Journal of Korean Association
of Cancer Prevention
2001; 6(2): 108-115

고추의 종류 및 부위에 따른 돌연변이유발 억제효과

부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

최선미 · 전영수 · 정근옥 · 박건영

Antimutagenic Effects of Different Kinds and Parts of Red Pepper/Powder on the N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine(MNNG)-Induced Mutagenicities

Sun-Mi Choi, Young-Soo Jeon, Keun-Ok Jung and Kun-Young Park

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

Antimutagenic effect of red pepper powder (RPP) produced in Korea depending on the varieties and producing districts were studied against N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG) in Ames test and SOS chromotest. The antimutagenic activities of green pepper, red pepper and different parts of dried red pepper were also evaluated in the same experimental systems. RPP samples exerted the different antimutagenicity according to the varieties and producing districts in the Ames test using *Salmonella typhimurium* TA100. Antimutagenicity was the highest in Myungpum RPP among varieties and in Youngyang RPP among producing districts. In SOS chromotest, these RPP also showed higher inhibitory effect than other RPP samples. The revertants of the *Salmonella typhimurium* TA100 strain induced by MNNG were significantly decreased when the extract of green pepper added to the test system. Inhibitory effect of the green pepper on SOS response of *E. coli* PQ37 was higher than that of the extract from red pepper and dried red pepper (DRP). Antimutagenicity was different according to the parts of DRP. Seed had strong inhibitory effects on the mutagenicity induced by MNNG, while pericarp showed low inhibition rate in the Ames test. In the SOS chromotest, the patterns of antimutagenic effects were almost same as shown in the Ames test system. Seed in DRP exhibited lower SOS induction factor than pericarp and placenta. These results indicate that the variety and producing district of RPP differ the degree of the antimutagenicity of the RPP. Green pepper rather than red pepper, and the seed in the part of DRP have strong antimutagenicity.

Key Words: Red pepper powder, Antimutagenicity, MNNG

책임저자 : 박건영, ㉾ 609-735, 부산시 금정구 장전동 30, 부산대학교 식품영양학과
Tel: 051-510-2839, Fax: 051-514-3138, E-mail: kunypark@pusan.ac.kr

서 론

고추(*Capsicum annuum* L.)는 가지과에 속하는 식물로 남미 아마존강 유역이 원산지이며 유럽을 거쳐 우리나라에는 약 400여년 전에 전래되었다.[1] 고추는 비타민 C와 carotenoid 등의 영양성분이 풍부할 뿐 아니라 capsaicin 등에 의한 그 독특한 매운맛이 한국민의 기호성과 부합하여 우리의 고유 향신료로서 자리잡게 되었다. 고추는 대부분이 분말가공한 고춧가루로서 양념용으로 뿐 아니라 전통 식품인 김치, 고추장의 중요한 부재료로서 이용되고 있으며 풋고추 또는 성숙한 붉은 물고추로서 생식 외에 볶음, 절임 등으로 다양하게 이용된다. 또한 종자에서 짜낸 기름을 식용하기도 한다.[2]

고추는 길이에 의해 분류되는데 크게 대과종, 중대과종, 소과종으로 나뉜다. 소과종은 7 cm 이하, 중대과종은 7~12 cm, 대과종은 12 cm 이상의 고추를 말하며 고춧가루제조에 사용되는 고추는 모두 대과종으로 대명, 명품, 조홍, 청양 등이 대표적인 품종으로 이용되고 있다. 국내에서 고추의 주요 생산지는 경상도, 전라도, 충청도의 3곳으로 크게 분류되며 경상도에는 영양, 청송, 봉화, 안동지역이고 전라도에는 임실, 순창, 영광, 진도지역이며 충청도에는 괴산과 제천지역이다. 고추의 생산 산지에서는 주로 농협 고춧가루 가공공장에서 고춧가루가 가공되어 시중에 판매되고 있으며, 여러 종묘회사에서는 우수한 고추 생산을 위해 품종개량을 계속하고 있다. 일반적으로 고추는 대부분 농가별로 그 경작면적이 소규모이고 고추품종에 따라 또는 동일한 품종이라도 온도, 강수량, 토질, 시비조건 등의 재배 지역과 환경 그리고 건조, 저장, 분쇄 등의 가공조건에 의해 고춧가루의 품질이 크게 좌우된다.[3]

고추는 성숙과정을 거치면서 그 성분들이 변화하는데 풋고추의 과피는 개화 후 50일 정도가 지나면 붉은색이 되며 이는 carotenoid 색소인 capsanthin의 생성 때문인 것으로 알려져 있다.[4] 권등[5]은 직접돌연변이원인 MNNG에 대해 풋고추는 항돌연변이효과가 높았으나 홍고추는 항돌연변이효과가 낮거나 오히려 보돌연변이효과를 나타내었다고 하여 고추의 숙성도와 색깔에 의한 돌연변이유발 억제효과가 달랐다.

홍고추는 건조하여 고춧가루로 제조하여 일반적으로 사용한다. 건조 고추는 꼭지, 과피, 태좌, 종자의 4부분으로 나누어지는데 꼭지는 조회분과 조섬유가 많고 과피는 수분과 당이 많다. 태좌에는 capsaicin의 함량이 높고, 종자에는 조지방과 조단백이 많이 함유되어 있으며, linoleic acid가 60% 이상 함유되어 있다.[6,7] 공장에서 고춧가루의 제조시 꼭지는 버리고 태좌, 과피, 종자를 마쇄하여 제품으로 생산하는데 고춧가루는 매운맛과 붉은 색이 중요시되기 때문에 종자의 첨가비율을 조절하고 있는 실정이다.

이와 같이 고추와 고춧가루는 종류와 부위에 따라 영양성분 뿐 아니라 항돌연변이활성 등 기능성이 다르게 나타날 수 있다. 따라서 본 연구에서는 고춧가루의 품질에 가장 크게 영향을 미치는 품종과 산지 및 숙성단계와 부위에 따라 돌연변이 유발성에 미치는 영향이 어떻게 달라지는 지를 Ames 실험계와 SOS 실험계에서 검토하였다.

재료 및 방법

1) 시료의 조제

(1) 고추 시료: 고춧가루는 1998년 국내산을 이용하였으며, 품종의 경우는 대표적인 품종이며 대과종인 대명(Daemyung), 명품(Myungpum), 조홍(Johong), 청양(Chungyang)을 경기도 오산연구소에서 1998년에 그리고 산지에 따라서는 경상도 지역의 영양(Youngyang), 안동(Andong), 창녕(Changnyoung), 전라도 지역의 정읍(Jungop), 영광(Youngkwang), 순창(Soonchang), 충청·경기지역의 제천(Jechun), 괴산(Koisan), 이천(Leechun)산을 각 지역의 농협 청결고춧가루 가공공장에서 구입하였다. 풋고추, 홍고추, 건고추는 밀양 농협을 통해 녹광품종으로 재배된 숙성단계별 및 가공품을 구입하였고 건조고추는 안동농협고춧가루 가공공장에서 구입하여 과피, 태좌, 씨로 각각 나누어 분쇄하여 35 mesh 채에 통과시켜 이용하였다.

(2) 추출물 조제: 모든 시료는 동결건조시켰고 각각의 시료를 마쇄하여 분말로 조제하였다. 분말시료에 20배(w/v)의 메탄올을 첨가하여 12시간 교반을 2회 반복하여 여과한 후 회전식 진공 농축

기로 농축하여 메탄올 추출물(methanol extract)을 얻었다. 이들 추출물들은 dimethyl sulfoxide (DMSO)에 희석하여 실험에 사용하였다.

2) Ames 돌연변이 유발 실험

(1) 실험균주 및 돌연변이 유발물질: *Salmonella typhimurium* TA100은 *Salmonella typhimurium* LT-2의 histidine 요구성 균주로서 미국 California대학의 B. N. Ames박사로부터 제공받아 정기적으로 histidine 요구성, deep rough (*rfa*) 돌연변이, *uvr*B 돌연변이, R factor 등의 유전형질을 확인하면서 실험에 사용하였다. 돌연변이 유발물질인 N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG)는 Aldrich Chemical Co. (USA)에서 구입하여 증류수에 녹여 실험에 사용하였다.

(2) 시료의 독성실험 및 돌연변이 유발물질의 농도 결정: 균주에 대한 시료의 독성유무를 살펴보기 위해서 실험에 사용하기 전에 독성실험을 행하여 독성이 나타나지 않는 범위 내에서 시료의 농도를 결정하였다. 먼저 멸균된 cap test tube에 top agar 2 ml를 분주한 후, 균주 100㎕(1～2×10^9 cells/ml)와 시료를 첨가하고 가볍게 vortex한 후 nutrient agar plate에 분주, 고화시켜서 37°C에서 24시간 배양시킨 다음, 그 독성유무를 판정하였다.[8,9]

(3) 항돌연변이 효과 실험: 항돌연변이 실험은 preincubation mutagenicity test[10]를 이용하여 미리 건열 멸균시킨 cap test tube에 인산 완충액 0.5 ml, 하룻밤 배양된 균주 0.1 ml (1～2×10^9 cells/ml)와 돌연변이 유발물질(50㎕) 및 희석된 된장 시료(50㎕)를 가하여 37°C에서 20분간 예비 배양한 다음 histidine/biotin이 첨가된 top agar(45°C) 2 ml씩을 가하고 3초간 vortex하여 minimal glucose agar plate에 도말하고 37°C에서 48시간 배양한 후 revertant 숫자를 계수하였다.

돌연변이 억제효과의 정도(inhibition rate)는 아래 식에 의해 계산하였다.

$$\text{Inhibition rate } (\%) = 100\times[(a-b)/(a-c)]$$

여기서 a는 돌연변이원에 의해 유도된 복귀돌연변이수, b는 시료를 처리하였을 때의 복귀돌연변이의 수이며, c는 돌연변이원과 시료가 없을 경우의 자연 복귀돌연변이의 수이다.

3) SOS chromotest

(1) 돌연변이 유발물질: Direct mutagen인 N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG)는 Aldrich Chemical Co. (USA)에서 구입하여 증류수에 녹여 실험에 사용하였다.

(2) 항돌연변이 효과 실험: Quillardet의 방법을 변형시킨 백과 함[11]의 방법을 사용하였다. 냉동 보관된 균주 50㎕를 5 ml의 L medium에 접종하고 37°C에서 흡광도가 0.3～0.4에 이를 때까지 2시간 동안 진탕 배양시킨 후, 여기서 얻은 균주를 L medium에 1/10로 희석하였다. 각 농도별로 준비된 시료와 돌연변이 유발물질이 혼합된 것 20㎕를 미리 분주해 둔 96 well plate의 각 well에 위의 희석된 균주 100㎕씩 분주하고 90분간 37°C에서 진탕 후 SOS 반응을 유도한 후 한쪽에는 β-galactosidase의 활성 측정을 위해 ONPG (*o*-nitrophenyl-β-D-galactopyranoside) 100㎕, 다른 쪽에는 alkaline phosphatase의 활성측정을 위해 PNPP (*p*-nitrophenyl phosphate disodium) 100㎕를 첨가하였다. 발색시간은 10분으로 하였으며 β-galactosidase는 1.5 M Na_2CO_3 100㎕, alkaline phosphatase는 1 M HCl 50㎕로 효소에 의한 발색반응을 정지시키고 5분 후 alkaline phosphatase쪽에 50㎕의 2 M Tris buffer를 첨가하여 HCl을 중화하고 spectrophotometer로 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 O.D. 420 nm값은 Miller[12]의 공식에 의해 enzyme unit (Eu)값을 구하였다.

$$Eu = \frac{(1000\times A_{420})}{t\ (\text{min.})}$$

4) 통계분석

실험 data로부터 ANOVA를 구한 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 통계분석을 행하였다.

결 과

1) 품종과 산지가 다른 고춧가루의 항돌연변이 효과

고추의 품종과 산지에 따라 제조된 고춧가루의 항돌연변이 효과를 검토하기 위해 *Salmonella typhimurium* TA100 균주에서 MNNG에 대한 항돌연변이 효과를 검토한 결과는 Table 1과 같다. 품종 중에서는 명품과 청양이 높은 항돌연변이 효과를 보여 1.25 mg/plate 농도에서 모두 MNNG에 의한 돌연변이를 50% 이상 억제하였다. 산지에 따른 고춧가루의 항돌연변이효과는 영양, 안동, 이천산 고춧가루가 높았는데 특히 영양산 고춧가루는 1.25 mg/plate에서 61%의 돌연변이유발 억제효과를 보였다. SOS chromotest에서 MNNG에 대한 품종과 산지별 고춧가루의 SOS 반응억제효과를 살펴본 결과(Table 2)도 Ames 실험계에서와 유사한 경향을 보였다. 품종 중에서 명품과 청양이 높은 돌연변이유발 억제효과를 나타내었는데 그 중 명품이 가장 높은 항돌연변이효과를 보여 100㎍/plate 농도에서 49%의 항돌연변이효과를 나타내었다. 산지에 따른 고춧가루의 항돌연변이효과를 비교했을 때 영양과 괴산산의 고춧가루는 모두 MNNG에 의한 *E. coli* PQ37의 SOS response를 50% 이상 억제하여 높은 항돌연변이효과를 나타내었다.

Table 1. Antimutagenic effect of methanol extracts from varities and producing districts of red pepper powder against N-methyl-N'-nitro-nitrosoguanidine (MNNG, 0.4㎍/assay) in *Salmonella typhimurium* TA100

Treatment	Revertants/plate (level of sample, mg/plate)	
	0.625	1.25
Spontaneous	103±7	
Control (MNNG)	1263±34^{Aa}	
Varieties		
Daimyung	940±25^{B} (28)[1)]	771±22^{C} (42)
Myungpum	862±10^{C} (35)	606±24^{E} (57)
Chungyang	882±23^{C} (33)	661±18^{D} (52)
Johong	954±25^{B} (27)	830±17^{B} (37)
Producing districts		
Youngyang	831±23^{d} (37)	559±15^{f} (61)
Andong	867±23^{d} (34)	652±17de (53)
Changnyoung	1002±28^{a} (23)	868±19^{a} (34)
Jongop	937±31^{bc} (28)	741±18^{c} (45)
Youngkwang	960±22^{ab} (26)	842±23^{a} (36)
Soonchang	950±18^{b} (27)	850±25^{a} (36)
Jechun	970±26^{ab} (25)	782±18^{b} (42)
Koisan	903±27^{c} (31)	669±14^{d} (51)
Leechun	831±16^{d} (37)	608±13^{e} (55)

[1)]The values in parentheses are the inhibition rates (%), $^{A\sim E, a\sim f}$Means with the different letters (capital or small letters) in the same column are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

2) 고추 종류별 항돌연변이 효과

동일한 품종으로 재배된 고추를 성숙단계에 따라 수확하여 풋고추, 홍고추로 이용하고 이 홍고추를 건조하여 건조고추로 하였다. 이들 풋고추, 홍고추, 건조고추의 메탄올 추출물로 Ames test를 실시하여 MNNG에 대한 항돌연변이효과를 비교한 결과는 Table 3과 같다. 홍고추나 건조고추에 비해 풋고추의 항돌연변이 효과가 높았는데 풋고추는 2.5 mg/plate의 농도에서 75%의 높은 돌연변이유발 억제효과를 보였다. SOS chromotest에서도 홍고추나 건조고추는 30% 내외의 낮은 항돌연변이효과를 보인 반면 풋고추는 MNNG에 의한 SOS response를 66% 억제하여 높은 항돌연변이효과를 보였다.

3) 고추의 부위별 항돌연변이 효과

건조홍고추의 부위별 항돌연변이효과를 Ames test에서 비교한 결과는 Table 5와 같다. 과피는 고추전체보다 낮은 항돌연변이효과를 보여 2.5 mg/plate의 농도에서도 MNNG에 의한 돌연변이유발을 15% 억제하였다. 반면 종자는 고추 부위 중 항돌연변이효과가 가장 높아 0.625 mg/plate의 낮은 농도에서도 59%의 높은 돌연변이유발억제효과를 보였다. 한편 태좌 부위는 과피와 종자 중간정도의 항돌연변이 활성을 보였다. SOS chromotest에서도 고추전체와 과피는 100㎍/plate 농도에서 30% 내외의 낮은 항돌연변이효과를 보인 반면 종자는 69%의 SOS 반응억제효과를 나타내었다.

Table 2. SOS response of methanol extracts (100㎍/assay) from varities and producing districts of red pepper powder against N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG, 40 ng/assay) in *E. coli* PQ37

Treatment	β-Galactosidase (β)		Alkaline phosphatase (p)		(β)/(p)	SOS induction factor	Inhibition rate (%)
	OD420	Unit	OD420	Unit			
Spontaneous	0.585	19.5	0.492	16.4	1.19	1.00	
Control	1.164	38.8	0.496	16.5	2.35	1.97	
Varieties							
Daemyung	0.927	30.9	0.485	16.2	1.91	1.61	38
Myungpum	0.889	29.6	0.499	16.6	1.78	1.50	49
Chungyang	0.885	29.5	0.480	16.0	1.84	1.55	43
Johong	0.940	31.3	0.493	16.4	1.91	1.60	38
Producing districts							
Youngyang	0.831	27.7	0.489	16.3	1.70	1.43	56
Andong	0.880	29.3	0.485	16.2	1.81	1.52	46
Changnyoung	0.969	32.3	0.491	16.4	1.97	1.66	32
Jungop	0.905	30.2	0.494	16.5	1.83	1.54	44
Youngkwang	0.948	31.6	0.489	16.3	1.94	1.63	35
Soonchang	0.978	32.6	0.492	16.4	1.99	1.67	31
Jechun	0.892	29.7	0.487	16.2	1.83	1.54	44
Koisan	0.877	29.2	0.495	16.5	1.77	1.49	50
Leechun	0.884	29.5	0.491	16.4	1.80	1.51	47

Table 3. Antimutagenic effect of methanol extracts from different growing stage (green and red peppers) of the peppers and the dried red pepper[1)] against N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine (MNNG, 0.4㎍/assay) in *Salmonella typhimurium* TA100

Treatment	Revertants/plate (level of sample, mg/plate)		
	0.625	1.25	2.5
Spontaneous	100±6		
Control (MNNG)	1011±31[a]		
Green pepper	633±26[c] (41)[2)]	524±13[c] (53)	331±19[d] (75)
Red pepper	842±24[b] (19)	729±19[b] (31)	782±25[c] (25)
Dried red pepper	831±24[b] (20)	717±27[b] (32)	845±26[b] (18)

[1)]The Var Nogkwang was cultivated in Milyang, Kyungnam province, Korea, [2)]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 range test.

고 찰

국내에서 고춧가루로 많이 사용되는 품종과 농협에서 시판되고 있는 고춧가루를 산지별로 구입하여 품종과 산지에 따른 고춧가루의 항돌연변이 효과를 측정하였다. 품종으로는 사용빈도가 가장 높은 대명, 명품, 조홍, 청양을 사용하였고, 산지

Table 4. SOS response of methanol extracts (100㎍/assay) from different growing stage (green and red peppers) of the peppers and the dried red pepper[1)] 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_{420}	Unit	OD_{420}	Unit			
Spontaneous	0.602	20.1	0.413	13.8	1.46	1.00	
Control	1.379	46.0	0.411	13.7	3.36	2.30	
Green pepper	0.873	29.1	0.413	13.8	2.11	1.45	66
Red peper	1.224	40.8	0.435	14.5	2.81	1.93	29
Dried red pepper	1.159	38.6	0.427	14.2	2.71	1.86	34

[1)]The Var Nogkwang was cultivated in Milyang (Kyungnam province)

Table 5. Antimutagenic effect of methanol extracts from different parts of the dried red pepper[1)] against N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine(MNNG, 0.4㎍/assay) in *Salmonella typhimurium* TA100

Treatment	Revertants/plate (level of sample, mg/plate)		
	0.625	1.25	2.5
Spontaneous	100±6		
Control (MNNG)	1011±31[a]		
Total red pepper	801±21[c] (23)[2)]	605±13[c] (45)	654±20[c] (39)
Pericarp	929±24[b] (9)	860±26[b] (17)	879±31[b] (15)
Placenta	829±18[c] (20)	624±15[c] (42)	436±20[d] (63)
Seed	475±22[d] (59)	380±18[d] (69)	287±14[e] (80)

[1)]The dried whole red pepper was the product from Andong (Kyungbuk province), [2)]The values in parentheses are the inhibition rates (%), [a~e]Means with the different letters in the same column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 6. SOS response of methanol extracts (100㎍/assay) from different parts of the dried red pepper[1)] 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_{420}	Unit	OD_{420}	Unit			
Spontaneous	0.602	20.1	0.413	13.8	1.46	1.00	
Control	1.379	46.0	0.411	13.7	3.36	2.30	
Total red pepper	1.188	39.6	0.428	14.3	2.77	1.90	31
Pericarp	1.216	40.5	0.421	14.0	2.89	1.98	25
Placenta	1.095	36.5	0.429	14.3	2.55	1.75	42
Seed	0.840	28.0	0.411	13.7	2.04	1.40	69

[1)]The dried whole red pepper was the product from Andong (Kyungbuk province)

별로는 우리 나라에서 고추의 주요 생산 지역이며 재배 면적이 넓은 경상도, 전라도, 충청 · 경기의 고춧가루를 각 지역농협의 고춧가루 가공공장에서 구입하여 실험하였다. 각 고추산지 농가에서는 그 지역에 적당한 3~4품종을 섞어서 재배를 하며 고춧가루 공장에서 구입을 할 때도 청양 등의 매운 맛이 강한 품종을 제외하고는 각각의 지역농가에서 구입하여 가공을 하고 있다. 농협고춧가루 가공공장의 고춧가루는 각 지역에서 여러 품종이 혼합되어 제조되는데, 기후 조건과 토양의 조건 등에 의해서 그 지역 특성에 맞는 여러 품종의 고추가 재배되어 혼합되므로 산지별 고추의 특성을 연구하기 위해서는 그 지역의 농협고춧가루 가공공장의 고추를 이용하는 것이 대표성이 있다고 하겠다.[3] 본 실험에 사용된 경상도 지역의 고추품종은 조홍, 대명, 금답, 광복, 명품, 두레, 청양 등이, 전라도 지역은 두레, 명품, 다복, 거성 등이, 충청지역은 조홍, 광복, 금답, 거성, 배왕, 청양 등이 재배된 것으로 조사되었다.

품종과 산지에 따른 고춧가루의 항돌연변이효과를 비교한 결과 품종 중에서는 명품과 청양이, 산지 중에서는 영양산 고춧가루가 높은 돌연변이 유발억제효과를 나타내었다. 최등[3]은 명품 고춧가루는 carotenoid함량과 ASTA색도가 다른 품종에 비해 높았고 청양 고춧가루는 capsaicin 함량이 높았으며 영양산 고춧가루는 다른 산지의 고춧가루보다 vitamin C와 carotenoid의 함량이 높았다고 하였다.

착색도에 영향을 주는 carotenoid 중 β-carotene은 비타민 A 활성 외에도 항산화 기능, 색소로서의 기능, 항암 및 노화방지 등에 중요한 생리적 활성을 가지고 있다.[13,14] 다른 향신료에 비해 고추에 많이 함유되어 있는 비타민 C는 암유발 물질 감소기능과 활성산소를 제거하는 항산화 작용, 임파조직 강화, 혈관강화, 전염병예방 등의 기능이 있다.[15] 또한 capsaicin은 vinyl carbamate와 nitrosodimethylamine에 의한 mutagenicity 및 turmogenesis를 저해하는 암예방효과가 있다는 연구가 보고되어 있다.[16] 따라서 이들 화합물의 높은 함량 때문에 고추의 품종 중에서 명품과 청양이, 산지 중에서는 영양산이 항돌연변이효과가 높았던 것으로 사료된다.

권등[5]의 선행연구에서는 풋고추는 간접돌연변이원과 직접돌연변이원 모두에 대해 항돌연변이 효과를 보였고 특히 직접돌연변이원에 대해 높은 돌연변이유발 억제효과를 나타내었다. 그러나 홍고추의 경우는 항돌연변이 효과가 아주 작거나 오히려 보돌연변이 효과를 나타내었다. 이에 본 연구에서는 동일 지역 및 품종으로 재배된 고추를 성숙 단계 및 가공처리에 따라 풋고추, 홍고추, 건조고추로 나누어 직접돌연변이원인 MNNG에 의한 돌연변이 유발에 미치는 영향을 검토하였다. Ames 실험계와 SOS chromotest에서 모두 홍고추나 건조고추에 비해 풋고추가 높은 항돌연변이 효과를 나타내었다. 풋고추는 개화 후 15~20일 정도 지나 수확하며 홍고추는 개화 후 45~50일 정도 지나 착색 성숙이 완료되었을 때 수확한다. 풋고추가 홍고추로 성숙되면서 일어나는 가장 큰 변화는 색깔인데 재배기간이 경과하면서 chlorophyll에 의한 풋고추의 푸른색은 감소하고 carotenoid계 색소인 capsanthin이 증가하여 홍고추는 붉은 색을 띄게 된다. 또한 이 과정에서 capsaicin 및 vitamin C 등 다른 식품화합물질의 함량이 변화하여 풋고추와 홍고추는 다른 성분 조성을 가지게 하는 것으로 추정된다. 따라서 홍고추 및 건조고추의 낮은 항돌연변이 효과가 어떤 성분의 변화에 의한 것인지에 대한 구체적인 연구가 필요하다 하겠다.

고추의 항돌연변이 효과가 어느 부위에 의한 것인지 알아보기 위해 건조고추의 과피 · 태좌 · 종자를 분리하여 항돌연변이 실험을 한 결과 종자가 MNNG에 대한 항돌연변이효과가 가장 높았고, 과피는 낮은 항돌연변이효과를 보였다. 고추의 종자에는 불포화지방산인 linoleic acid를 64% 함유되어 있으며 그 외에 palmitic acid, oleic acid 등이 포함되어 있고 linoleic acid는 탄소 18개의 골격(C18:2)을 가진 ω-6 family로 구분되는 지방산으로 linolenic acid, arachidonic acid와 더불어 필수지방산으로 인체에 중요한 생리작용에 관여한다.[17] Linoleic acid에 대한 항돌연변이 및 항암효과의 연구들이 보고되어 있으며, Hayatsu등[18]은 3-amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido[4,3-b]indole (Trp-P1)benzo{a} pyrene과 AFB_1 등의 mutagen에 대해 linoleic acid와 oleic acid가 돌연변이유발 억

제효과가 있음을 보고 하였다. 태좌는 capsaicin함량이 가장 높은 것으로 종자 다음으로 항돌연변이효과를 보였으며 capsaicin은 vinyl carbamate와 nitrosodimethylamine에 의한 mutagenicity 및 turmogenesis를 저해하는 암예방효과가 있다는 연구가 보고된 바 있다.[16] 따라서 고춧가루의 항돌연변이 효과는 과피보다는 종자 및 태좌에 의한 것으로 보이며 고춧가루의 가공시 사용용도에 따라 종자를 많이 제거하지 않는 것이 돌연변이유발 억제 측면에서는 유리할 것으로 생각된다.

결 론

본 연구에서는 국내에서 고춧가루로 많이 사용되는 품종과 농협에서 시판되고 있는 고춧가루를 산지별로 구입하여 품종과 산지에 따른 고춧가루의 항돌연변이효과를 측정하였다. 또한 풋고추, 홍고추 및 건조고추의 부위에 따른 항돌연변이효과도 함께 비교하였다. 품종중에서는 명품과 청양이 높은 항돌연변이 효과를 보였고 산지별 고춧가루 중에서는 영양산 고춧가루가 높은 돌연변이유발 억제효과를 보였다. 홍고추나 건조고추에 비해 풋고추의 항돌연변이 효과가 높았으며 고추의 부위 중에서는 종자가 높은 항돌연변이활성을 나타내었다.

감사의 글

이 논문은 농림부에서 시행한 농림수산 특정연구사업의 연구결과에 의한 것으로 연구지원에 감사드립니다.

참고 문헌

1) 강인희. 한국식생활사. 삼영사. 서울, 1983; pp 190.
2) 최영욱. 고추를 소재로 한 식품의 이용과 개발. 한국고추연구회지 1992; 1: 73-88.
3) 최선미, 전영수, 박건영. 한국산 고춧가루의 품질 비교. 한국식품과학회지 2000; 32: 1251-1257.
4) 정병선, 강근옥. 생고추와 고추 가공시의 capsaicin 함량 변화. 한국식품영양과학회지 1985; 14: 409-418.
5) Kweon YM, Rhee SH, Park KY. Antimutagenic effects of juice from peppers in *Salmonella* assay system. *J Korean Soc Food Nutr* 1995; 24: 440-445.
6) 이상하. 김치. 새농민, 4월호 1996; pp 162-163.
7) 박재복. 한국고추의 맛에 대한 평가. 한국고추학회지 1996; 4: 75-91
8) Maron DM, Ames BN. Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. *Mutat Res* 1983; 113: 173-215.
9) Ames BN, McCann J, Yamasaki E. Methods for detecting carcinogens and mutagens with the *Salmonella* mammalian-microsome mutagenicity test. *Mutat Res* 1975; 31: 347-364.
10) Matsushima T, Sugimura T, Nagao M, Yahagi T, Shirai A, Sawamura M. Factors modulating mutagenicity in microbial test, In; Norphth KH and Gamer RC, eds. Short terms for detecting carcinogens. Berling, Springer, 1980; pp 273-285.
11) 백창원, 함승시. SOS chromotest에 의한 사과의 효소갈변반응 생성물의 항돌연변이 효과. 한국식품과학회지 1990; 22: 618-624.
12) Miller J. Experiments in molecular genetics. Cold spring harbor laboratory, Cold Spring Harbor, N.Y., 1972.
13) Louise MC, Jesus GV, John WF. Lipid-soluble antioxidants. Biochemistry and Clinical Applications. Birkhauser Verlag, 1992; pp 193-207.
14) Chew BP, Park JS, Wong MW, Wong TS. A comparison of the anticancer activities of dietary beta-carotene, canthaxanthin and astaxanthin in mice *in vivo*. *Anticancer Res* 1999; 19: 1849-1853.
15) Shils ME. Modern nutrition in health and disease. Williams and Wilkins, 1998; pp 467-480.
16) Surh YJ, Lee RCJ, Park KK, Mayne ST, Liem A, Miller JA. Chemoprotective effects of capsaicin and diallyl sulfide against mutagenesis or tumorigenesis by vinyl carbamate and N-nitrosodimethylamine. *Carcinogenesis* 1995; 16: 2467-2471.
17) Newman MJ. Inhibition of carcinoma and melanoma cell growth by type Ⅰ transforming growth factor β_1 is dependent on the presence of poly-unsaturated fatty acids. *Pro Natl Acad Sci* 1990; 87: 5543-5547.
18) Hayatsu H, Arimoto S, Togawa K, Makita M. Inhibitory effect of the ether extract of human feces on activities of mutagenes/inhibition by oleic acids and linoleic acids. *Mutat Res* 1981; 81: 287-293.