

부재료 첨가에 따른 찌개의 항변이원성 검색

최은미 · 윤혜경* · 구성자
경희대학교 식품영양학과, *경원전문대학 가정과

The Study of Anti-mutagenic Activity of Various Additive Materials on Pot-stew

Eun-Mi Choi, Hea-Kyung Yoon* and Sung-Ja Koo
Department of Food and Nutrition, Kyunghee University
*Home Economics, Kyungwon College

Abstract

This study was performed to determine the mutagenicity of pork and ham pot-stew and the anti-mutagenicity of various additive materials on pot-stew by the Ames test using *Salmonella typhimurium* TA100. Boiled kimchi didn't show mutagenicity and effectively inhibited the mutagenicity induced by 4-NQO and Trp-p-1. But boiled pork and ham showed mutagenicity dose-responsively and pork's mutagenicity was higher than that of ham. On the mutagenicity of boiled pork and ham, the inhibition of kimchi was most effective and when scallion and galic was added with mushroom showed synergic effect. Boiled ham made in USA did not show mutagenicity different from ham made in Korea because of the addition of ascorbic acid and when mutagen was added it's mutagenicity was lower than that of ham made in Korea.

Key words: Antimutagenicity, kimchi, ham, pork, pot-stew

I. 서 론

사람에게 암이 발생하는 원인으로는 유전이나 병원체에 의한 요인보다는 인간의 환경적 조건이 더 큰 비중을 차지하며 그 중에서도 날마다 섭취하는 음식은 암을 발생하게 하는 가장 중요한 요소이다¹⁾. Sugimura 등²⁾에 의하면 음식중에 존재하는 발암원은 크게 세가지로 분류되는데, 첫번째는 mycotoxins에 의한 것, 두번째는 음식의 저장, 가공, 조리 중에 발생하는 생산물, 세번째는 인공첨가물에 의한 유도체에 의한 것으로, 이 중에서도 식품의 가공조리시 발생하는 발암성 물질은 노출되는 정도와 발암의 가능성이 가장 높기 때문에 매우 중요하다고 보고하였다.

단백질이 풍부한 식품을 조리할때 발생하는 발암성 aromatic compounds로는 polycyclic aromatic hydrocarbons, N-nitroso compounds, hetero cyclic amins 및 이들의 유도체들이 알려져 있고^{3,4)}, 이들 중에는 그 자체로 발암성을 갖는 직접변이원이 있으며, S9 mixture같은 대사활성물질에 의해 발암활성을 갖는 간접변이원이 있다. 이러한 연구들은 *Salmonella typhimurium* 변이

균주를 이용한 연구로서, Ames와 McCann⁵⁾은 발암성과 돌연변이원성 사이의 상관관계가 83%라고 보고하였다. Ames test는 발암성과의 높은 상관관계 뿐만 아니라 많은 시간과 경비가 소요되는 쥐 실험에 비하여 비교적 저렴한 경비로 단시간에 다양한 측면에서 많은 양의 돌연변이원을 검색해낼 수 있는 장점을 가지고 있다.

한편, 우리나라에서는 단백질 식품인 돼지고기나 햄을 넣어 조리한 김치찌개를 즐겨 먹고 있는데, 여기에 항암식품으로 알려진 버섯, 파, 마늘 등 부재료를 함께 첨가하기도 한다. 조리된 후 단백질의 변화, 첨가물인 질산염에 의한 발암성 여부가 의심되기는 하지만 김치와 여러 부재료에 포함되어 있는 비타민, 무기질, 식이섬유 등의 항암효과를 고려하면 그 위험성이 감소되리라 여겨진다. 또한 배추에 NO₃ 함량이 높고 젓갈에서 유래되는 아민류 때문에 김치가 발효되는 과정에서 발암물질인 nitrosoamine을 생성하지 않을까 하는 우려가 있었으나 박 등⁶⁾의 연구에 의하면 김치내의 여러 생리학적 영양소와 조건들 즉 비타민C, 페놀성 화합물, 아미노산, 젖산균, 유기산 등에 의해 차단

되므로 우려하지 않아도 된다고 발표하였다.

본 연구에서는 우리나라 가정에서 주로 조리되는 김치찌개에 첨가되는 돼지고기, 햄 등 단백질 식품이 조리될 때 생성되는 돌연변이원성과 김치 및 부재료 첨가에 의한 돌연변이원성 억제 효과를 검토하고 육가공제품 첨가물의 안전성에 대한 신뢰를 확보하고자, 직접변이원으로 4-NQO를, S9으로 활성화되는 간접변이원으로 Trp-p-1을 사용하여 *Salmonella typhimurium*의 염기치환형 변이균주인 TA100을 이용한 Ames test를 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용된 김치(제조한 후 14일간 숙성시킨 것), 돼지고기(등심), 햄(국산 A사, 외국산 B사), 표고버섯, 파, 마늘은 회기 시장에서 일괄 구입하여 사용하였다.

양성대조물질로 사용된 4-nitroquinolineoxide(4-NQO), 3-amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido-[4,3-b]-indole (Trp-p-1)은 sigma사에서, Nutrient broth와 agar는 Difco 사로부터 구입하여 사용하였다. 기타 다른 시약도 특급시약을 사용하였다.

S9은 화학 연구소(대전 대덕연구단지 소재)에서 제공받았고, cofactor는 Wako사에서 구입하여 사용하였다.

Ames test에 사용되는 균주로는 *Salmonella typhimurium*의 변이주로서 histidine auxotroph인 TA100을 유전공학연구소(대전 대덕연구단지 소재)에서 분양받아 사용하였고 균주들은 유전형질을 확인한 후 시험에 사용하였다.

2. 시료의 조제방법

본 실험에 사용한 김치, 돼지고기, 햄을 일정한 크기

Table 1. The constituent of samples

Sample	Constituents
1	Kimchi (450 g)
2	Pork (75 g)
3	Pork (75 g), Kimchi (450 g)
4	Pork (75 g), Mushroom (75 g)
5	Pork (75 g), Mushroom (75 g), Scallion (15 g), Galic (3.75 g)
6	Ham (made in USA) (75 g)
7	Ham (made in Korea) (75 g)
8	Ham (made in Korea) (75 g), Kimchi (450 g)
9	Ham (made in Korea) (75 g), Mushroom (75 g)
10	Ham (made in Korea) (75 g), Mushroom (75 g), Scallion (15 g), Galic (3.75 g)

로 자르고, 표고버섯은 물에 1시간 동안 담가 불린 후 물을 꼭 짜서 일정한 크기로 썰고, 파는 채썰고, 마늘은 다져서 준비하였다. 각각의 sample에(Table 1) 증류수 500 ml를 넣고 끓기 시작하면 20분간 더 가열하였고 상온에서 식힌 후 시료무게의 4배에 해당하는 50% methanol을 부어 mixer로 5분간 균질화하고 24시간 동안 추출,여과한 후 evaporator로 감압농축하여 고형물을 얻었으며 -80°C에 보관하면서 실험에 사용하였다.

3. Ames test

(1) Bacterial strain의 유전 형질 확인

1) Histidine requirement

Salmonella typhimurium TA100은 biotin 배지에서는 성장하지 못하나 histidine과 biotin을 혼합한 배지에서는 성장하였으므로 histidine 영양 요구성 균주임을 확인하였다.

2) Rfa mutation

세포막의 구성성분인 지단백질의 부분적인 손실을 유발하여 고분자 물질의 투과성을 높인 *Salmonella typhimurium* 변이주의 기능을 다음과 같이 확인하였다. 8-9시간 배양한 균 배양액 100 ml에 45°C top agar 2 ml 넣어 3초간 저속도로 vortex로 mix한 후 Table 2와 같이 조제한 nutrient broth agar(NA) plate에 도말하였다.

Agar가 완전히 굳은 후 1/4 inch의 멸균 filter paper를 plate 중심에 놓고 Table 3과 같이 조제한 0.1 mg/ml의 농도의 crystal violet 용액 10 µl를 filter paper에 떨어뜨린 다음 37°C에서 12시간 배양한 후 14 mm 정도의 clear zone을 확인하여 고분자인 crystal violet의 세포 투과성을 판단하였다.

3) UvrB mutation

면봉을 이용하여 균 배양액을 NA plate에 평행한 줄무늬 모양으로 그은 후 뚜껑을 연 상태에서 1/2은 멸균한 알루미늄 호일로 덮어 33 cm 거리에서 15-W

Table 2. Ingredient of nutrient agar plate

Ingredient	per liter
Difco bacto nutrient broth	8 g
NaCl	5 g
Agar	15 g
Distilled H ₂ O	1000 ml

Table 3. Ingredient of crystal violet solution

Ingerdient	per 100 ml
Crystal violet	0.1 g
Distilled H ₂ O	100 ml

Table 4. Ingredient of ampicillin plate

Ingredient	per liter
Agar	15 g
Distilled H ₂ O	910 ml
50× VB salt	20 ml
40% glucose	50 ml
Sterile histidine HCl H ₂ O (2 g per 400 ml H ₂ O)	10 ml
Sterile 0.5 mM biotin	6 ml
Sterile ampicillin solution (8 g/ml 0.02 N NaOH)	3.15 ml

uvrB lamp(2650 또는 260 nm)를 8초간 조사한 후 37°C에서 8~9시간 배양하였을 때 uvrB lamp를 조사하지 않은 쪽에서만 성장하였으므로 UV에 의해 파괴된 유전자 복구 능력이 상실되었음을 확인하였다.

4) R-factor

Table 4와 같이 조제한 ampicillin plate에 균 배양액을 잘 펼친 후 37°C에서 하룻밤 배양하여 균이 성장하였으므로 plasmid PKM-101의 존재를 확인하였다.

(2) 양성대조물질의 조제

Trp-p-1과 4-NQO는 각각 2 µg/plate와 0.1 µg/plate 농도로 사용하였다.

(3) Minimal glucose agar plate, top agar 및 histidine-biotin solution의 조제

Minimal glucose agar plate의 배지 조성에 필요한 Vogel-Bonner medium-E(50×)(VB salt)는 Table 5와 같이 조제하여 4°C에 보관하였다. Agar plate 조제 방법은 Table 6과 같은 비율로 VB salt(50×) 20 ml, 40% glucose 50 ml, 증류수 930 ml와 agar 15 g이 첨가된 각각의 flask를 멸균시켜서 60°C 정도 되면 혼합한 후

Table 5. Ingredient of Vogel-Bonner (VB) medium-E (50×)

Ingredient	per liter
Warm distilled Water (45°C)	670 ml
Magnesium sulfate (MgSO ₄ · 7H ₂ O)	10 g
Citric acid monohydrate	100 g
Potassium phosphate dibasic (anhydrous) (K ₂ HPO ₄)	500 g
Sodium ammonium phosphate (NaH ₂ NH ₄ PO ₄ · 4H ₂ O)	175 g

Table 6. Ingredient of minimal glucose agar plates

Ingredient	per liter
Agar	15 g
Warm distilled water	930 ml
50× VB salts	20 ml
40% glucose	50 ml

Table 7. Ingredient of top agar medium

Ingredient	per liter
Agar	6 g
Sodium Chloride (NaCl)	5 g
Distilled H ₂ O	1000 ml

Table 8. Ingredient of histidine/biotin solution

Ingredient	per 250 ml
D-Biotin (F.W.247.3)	30.9 mg
L-Histidine HCl (F.W.191.7)	24.0 mg
Distilled H ₂ O	250 ml

petri dish에 20~30 ml씩 분주하여 평판 고형화시켜 37°C의 incubator에 1일 보관한 후 실험에 사용하였다. Top agar의 조제는 Table 7과 같이 하였으며, histidine 요구성을 조사하기 위한 histidine/biotin 용액은 Table 8과 같이 조제하여 멸균한 후 4°C에 보관하면서 실험할 때마다 top agar 100 ml당 histidine/biotin 용액 10 ml의 비율로 혼합하여 실험에 사용하였다.

(4) S9 mix의 조제

S9 mix의 구성 성분은 Table 9와 같다. Cofactor 10 ml을 여과 멸균한 후 Aroclor-1254로 유도된 rat liver S9을 4% 농도가 되도록 잘 혼합하여 plate당 0.5 ml를 증류수 대신 사용하였다.

(5) Mutagenicity Test

Ames test를 개량한 preincubation법⁷⁾을 적용시켰고, *Salmonella typhimurium* tester strains TA100을 사용하였다. S9 mix를 사용하지 않았을 경우에는 4-NQO를, S9 mix를 사용했을 경우에는 Trp-p-1를 positive control로 사용하였다. 김치, 돼지고기, 햄의 경우 초기의 무게 0.0025, 0.005, 0.01, 0.02 g에 해당하는 농도의 methanol 추출물을 시료로 하여 4가지 유전형질 test를 통과한 *Salmonella typhimurium* TA100을 이용하여 변이원성을 검색한 결과 가장 높은 변이원성을 보인

Table 9. Ingredient of S9 mix

Ingredient	per 50 ml
Rat liver S9	2.0 ml
Sterile distilled H ₂ O	48.0 ml
Cofactor	
MgCl ₂ 6H ₂ O	81.5 mg
KCl	123.0 mg
G-6-P	85.0 mg
NADPH	181.0 mg
NADH	152.5 mg
Na ₂ HPO ₄	598.0 mg
NaH ₂ PO ₄ 2H ₂ O	123.5 ml

Test compounds

- ↓ Add 0.5 ml sterile distilled H₂O or 0.5 ml S9mix
- ↓ Add 0.1 ml cell suspension (overnight)

Preincubate for 20 min at 37°C

- ↓ Add 2 ml top agar containing 10% his/bio solution

Pour on the minimal glucose agar plate

↓

Incubate for 2 days at 37°C

↓

Count revertant colony**Fig. 1. Procedure for mutagenicity test.**

0.02 g 농도를 기준으로 하였다.

Test의 순서는 우선 각 농도의 methanol 추출물을 취한 후, plate당 0.02 g의 농도가 되도록 DMSO를 넣어 잘 녹인 후 멸균하여 실험에는 plate당 0.1 ml을 사용하였다. 멸균한 증류수 0.5 ml 또는 4%의 S9를 함유한 S9 mix 0.5 ml와 위에서 만든 test compounds 0.1 ml, 미리 배양한 균주 0.1 ml($1\sim 2 \times 10^9$ cell/ml)를 잘 섞어 37°C에서 20분간 예비 배양한 후, 10%의 histidine/biotin solution을 넣은 top agar와 함께 잘 섞어 미리 만들어 놓은 minimal glucose agar plate에 도말하여, 37°C에서 48시간 배양하여 생긴 his⁺ revertant colony를 계측하여 돌연변이원성의 유무를 판정하였다. 모든 실험은 한 농도 당 3개의 평판 고형배지를 사용하였다. Mutagenicity test의 순서는 Fig. 1과 같다.

III. 결과 및 고찰**1. 주재료의 가열조리에 의해 생성되는 변이원성의 농도별 비교**

김치찌개의 주재료인 김치, 돼지고기, 햄이 조리되었을 때 변이원이 생성되는지의 유무를 확인하기 위해 돌연변이원성 검색에 널리 이용되고 있는 4가지 유전 형질 test를 통과한 *Salmonella typhimurium* TA100을 사용하여 Ames test를 실시한 결과는 Table 10과 같다.

Table 10. Mutagenicity of the extract of boiled kimchi, pork and ham in the Ames test

Extract	Concentration of original weight (g/plate)			
	0.0025	0.005	0.01	0.02
Kimchi	76±5	104±21	121±21	135±21
Pork	183±12	240±15	288±23	361±12
Ham	173±16	203±12	216±24	253±15

No. of revertants: triple mean ± S.E.

Spontaneous revertants: 207±3.

Positive control: 4-NQO (0.1 µg/plate) ⇒ 423±21.

Trp-p-1 (2 µg/plate) with S9 mix ⇒ 691±11.

김치 추출물의 복귀돌연변이균수는 시료의 농도를 증가시켜도 그 수가 대조군인 자연복귀돌연변이균수보다 증가되지 않은 것으로 보아 사용된 농도에서 김치의 돌연변이성은 없는 것으로 확인되었다.

햄 추출물의 복귀돌연변이균수는 0.005 g/plate 농도까지는 대조군보다 적어 돌연변이성이 없었으나 0.01 g/plate 이상의 농도에서는 대조군보다 농도 의존적으로 증가하는 경향을 보여 돌연변이원성을 나타내었다.

돼지고기의 경우는 0.005 g/plate 농도부터 대조군보다 복귀돌연변이균수가 농도 의존적으로 상당히 증가하여 0.02 g/plate 농도에서 가장 높은 돌연변이원성을 나타내었으나 positive control로 사용된 변이원보다는 낮아 직접변이원인 4-NQO(0.1 µg/plate)의 85%, 간접변이원인 Trp-p-1(2 µg/plate)의 52% 정도였다.

실험결과 돌연변이원성은 햄보다 돼지고기의 가열 시 더 증가함을 알 수 있었다. 국산햄에 포함된 첨가물로는 소맥전분, 식염, 백설탕, 대두단백, 아질산나트륨 등이 있는데, 항균작용과 발색을 위해 사용된 아질산나트륨은 발암물질인 nitrosoamine을 생성하는 것으로 알려져 있는 반면, 함유된 소금은 질산염을 아질산으로 환원해 주는 역할을 한다고 한다⁹. 햄은 돼지고기보다 상대적으로 생육의 함량이 적고 아질산나트륨도 안전성이 인정된 소량으로 첨가되었기 때문에 돼지고기보다 적은 변이원성을 나타내지 않았나 생각되었다.

2. 김치 및 부재료들의 돌연변이 억제 효과**Table 11. Mutagenicity of the extract of boiled sample by the Ames test on TA100**

sample*	without chemical mutagen	with direct mutagen** (4-NQO)	with indirect mutagen*** (Trp-p-1+S9 mix)
1	136±13	225±35	412±13
2	362±23	1239±62	1558±21
3	184±11	396±23	842±21
4	308±31	512±12	1110±15
5	289±26	368±18	860±8
6	209±15	1064±31	918±28
7	266±14	1164±21	1364±35
8	201±20	467±12	696±21
9	191±16	840±13	842±21
10	246±11	554±19	833±21

No. of revertants: triple mean ± S.E.

*Concentration of original weight: 0.02 g/plate.

1: kimchi, 2: pork, 3: 2+kimchi, 4: 2+mushroom, 5: 2+mushroom+scallion+galic, 6: ham (made in USA), 7: ham (made in Korea), 8: 7+kimchi, 9: 7+mushroom, 10: 7+mushroom+scallion+galic.

Spontaneous revertants/plate: 222±3

**Positive control, 4-NQO (0.1 µg/plate): 423±21.

***Positive control, Trp-p-1 (2 µg/plate) with S9 mix: 691±11.

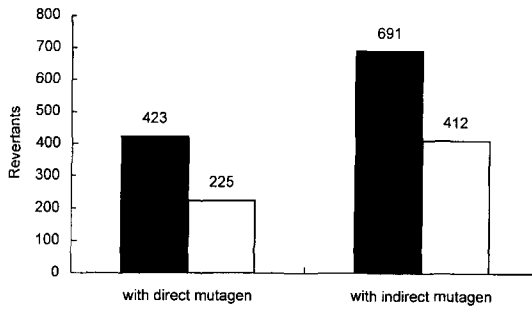


Fig. 2. Antimutagenicity of kimchi extract. ■ Positive control, □ Kimchi treatment (Spontaneous revertants: 207).

(1) 변이원에 대한 김치의 억제 효과

우리나라 사람들은 김치를 이용한 찌개를 즐겨 먹는데, 조리된 김치가 과연 변이원의 돌연변이활성에 어떤 영향을 미치는지 알아보았다(Table 11).

Fig. 2에서 보는 바와 같이 직접변이원으로 4-NQO를 사용하였을때 김치 추출물은 직접변이원의 돌연변이활성을 98.5% 억제하였으며, 간접변이원으로 Trp-p-1을 사용하여 S9 mix를 첨가했을때 김치 추출물은 간접변이원의 돌연변이활성을 59.5% 억제하였다. 돌연변이활성은 직접변이원보다 간접변이원이 더 컸으며 김치는 간접변이원보다 직접변이원을 더 효과적으로 억제하였다.

(2) 가열된 돼지고기의 변이원성에 대한 다른 재료들의 억제 효과

먼저, 변이원을 첨가하지 않고 돼지고기 가열에 의해 자체적으로 생성된 변이원에 대해 기타 재료들이

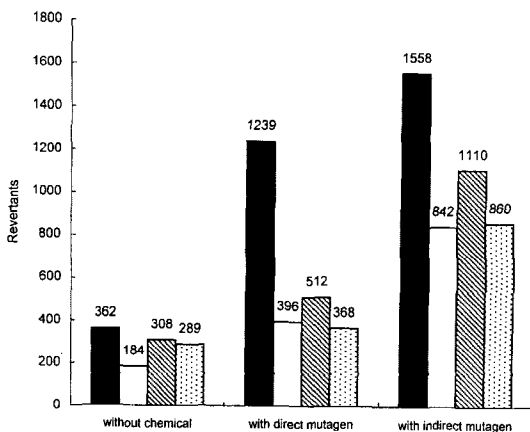


Fig. 3. Effect of various materials on mutagenicities of pork. ■ pork, □ pork+kimchi, ▨ pork+mushroom, ▤ pork+mushroom+scallion+galic (Spontaneous revertants: 222).

어느 정도 억제하는지를 알아보았다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 돼지고기만 가열한 경우 대조군에 비해 변이원성이 1.6배 증가했으나 여기에 김치를 첨가한 경우 돼지고기의 변이원성이 완전히 억제되었고 표고버섯을 첨가한 경우에는 38.6% 억제되었으며 표고버섯, 파, 마늘을 첨가한 경우에는 52.1%가 억제되었다. 즉 돼지고기로 인해 자체 생성된 변이원성에 대한 억제 효과는 김치>표고버섯+파+마늘>표고버섯 순이었다.

또한 직접변이원인 4-NQO를 첨가하였을때 변이원성은 돼지고기 자체에서 형성된 변이원성보다 약 3배 증가하였으나 여기에 김치를 첨가한 경우 82.9%, 표고버섯을 첨가한 경우 71.5%, 표고버섯+파+마늘을 첨가한 경우 85.6% 억제되어 그 억제효과는 표고버섯+파+마늘>김치>표고버섯 순임을 알 수 있었다.

S9 존재하에 간접변이원인 Trp-p-1을 첨가하였을때는 변이원성이 돼지고기 자체에서 형성된 경우보다 약 4배 증가하였으나 여기에 김치를 첨가한 경우 53.6%, 표고버섯을 첨가한 경우 33.5%, 표고버섯+파+마늘을 첨가한 경우 52.2% 억제되어 그 효과는 김치>표고버섯+파+마늘>표고버섯 순임을 알 수 있었다.

(3) 조리된 햄의 변이원성에 대한 다른 재료들의 억제 효과

먼저, 변이원을 첨가하지 않고 햄 가열에 의해 자체적으로 생성된 변이원에 대해 기타 재료들이 어느 정도 억제하는지를 알아보았다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 햄만 가열한 경우 대조군에 비해 변이원성이 약 1.2배 증가했으나 여기에 김치나 표고버섯을 첨가한 경우 햄의 변이원성이 완전히 억제되었고 표고버섯, 파, 마늘을 첨가한 경우에는 45.5%가 억제되었다.

또한 직접변이원인 4-NQO를 첨가하였을때 변이원

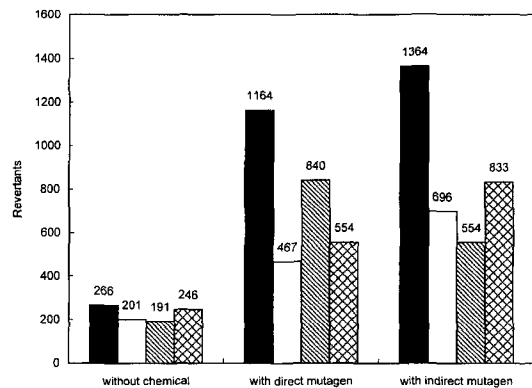


Fig. 4. Effect of various materials on mutagenicities of ham. ■ ham, □ ham+kimchi, ▨ ham+mushroom, ▤ ham+mushroom+scallion+galic (Spontaneous revertants: 222).

성은 햄 자체에서 형성된 것보다 약 4배 증가하였으나 여기에 김치를 첨가한 경우 74%, 표고버섯을 첨가한 경우 34.4%, 표고버섯+파+마늘을 첨가한 경우 64.8% 억제되어 그 억제효과는 김치>표고버섯+파+마늘>표고버섯 순임을 알 수 있었다.

S9 존재하에 간접변이원인 Trp-p-1을 첨가하였을 때는 변이원성이 햄 자체에서 형성된 것보다 약 5배 증가하였으나 여기에 김치를 첨가한 경우 58.5%, 표고버섯을 첨가한 경우 45.7%, 표고버섯+파+마늘을 첨가한 경우 46.5% 억제되어 그 효과는 김치>표고버섯+파+마늘>표고버섯 순임을 알 수 있었다.

따라서 돼지고기와 햄의 변이원성에 대하여 대체로 김치의 억제효과가 가장 컸고 표고버섯 한 종류보다는 파, 마늘같은 부재료를 함께 첨가했을 때 그 효과가 컸음을 알 수 있었다. 김치는 배추, 짓갈류, 고춧가루 등의 재료, 발효생성물 등으로 인한 풍부한 비타민과 무기질, 식이섬유 및 각종 생리활성성분의 존재로 인해 항암효과의 가능성이 연구되어져 왔고¹⁰⁾, 본 실험에서도 54~100%의 돌연변이 억제효과를 보여 김치찌개의 우수성이 확인되었다. 마찬가지로 항암식품으로 알려진 표고버섯^{11,12,13)}은 구성당질 중 6종류의 다당체가 항암양성을 나타낸다고 하였는데 본 실험에서도 33% 이상의 억제효과를 나타내었다. 파와 마늘은 김치에도 포함되고 찌개에 부재료로 많이 이용되는 식품으로 항균, 항암성이 주목되어 연구되어 왔는데¹⁴⁾ 이를 표고버섯과 함께 첨가한 결과 돌연변이 억제효과는 표고버섯 단독 첨가시보다 더 증가하였다.

3. 국산햄과 미국산햄의 변이원성 비교

돼지고기의 가공제품인 햄에는 여러 첨가물이 함유되어 있다. 따라서 첨가물의 종류에 따라 가열된 돼지고기의 변이원성이 어떻게 영향을 받는지 알아보하고자 국산햄과 미국산햄의 변이원성을 비교하였다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 미국산햄의 경우 0.02 g/plate 농도로 가열했을 때 돌연변이원성이 나타나지 않았으나 직접변이원인 4-NQO를 첨가했을 때 변이원성이 약 5배 증가하였고, S9 존재하에 간접변이원인 Trp-p-1을 첨가했을 때는 약 4배 증가하였다.

국산햄의 경우 0.02 g/plate 농도로 가열했을 때 자체내에서 생성된 변이원성이 대조군에 비해 약 1.2배 증가하였으며 직접변이원인 4-NQO를 첨가했을 때 변이원성은 자체적으로 생성된 경우보다 약 4배 증가하였고, S9 존재하에 간접변이원인 Trp-p-1을 첨가했을 때는 약 5배 증가하였다. 또한 전체적으로 볼 때 국산햄의 변이원성이 미국산햄보다 큰 값을 나타내었다.

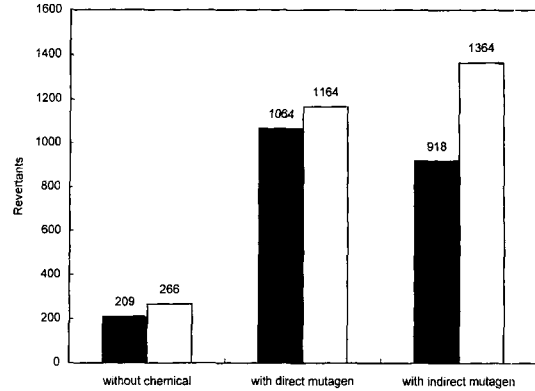


Fig. 5. Mutagenicity of boiled ham made in USA and Korea. ■ Hamn made in USA, □ Ham made in Korea (Spontaneous revertants: 222).

미국산햄에는 국산햄과는 달리 ascorbic acid가 상당량 첨가되어 있었다. 육가공품 제조시 ascorbic acid 첨가는 영양적 성분으로서의 효과는 중요하지 않으나 염지축진, 항산화, 육색 유지, nitrosamine 생성 감소, *C. botulinum* 발육 억제의 목적으로 사용된다고 한다. 따라서 미국산햄 가열로 변이원이 적게 생성된 것은 항산화제인 ascorbic acid 때문으로 사료되었다.

IV. 요 약

돼지고기와 햄을 이용한 찌개에서 생성되는 돌연변이원성과 김치, 표고버섯, 파, 마늘이 부재료로 첨가되었을 때의 억제효과를 검토하고 국산햄과 외국산햄의 차이를 알아보하고자 변이원으로 4-NQO, Trp-p-1을 사용하여 염기치환형 변이균주인 *Salmonella typhimurium* TA100을 이용한 Ames test를 실시하였다.

1. 0.025-0.02 g/plate 농도에서, 김치는 가열했을 때 변이원성이 나타나지 않았고 4-NQO, Trp-p-1의 변이원성을 효과적으로 억제하였다. 햄과 돼지고기는 가열시 변이원이 자체적으로 생성되었고 돼지고기 0.02 g/plate 농도에서 가장 큰 값을 나타내어 육가공품에 첨가된 아질산염에 대한 안전성을 확보할 수 있었다.

2. 가열된 돼지고기와 햄의 변이원성에 대하여 대체로 김치 첨가시 억제효과가 가장 컸고, 표고버섯 한가지보다는 표고버섯에 파, 마늘을 함께 첨가했을 때 억제효과가 더 컸다.

3. 외국산햄은 국산햄과 달리 항산화제인 ascorbic acid가 더 많이 첨가되어 있어 0.02 g/plate 농도에서 가열에 의해 변이원이 생성되지 않았고 변이원 존재시 국산햄보다 낮은 변이원성을 나타내었다.

참고문헌

1. Hiroko Ohgaki, Shozo Takayama and Takashi Sugimura: Carcinogenicities of heterocyclic amines in cooked food, *Mutation Res.*, **259**, 399 (1991).
2. Takashi Sugimura and Shigeaki Sato: Mutagens-carcinogens in foods, *Cancer Res. (Suppl.)*, **43**, 2415 (1983).
3. Lijinsky, W. and Shubik, P.: Benzo(a)pyrene and other polynuclear hydrocarbons in charcoal-broiled meat, *Science*, **145**, 53 (1963).
4. Ohnishi, Y., Kinouchi, T., Tsutsui, H., Uejima, M. and Nishifuji, K.: Mutagenic nitropyrenes in food, Japan Sci. Soc. Press, Tokyo/VNU Sci. Press, Utrecht, 107 (1986).
5. Ames, B.N. and McCann, J.: Validation of the Salmonella test, *Cancer Res.* **41**, 4192.
6. 최선미: 김치발효 중의 Nitrate와 Nitrite 함량변화와 N-Nitrosomethylamine 생성, 부산대학교 대학원 석사학위논문 (1991).
7. Spingarn, N.E. and Weisburger, J.H.: Formation of mutagens in cooked foods, I. Beef, *Canc. Lett.*, **7**, 259 (1979).
8. Felton, J.S., Healy, S., Stuermer, D., Berry, C., Timourian, H., Hatch, F.T., Moris, M. and Bjeldanes, L.F.: Mutagens from the cooking of food, *Mutat. Res.*, **88**, 33 (1981).
9. 이무하: 육가공제품의 안전성. 식품과학과 산업 **23**(4), 26 (1990).
10. 박건영: 김치의 영양학적 평가와 항돌연변이 및 항암 효과. 한국영양식량학회지 **24**(1), 169 (1995).
11. 손용규: 표고버섯. 국민영양 141호, 30 (1992.9).
12. 광은경: 표고버섯과 구름버섯의 원형질체 융합균주의 항암성분에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문 (1994).
13. 장학길: 식용버섯. 국민영양 162호, 28 (1994.10).
14. 박건영, 김소희, 서명자, 정해영: 마늘의 돌연변이 유발억제 및 HT-29 결장암 세포의 성장저해효과. 한국식품과학회지 **23**(3), 366 (1991).

(1998년 11월 27일 접수)