NaOH} \times \text{normality of NaOH} \times 9}{\text{weight of sample (g)}}$$

#### 4) 주요 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 43~45°C로 냉각한 선택배지 10 ml에 혼합한 후 petri dish에 평판을 만들고 incubator에서 배양하여 나타난 colony의 수를 세어 젖산균수로 측정하였다. 김치의 *Leuconostoc* 속의 수를 측정하기 위해서는 *Leuconostoc* 선택배지로 phenylethyl alcohol과 sucrose를 첨가한 phenylethyl alcohol sucrose agar medium (PES medium)를 사용하여 20°C에서 5일간 평판배양하였다. 한편 *Lactobacillus* 속의 배지는 *Lactobacillus* selection medium (LBS medium)에 *Pediococcus*의 생육을 억제하기 위하여 acetic acid와 sodium acetate를 첨가한 modified LBS agar medium (m-LBS medium)를 사용하여 30°C에서 3일간 평판배양하였다.<sup>15,16)</sup>

#### 5) 관능검사

반복된 랜덤화 완전 블록 계획(replicated randomized complete block design)<sup>17)</sup>에 따라서 훈련된 10명의 관능요원이 1회에 3가지 시료를 평가하게 하고 이를 4회 반복 실시하였다. 묘사항목은 주관적인 평가로 종합적인 외관(apperance), 냄새(overall smell), 향미(overall flavor), 질감(overall chewness)으로 평가하고, 1에서 9까지로 분류한 등급을 사용하여 평가하였으며, 9에 가까울수록 극도로 좋고, 1에 가까울수록 극도로 싫은 것으로 나타내었다. 또 객관적인 평가로는 후각적 지각인 신내(sour smell), 균덕내(moldy smell), 초피내(chinese pepper smell)와 미각적 지각인 신맛(sour flavor), 균덕맛(moldy flavor), 초피맛(chinese pepper

flavor) 그리고 질감으로 경도(hardness)을 평가하였으며, 그 정도는 1에 가까울수록 감지 불가능하고, 9에 가까울수록 극도로 강하게 감지하는 것으로 나타내었다. 후각적 지각으로 코로 감지되는 것으로 평가하였고, 미각적 지각은 여러차례 어금니로 씹은 후 입과 코로 감지되는 것으로 평가하였으며, 경도는 앞니를 사용하여 섬유질과 동일한 방향으로 2~3회 씹는데 드는 힘의 정도로 평가하였다. 이때 신내와 신맛은 산에 의해 나타나는 감각, 균덕내와 균덕맛은 오래된 김치에서 나는 불쾌한 정도로, 초피내와 초피맛은 초피의 냄새와 맛으로 정의하였다.

#### 6) 항돌연변이 실험

(1) Ames mutagenicity test: 돌연변이 유발물질로는 aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>, Sigma Chemical Co., USA)을 일정농도로 DMSO에 녹여 사용하였다. 사용균주로는 *Salmonella typhimurium* TA100로 미국 California대학 B. N. Ames박사로부터 제공받아 실험에 사용하였다. 그리고 이 실험균주는 매 실험 직전 histidine요구성, deep rough (*rfa*) 돌연변이, *uvrB*돌연변이, R factor 등의 유전형질을 확인하여 사용하였다. 돌연변이원을 활성화시키기 위하여 Maron과 Ames의 방법<sup>18)</sup>에 따라 간의 microsomal 효소화합물인 S9 mixture를 조제하여 하룻밤 배양된 균주(1~2×10<sup>9</sup> cell/ml) 0.1 ml, 희석된 시료(50 μl)와 돌연변이 유발 물질(50μl)을 vortex한 후 45°C의 top agar 2 ml씩을 각 tube에 붓고 3초간 vortex하여 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.<sup>19)</sup>

(2) SOS chromotest: 실험에 사용된 균주는 *E. coli* GC4436으로부터 유래된 *E. coli* PQ37로써 균주는 90% glycerol과 L medium에서 하룻밤 배양한 균액을 1 : 1로 혼합하여 -20°C에 보관하였다. 사용균주는 6개월마다 새로 준비하였으며 그때마다 *uvrA* mutation, *rfa* mutation과 PHO<sup>o</sup> gene의 constitutivity 및 *sfiA::lacZ* fusion의 inducibility를 검사하였다. 돌연변이유발원인N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG)는 미국 Aldrich사로부터

구입하여 증류수에 녹여 실험에 사용하였다. 이 실험은 Quillardet 등<sup>20)</sup>의 방법을 변형시킨 백과 함의 방법<sup>21)</sup>을 이용하였다. *E. coli* PQ37 균액을 L 배양액에 1/10로 희석하여 각 농도별로 준비된 시료와 돌연변이원을 혼합한 시료 20 $\mu$ l를 미리 분주하여 둔 96 well plate의 각 well에 100 $\mu$ l씩 분주하고 90분간 37°C에서 진탕하여 SOS 반응을 유도한 후 한쪽에는  $\beta$ -galactosidase ( $\beta$ -G)의 활성 측정을 위하여 O-nitrophenyl- $\beta$ -D-galactopyranoside (ONPG) 100 $\mu$ l, 다른 쪽에는 alkaline phosphatase (A-P)의 활성 측정을 위해 P-nitrophenyl phosphate disodium (PNPP) 100 $\mu$ l를 첨가하였다. 발색시약으로 발색시킨 후 분광광도계로 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 OD 420 nm 측정치는 Miller의 공식<sup>22)</sup>에 의해 enzyme unit (Eu)값을 구하였다.

7) 통계 분석

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

결 과

1) 김치발효의 특성

(1) pH 및 산도: 김치발효 중 pH의 변화를 보면 (Fig. 1A) 영양산 일반고춧가루를 사용하여 제조

한 김치(P:S=9:1 *kimchi*)는 pH 5.5에서 서서히 감소하여 발효(15°C) 8일째에 pH 3.9를 나타내었고 일반 건고추의 과피와 씨의 비율로 담은 김치(P:S=7:3 *kimchi*)는 초기 pH 5.5에서 시작하여 8일째에 3.8로 P:S=9:1 *kimchi*와 비슷한 발효양상을 나타내었다. 그러나 씨의 함량이 높아진 고춧가루를 사용한 김치에서는 다른 양상을 보였는데, P:S=5:5 *kimchi*는 담근 직후의 pH가 5.8로 높게 시작하였으나 발효 6일째 이미 pH가 3.8이 되었고 P:S=3:7 *kimchi*는 처음에는 pH가 6.0로 가장 높았으나 발효 4일째에 갑자기 감소(pH 4.2)하여 다른 김치들보다 낮게 나타났으며 그 후에는 P:S=5:5 *kimchi*와 유사하였다.

산도의 변화는 발효가 진행됨에 따라 증가를 하였으며 pH의 변화와 마찬가지로 P:S=9:1 *kimchi*는 초기 산도 0.38에서 시작하여 발효가 진행됨에 따라 산도가 증가하여 8일째는 0.93이 되었으며 P:S=7:3 *kimchi*는 P:S=9:1 *kimchi*와 비슷한 양상으로 증가를 하였다(Fig. 1B). 그러나 씨의 함량이 높은 P:S=5:5 *kimchi*와 P:S=3:7 *kimchi*는 처음에는 0.23으로 P:S=9:1 *kimchi*나 P:S=7:3 *kimchi*보다 낮은 산도에서 발효를 시작하여 발효 4일째부터 갑자기 증가하여 각각 0.71, 0.77로 P:S=9:1 *kimchi* 또는 P:S=7:3 *kimchi*보다 높은 산도를 나타내었다.

(2) 젖산균 수의 변화: 김치의 시원한 맛과 탄산미에 관여하는 *Leuconostoc* 속 젖산균수의 변화를 보면(Fig. 2A) 담근 직후의 젖산균수는 과피와 씨

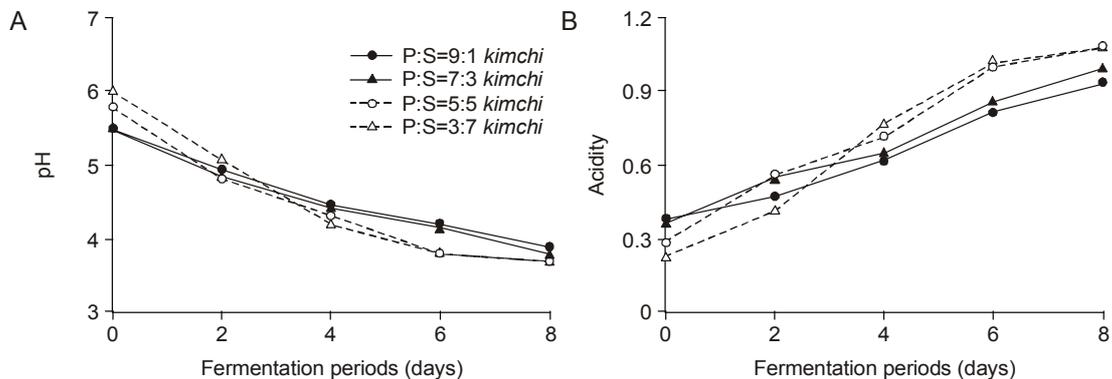


Fig. 1. Change of pH (A) and acidity (B) in various kinds of *kimchi* that prepared with different ratio of pericarp (P) and seed (S) in red pepper powder during fermentation at 15°C.

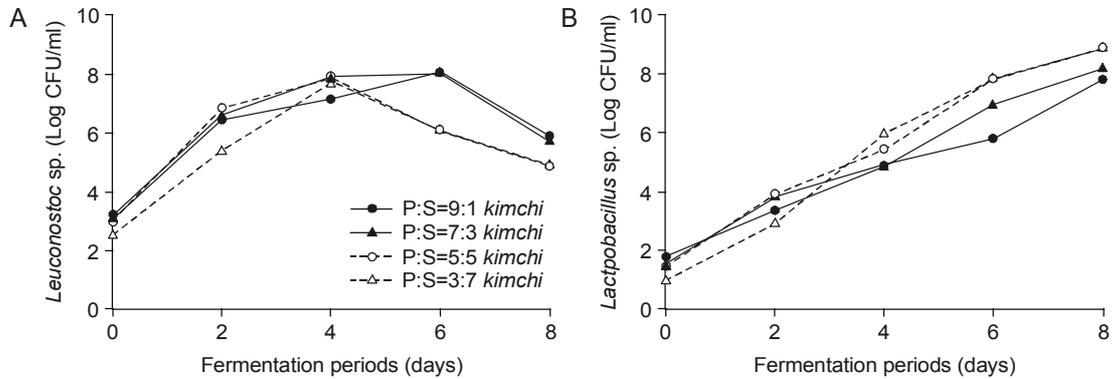


Fig. 2. Changes of counts of *Leuconostoc* sp. (A) and *Lactobacillus* sp. (B) in various kinds of kimchi that prepared with different ratio of pericarp (P) and seed (S) in red pepper powder during fermentation at 15°C.

의 비율에 따른 김치간에 차이가 없었으나 발효가 진행됨에 따라 P:S=9:1 kimchi는 서서히 증가하여 발효 6일째에  $1.1 \times 10^8$  CFU/ml로 가장 높았고 그 후 발효가 진행되어도 서서히 감소를 보였으며 P:S=7:3 kimchi도 발효가 진행됨에 따라 증가하여 발효 6일째에  $9.7 \times 10^7$  CFU/ml을 나타내었으며 P:S=9:1 kimchi와 마찬가지로 서서히 감소를 하였다. 그러나 P:S=5:5 kimchi는 발효진행에 따라 증가하여 발효 4일째에  $8.2 \times 10^7$  CFU/ml로 증가하였다가 갑자기 감소하는 경향을 보였으며 P:S=3:7 kimchi도 발효 4일째  $5.4 \times 10^7$  CFU/ml로 증가하였다가 급격한 감소를 하여 8일째에는  $7.2 \times 10^4$  CFU/ml가 되었다.

김치의 신맛에 관여하는 *Lactobacillus* 속의 젖산균수 변화(Fig. 2B)는 발효가 진행됨에 따라 증가를 하는데 P:S=9:1 kimchi와 P:S=7:3 kimchi는 서서히 증가를 하는 반면 P:S=5:5 kimchi와 P:S=3:7 kimchi는 발효 4일째부터 급격히 증가를 하여 각각  $2.9 \times 10^5$  CFU/ml,  $8.9 \times 10^5$  CFU/ml를 나타내었으며 발효 말기인 8일째에도  $7.7 \times 10^8$  CFU/ml,  $8.0 \times 10^8$  CFU/ml로 P:S=9:1 kimchi와 P:S=7:3 kimchi보다 *Lactobacillus* 속의 젖산균수가 많았다.

## 2) 관능검사

고춧가루의 과피와 씨의 비율을 달리하여 제조한 김치의 관능검사의 결과(Fig. 3)를 보면 식미를 느낄 수 있는 붉은색의 관여도가 큰 외관 선호도

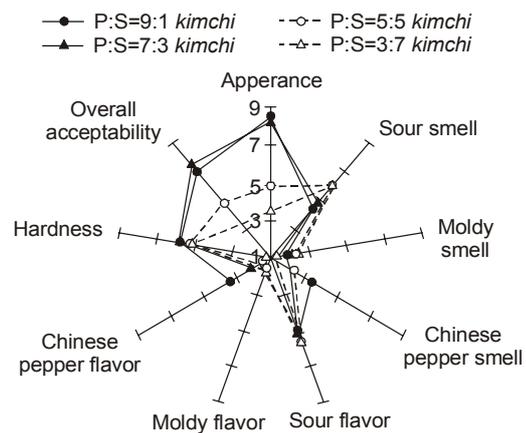


Fig. 3. QDA profile<sup>1</sup> of various kinds of kimchi that prepared with different ratio of pericarp (P) and seed (S) in red pepper powder during fermentation at 15°C.

<sup>1</sup>Sensory characteristics rated on 9-point scale: 1-extremely bad, 9-extremely good in subjective evaluation (appearance, overall acceptability), and 1-extremely weak, 9-extremely strong in objective evaluation (sour smell, moldy smell, chinese pepper smell, sour flavor, moldy flavor, chinese pepper flavor and hardness).

는 P:S=9:1 kimchi와 P:S=7:3 kimchi가 9점 만점에 8.4, 8.2로 높았으며 두 김치간에는 차이가 별로 없었다. 한편 씨의 함량이 높을수록 외관의 선호도가 감소하여 P:S=3:7 kimchi는 3.5로 가장 낮았다. pH 4.2~4.3일 때의 김치를 이용하여 신맛과 신내를 비교하였을 경우 P:S=9:1 kimchi와 P:S=7:3

kimchi보다 P:S=5:5 kimchi와 P:S=3:7 kimchi에서 더욱 강하게 느껴졌다. 초피내와 초피맛은 씨의 비율이 높은 김치일수록 약하게 감지되어 P:S=9:1 kimchi에서는 3.5, 3.3으로 감지한 반면 P:S=3:7 kimchi에서는 1.4, 1.4로 거의 감지하지 못하였다. 전체적인 기호도는 외관뿐만 아니라 신맛, 초피맛

등을 고려하여 P:S=9:1 kimchi (7.0)보다 P:S=7:3 kimchi가 7.5로 가장 높았다.

3) 항돌연변이효과

고춧가루의 과피와 씨의 비율을 달리하여 제조한 김치의 항돌연변이효과를 Ames mutagenicity test와 SOS chromotest를 통하여 알아보았다. Ames test를 이용한 항돌연변이효과 실험에서는 씨의 비율이 높은 김치가 씨의 비율이 낮은 김치보다 항돌연변이효과가 높았다(Table 1). 즉, AFB<sub>1</sub>에 대해 P:S=9:1 kimchi는 52%의 항돌연변이효과를 보인 반면 씨의 비율이 높은 김치일수록 항돌연변이효과가 증대되어 P:S=7:3 kimchi는 59%를 나타내었으며 P:S=5:5 kimchi는 73%로 가장 높은 항돌연변이효과를 보였다. 그러나 씨의 비율이 가장 높았던 P:S=3:7 kimchi의 항돌연변이 효과는 P:S=5:5 kimchi와 유의적인 차이를 나타내지 않았다(p<0.05).

한편, SOS chromotest를 이용한 MNNG에 대한 항돌연변이효과도 앞의 결과와 유사한 양상을 보였는데 씨의 비율이 증가할수록 항돌연변이 효과가 커졌다(Table 2). P:S=9:1 kimchi는 36%의 항돌연변이효과를 보였으나 김치 제조에 사용된 씨의 비율이 증가됨에 따라 김치의 항돌연변이효과도 증가하여 P:S=7:3 kimchi는 42%의 증가를 보였고 P:S=5:5 kimchi는 63%로 가장 높은 항돌연변이효과를 보였다. 그러나 P:S=3:7 kimchi는 Ames test

**Table 1.** Antimutagenic effect of various kinds of kimchi (pH 4.2~4.3) juice<sup>1</sup> that prepared with different ratio of pericarp (P) and seed (S) in red pepper powder against aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>, 2.0µg/plate) in *Salmonella typhimurium* TA100

Treatment	Revertants/plate (level of sample, µl/plate)	
	100	200
Spontaneous	115±10	115±10
Control (AFB <sub>1</sub> )	1018±33 <sup>a</sup>	1018±33 <sup>a</sup>
AFB <sub>1</sub> +P:S=9:1 kimchi	740±23 <sup>b</sup> (31) <sup>2</sup>	548±11 <sup>b</sup> (52)
+P:S=7:3 kimchi	636±20 <sup>c</sup> (42)	489±23 <sup>c</sup> (59)
+P:S=5:5 kimchi	527±10 <sup>d</sup> (54)	359±17 <sup>d</sup> (73)
+P:S=3:7 kimchi	549±14 <sup>d</sup> (52)	390±15 <sup>d</sup> (70)

<sup>1</sup>See the Material and Method

<sup>2</sup>The values in parentheses are the inhibition rates (%)

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

**Table 2.** SOS response of various kinds of kimchi (pH 4.2~4.3) juice<sup>1</sup> (10µg) that prepared with different ratio of pericarp (P) and seed (S) in red pepper powder against N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG, 40 ng/assay) in *E. coli* PQ37

Treatment	β-Galactosidase (β)		Alkaline phosphatase (ρ)		(β)/(ρ)	SOS induction factor	Inhibition rate (%)
	OD <sub>420</sub>	Unit	OD <sub>420</sub>	Unit			
Spontaneous	0.355	11.8	0.347	11.6	1.02	1.00	
Control (MNNG)	0.692	23.0	0.340	11.3	2.04	2.00	
MNNG+P:S=9:1 kimchi	0.620	20.6	0.370	12.3	1.67	1.64	36
+P:S=7:3 kimchi	0.608	20.8	0.380	12.6	1.61	1.58	42
+P:S=5:5 kimchi	0.527	17.6	0.377	12.6	1.39	1.37	63
+P:S=3:7 kimchi	0.559	18.6	0.382	12.7	1.47	1.44	56

<sup>1</sup>See the Material and Method

실험결과와 같이 항돌연변이효과가 증가하지 않았고 오히려 감소하는 경향을 보였다.

## 고 찰

김치는 배추를 비롯한 여러 가지 채소로 제조되었기에 비타민, 무기질, phytochemical 등이 함유되어 있으며 발효중 젖산균이 생성되고 이러한 것으로 인하여 항돌연변이 및 항암효과를 가진다고 보고되고 있다.<sup>24)</sup> 김치용 일반 고춧가루는 색깔을 고려하여 씨를 고춧가루 제조과정에서 제거함으로써 제품에서는 10% 정도 함유되어 있거나 씨를 더 많이 제거하기도 하여 씨의 양이 원래 고추에 있었던 양보다 훨씬 적어지게 된다.<sup>12)</sup>

본 실험에서는 과피의 capsaicin 등에 의한 항균 작용으로 씨보다 과피가 많은 고춧가루로 담은 김치는 발효의 진행에 따라 pH가 서서히 감소하였지만 씨의 비율이 높은 김치는 처음에는 pH가 가장 높았으나 발효 4일쯤에 pH가 급하게 감소하는 경향을 보여 고추씨 첨가는 발효속도를 증가시키는 것으로 나타났다. 또한 산도의 변화도 씨의 비율이 높은 김치(P:S=3:7 kimchi)가 pH의 변화와 마찬가지로 발효 초기에는 가장 낮았으나 4일째에는 갑자기 높아졌다. 따라서 씨의 비율이 높은 고춧가루를 사용한 김치일수록 급하게 발효가 진행되는 것을 알 수 있었다.

한편 주발효균의 성장을 비교해보면 *Leuconostoc* 속의 젖산균수의 변화는 씨의 비율이 낮은 고춧가루를 이용한 김치의 경우(P:S=9:1 kimchi, P:S=7:3 kimchi) 발효가 진행됨에 따라 증가하고 감소시에도 완만하게 감소하였으나 씨의 비율이 높은 고춧가루를 사용한 김치(P:S=5:5 kimchi와 P:S=3:7 kimchi)는 4일까지만 젖산균수가 증가하였고 발효 후기에는 급격히 감소하여 발효 후기에는 *Leuconostoc* 속의 젖산균수가 크게 감소되었다. 그러나 김치의 신맛에 관여하는 *Lactobacillus* 속의 젖산균은 씨의 함량이 높을수록(P:S=5:5 kimchi, P:S=3:7 kimchi) 급격히 성장이 촉진되어 고추씨는 *Lactobacillus* 속의 젖산균의 성장에 유리한 것으로 나타났다. 그러나 과피의 함량이 높은 고춧가루로 제조한 김치는 *Lactobacillus* 속 수가 완만하게 증가하였다. 결국 고춧가루의 과피와 씨의 비율은

이러한 유산균들의 성장속도를 조절하게 되어 pH와 산도에 영향을 끼치게 된 것으로 사료된다. 결국 김치제조 시 사용하는 고춧가루의 씨함량에 따라 김치의 발효속도가 영향을 받는데 고추씨는 *Leuconostoc*속의 젖산균수는 감소시키고 *Lactobacillus*속의 젖산균의 성장은 촉진시켜 산의 생성을 촉진시키므로 김치를 빠르게 발효시키는 것으로 나타났다.

관능검사에서는 외관상으로 고추의 과피와 씨의 비율이 9:1인 김치는 씨가 거의 없었기 때문에 강한 붉은 색으로 인하여 외관에서 가장 높은 점수를 받았고 씨의 비율이 높은 김치일수록 외관에서 낮은 점수를 받았다. 씨의 비율이 높은 김치는 붉은 색이 적어서 거의 식미가 나지 않았으며 또한 씨의 완전한 분말화가 어려워져 입에서 씹히는 느낌이 있었고 씨의 기름기가 김치에 남아도는 느낌도 있는 것이 문제점으로 나타났다. 그러나 김치의 암예방효과 증진을 위해 첨가된 초피<sup>13)</sup>의 냄새는 P:S=9:1 kimchi보다 씨의 비율이 높은 김치일수록 초피냄새가 거의 나지 않는 잇점도 있었다. 전체적인 기호도에 있어서는 초피냄새가 적고 외관에서도 높은 점수를 받은 P:S=7:3 kimchi가 7.5로 가장 높았다. 따라서 발효속도 및 관능검사면에서 김치제조 시 고추속의 씨를 제거하지 않고 그대로 고춧가루를 만들어 쓰는 것이 좋을 것으로 사료된다.

적당히 숙성되어 관능적으로도 우수하고 항돌연변이활성이 높은 pH 4.2~4.3이 될 때의 김치를 즙액으로 만들어서 항돌연변이효과를 측정하였다. Ames 실험계에서 AFB<sub>1</sub>에 대한 항돌연변이 효과는 씨의 비율이 높아질수록 증가되어 P:S=5:5 kimchi의 항돌연변이효과가 가장 높았다. 또한 다른 실험계인 SOS chromotest를 이용하여 다른 돌연변이원인 MNNG에 대한 김치의 SOS 반응억제 효과를 살펴보았을 때도 AFB<sub>1</sub>을 이용한 Ames 실험계에서와 유사한 결과를 보였다. 김치제조 시 고추씨의 비율이 높아질수록 높은 SOS 반응억제효과를 보였으며 이 경우도 P:S=5:5 kimchi가 가장 높은 SOS 반응억제효과를 보였으나 그 이상의 고추씨 함량(P:S=3:7)은 항돌연변이 활성을 오히려 감소시켜 항돌연변이 기능성 면에서는 고추씨 함량이 50% 정도가 좋게 나타났다.

고추씨의 linoleic acid는 전자공여능과 페놀함량이 높아서 항산화효과가 높으며 산성 및 중성 steroid의 배설을 증가시킴으로서 조직과 혈청의 콜레스테롤함량을 낮추고, mutagen에 대해 돌연변이유발 억제효과가 있다.<sup>25)</sup> Hayatsu등<sup>26)</sup>은 3-amino-1-methyl-5H-pyrido[4,3-b]indole Trp-p-1, benzo[a]pyrene과 AFB<sub>1</sub> 등의 mutagen에 대해 linoleic acid와 oleic acid가 돌연변이유발 억제효과가 있음을 보고하였다. 고추씨 등의 기름속에 함유되어 있는 linoleic acid는 *in vitro*에서 결장암의 세포증식을 감소시킨다는 보고도 있다.<sup>27)</sup> 필수지방산인 linoleic acid,  $\alpha$ -linolenic acid와 그들의 대사산물은 암세포의 증식을 억제한다고 보고하였으며<sup>28)</sup> 또한 linoleic acid는 정상외의 쥐신장세포와 인간의 장세포에서는 독성을 나타내지 않았지만 AZ-521 인체위암세포에서는 높은 암세포 증식저해효과를 나타내었다고 보고된 바도 있다.<sup>29)</sup> 결국 발효속도, 맛 및 항돌연변이 기능성을 모두 종합해 볼 때 고추씨를 일부러 제거하지 않은 일반건고추를 고춧가루로 만든 김치(P:S=7:3 kimchi)가 가장 우수한 것으로 나타났다. 씨의 비율이 높은 김치(P:S=5:5)는 항돌연변이 활성은 높았지만 발효가 빠르게 진행되거나 맛의 감소 같은 문제점이 있었다. 그러므로 김치제조 시 건고추를 사용할 때 발효 및 관능적인 효과 및 항돌연변이 활성 등을 고려하여 씨를 일부러 버리지 말고 고춧가루를 제조하여 사용하는 것이 바람직하다고 하겠다.

## 결 론

김치제조에 사용되는 고춧가루에 고추 씨의 비율을 높일수록 발효속도는 증가되어 pH는 급격히 감소하고 산도는 증가하였다. 또한 고춧가루 내의 씨 함량의 증가는 김치 맛을 감소시켰다. 젖산균은 씨의 함량이 높아질수록 *Lactobacillus* 속의 젖산균의 수가 급격히 증가하는 것으로 보아 고추씨는 *Lactobacillus* 속의 젖산균 수를 증가시켜 김치가 빠르게 시게 하는 것으로 나타났다. 관능검사의 결과에서도 고추씨보다는 과피의 비율이 높은 김치를 선호하는 경향이었고 결국 고추의 과피는 붉은 색으로 인하여 외관, 맛 등의 기호도에서 높은 점수를 얻었으며 발효속도를 감소시키는

역할을 하는 것으로 보인다. 고추씨의 비율이 높은 고춧가루를 사용하여 제조한 김치는 붉은 색이 적어서 식미가 나지 않으나 Ames 실험계와 SOS chromotest를 이용한 항돌연변이실험에서는 씨의 비율이 높을수록 항돌연변이효과가 증가되었고 이 경우 P:S=5:5 kimchi의 항돌연변이효과가 가장 높았으며 그 후 P:S=3:7 kimchi는 더 이상 활성 증가효과는 없었다. 본 실험 결과로 김치제조 시 사용되는 고춧가루의 경우 고추씨를 제거하거나 또는 첨가하지 않고 그대로 건고추를 고춧가루로 제조한 것(P:S=7:3)이 보존성, 맛, 항돌연변이 기능성 등을 종합한 면에서 가장 우수하다고 하겠다.

## 감사의 글

이 연구는 농림부의 농림수산특정연구사업의 연구결과에 의한 것으로 연구지원에 감사를 드립니다.

## 참고 문헌

- 1) 한경선, 윤서식. 사회변동에 따른 한국 고유의 발효식품의 관리에 관한 연구. 한국조리과학회지 1991; 7: 1-8.
- 2) Morimoto C, Tsujita T, Okuda H. Epinephrine-induced lipolysis in rats fat cells from visceral and subcutaneous sites: role of hormone-sensitive and lipid droplets. *J Lipid Res* 1997; 38: 132-138.
- 3) 최선미, 전영수, 정근옥, 박진영. 고추의 종류 및 부위에 따른 돌연변이 유발 억제효과. 대한암예방학회지 2001; 6: 108-115.
- 4) Park JS, Park KY, Yu R. Inhibition of nitrosation by capsaicin and its metabolism. *J Korean Soc Food Nutr* 1998; 27: 1015-1018.
- 5) 최선미, 전영수, 박진영. 한국산 고춧가루의 품질비교. 한국식품과학회지 2000; 32: 1251-1257.
- 6) Louise MC, Jesus GV, John WF. Lipid-soluble antioxidants. *Biochemistry and Clinical Applications*. pp.193-207 Birkhauser Verlag, 1992.
- 7) 유리나. 고추의 매운맛 성분인 캡사이시노이드의 생리활성. 한국고추학회지 1999; 5: 17-24.
- 8) Joe B, Rokesh BR. Role of capsaicin, curcumin and dietary n-3 fatty acid in lowering the generation of ROS in rat peritoneal macrophages. *Biochim Biophys Acta* 1994; 1223: 255-263.

- 9) Choo JJ, Shin HJ. Body-fat suppressive effects of capsaicin through  $\beta$ -adrenergic stimulation in rats fed a high-fat diet. *Korean J Nutr* 1999; 32: 533-539.
- 10) Yoshioka M, St-Pierre S, Drapeau V, Dionne I, Doucet E, Suzuki M, Tremblay A. Effects of red pepper on appetite and energy intake. *Br J Nutr* 1999; 82: 115-123.
- 11) Yu R, Park JW, Kurata T. Modulation of selected immune responses by dietary capsaicin. *Int J Vit Nutr Res* 1998; 68: 114-119.
- 12) 박재복. 한국고추의 맛에 대한 평가. *한국고추학회지* 1996; 4: 75-61.
- 13) Kim JY, Rhee SH, Park KY. Enhancement of anticancer activities of kimchi by manipulating ingredients. *J Food Sci Nutr* 2000; 5: 126-130.
- 14) AOAC. Official Method of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA 1990.
- 15) 이철우, 고창영, 하덕모. 김치발효 중의 젖산균의 경시적 변화 및 분리와 젖산균의 동정. *한국산업미생물학회지* 1992; 20: 102-109.
- 16) 이명기, 박완수, 강국희. 김치에서 젖산균의 선발 및 계수를 위한 선택배지. *한국식품영양과학회지* 1996; 25: 754-760.
- 17) 김광옥, 이영춘. 식품의 관능검사. pp.192 학연사 1989.
- 18) Maron DM, Ames BN. Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. *Mutat Res* 1983; 113: 1783-1787.
- 19) Ames BN, McGann J, Yamasaki E. Method detecting carcinogens and mutagens with the *Salmonella*/mammalian-microsome mutagenicity test. *Mutat Res* 1975; 31: 347-351.
- 20) Quillardet P, Huisman OD, Ari R, Hofnung M. SOS chromotest, a direct assay of induction of an SOS function in *Escherichia coli* K-12 to measure genotoxicity. *Proc Acad Sci* 1982; 79: 5971-5975.
- 21) 백창원, 함승시. SOS chromotest에 의한 사과와 효소 갈변반응 생성물의 항돌연변이 효과. *한국식품과학회지* 1990; 22: 618-624.
- 22) Miller J. Experiments in molecular genetics, Cold Spring Harbor Laboratory. Cold Spring Harbor, New York, 1972.
- 23) Steel RG, Torrie JH. Principles and procedure of statistics, pp 96, Tokyo, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd, 1980.
- 24) Hur YM, Kim SH, Choi SW, Park KY. Inhibition of tumor formation and changes in hepatic enzyme activities by kimchi extracts in sarcoma-180 cell transplanted mice. *J Food Sci Nutr* 2000; 5: 48-53.
- 25) Newman MJ. Inhibition of carcinoma and melanoma cell growth by type I transforming growth factor  $\beta_1$  is dependent on the presence of poly-unsaturated fatty acids. *Pro Natl Acad Sci* 1990; 87: 5543-5548.
- 26) Hikoya H, Sakae A, Keiko T, Masami M. Inhibitory effect of the ether extract of human on activities of mutagenesis/inhibition by oleic acid and linoleic acid. *Mutat Res* 1981; 81: 287-291.
- 27) Salerno JW, Smith DE. The use of sesame oil and other vegetable oil in the inhibition of human colon cancer growth *in vitro*. *Mutat Res* 1991; 11: 209-211.
- 28) Norman A, Bennett LR, Mead JF, Iwamoto KS. Anti-mutagenic activity of sodium linoleate. *Nutr Cancer* 1988; 11: 107-110.
- 29) Park KY, Lee JM, Moon SH, Jung KO. Inhibition effect of *Doenjang* (fermented Korean soy paste) extracts and linoleic acid on the growth of human cancer cell lines. *J Food Sci Nutr* 2000; 5: 114-118.