

果采類 殘留性 農藥의 突然變異 誘發性

고용구* · 김성홍* · 오창경** · 오명철** · 김수현***

Mutagenicity of Residual pesticides of the Fruits and Vegetables

Yong-Gu Ko*, Seong-Hong Kim*, Chang-Kyung Oh**,
Myung-Cheol Oh** and Soo-Hyun Kim***

ABSTRACT

Twelve residual pesticides which applied on the fruits and vegetables cultivation were tested for mutagenic activity using *Salmonella typhimurium* TA strain. Mutagenic activities against Tedion, Monopho, Danoton, Ometon and Captan of twelve pesticides tested were strong, Thalonil, Prosing, EPN, Phentoate, Dicopol and Captan were medium, and Dicopol were no. Tedion, Monopho and Danoton showed strong mutagenic activities on TA98, Thalonil, Prosing, EPN, Phentoate, Parathion and Sappiran showed medium, and Danoton showed weak, while Dicopol and Sappiran showed no. At the other hand, Tedion, Danoton, Ometon and Captan showed strong mutagenic activities on TA100, Thalonil and Monopho showed medium and Prosing, Phentoate, Parathion and Sappiran showed weak, while EPN and Dicopol showed no. Therefore, EPN identified mutagen which induced only frameshift mutation, Sappiran was only base-substitution, and nine except these and Dicopol of twelve pesticides tested were mutagens which induced both frameshift and base-substitution mutation.

Key words : Mutagenicity, Residual pesticides, *Salmonella typhimurium*, Base- substitution and frameshift mutation

1. 서 론

현대 문명의 발달과 더불어 우리의 주변 환경

은 점점 화학물질로 채워져 가고 있다. 의식주 생활의 편이를 도모하기 위한 많은 생활용품들이 화학적으로 합성되어지고 있는 현재, 이들의 원료로 이용되는 화학물질이나 제조 과정에서 새로이 합성되는 화학물질들이 여러 경로를 통해 인체로 유입되고 있다. 이러한 화학물질들은 인간의 유전자에 돌연변이를 일으켜 암을 유발시킬 가능성이 높으며, 그래서 인간은 강력한 변이능을 지닌 화학물질에 노출될 기회가 점차

* 제주도 보건환경연구원

Institute of Health and Environment, Cheju-do Provincial Government

** 제주대학교 대학원

Graduate School, Cheju National Univ.

*** 제주대학교 식품공학과

Dept. of Food Science and Technology

높아지고 있다.^{1,2)}

변이원에 대한 노출은 우리들의 음식물에 들어 있는 천연화학물질,³⁾ 농약용 살충제, 제초제, 염색제, 화장품 및 의약품 등의 합성화학물질,^{4~6)} 그리고 담배 연기,⁷⁾ 물과 대기에 혼재되어 있는 오염물질 등의 복합화합물⁸⁾에서 뿐만아니라 심지어는 식품의 조리, 가공 중에도 생성되고 있다.^{9~11)}

이러한 환경성 화학물질 중에서도 농약은 식량 생산 견지에서 인류 생활과 밀접한 관계를 갖고 있을 뿐만아니라 전세계적으로 그 사용량이 엄청나기 때문에 인간 노출 기회가 그만큼 높다 할 수 있다.^{6,13,14)}

잔류농약은 공해 요인으로서, 식품의 잔류농약에 의한 피해 가능성을 과학적으로 파악하기 위해서는 식품 섭취 총량 조사를 실시하여 이를 인체에 허용되는 1일섭취량과 비교되어야 하는데 우리 나라에서는 아직 이러한 의도하에서 연구가 이루어지고 있지 못한 실정이다.¹⁵⁾ 따라서 환경오염을 야기시켜 사회적 문제로 크게 대두되고 있다. 더욱이 농작물 병해충의 내성 확

득과 병행하여 농약살포량이 증가하기 때문에 농작물의 잔류농약 함량 증가가 위험 수준에 달하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 밀감, 사과, 배, 복숭아, 포도 등 과일류와 토마토, 무, 오이, 배추 등에 이용되는 농약 중에서 연중 살포량이 많아 작물에 잔류할 가능성이 높은 농약을 선정하여 Ames의 *Salmonella* system을 이용하여 이들의 돌연변이 유발성을 규명함으로써 잔류농약에 의한 악성 질환의 예방책을 모색하는 기초 자료를 얻고자 하였다.

II. 재료 및 방법

2.1 시 료

실험에 사용한 농약과 실험에 사용된 양은 Table 1에 나타내었으며, 이들 농약은 농촌진흥청 제주시험장으로부터 제공받아 감귤 및 사과에 잔류하는 잔류량 및 잔류 허용 기준^{16~20)}에 준하여 농도 범위를 설정하여 돌연변이 유발성을 검정하였다.

Table 1 The contents of pesticide residues in fruits and vegetables and the groups of classification and amount of pesticides per plate

Group	Pesticide	Residual amount of pesticide		Amount per plate (μ g/plate)
		Citrus	Apple	
A	Thalonil	1.905(1.0)	0.189(1.0)	0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0
	Tedion	0.203(2.0)	NA	
	Monopho	0.221(0.2)	NA	
	Prosing	0.212(2.0)	NA	
	Danoton	0.133(1.0)	NA	
	Ometon	0.253(2.0)	NA	
B	EPN	0.025(0.1)	0.034(0.1)	0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.5
	Phentoate	0.028(0.2)	0.008(0.2)	
	Parathion	0.063(0.3)	ND**(0.3)	
	Dicofol	0.078(1.0)	0.097(1.0)	
	Sappiran	0.049(0.8)	0.026(5.0)	
	Captan	0.060(5.0)	0.238(5.0)	

*NA, Not analyzed; **ND, Not detected; (), Tolerance.

All pesticides diluted with dimethyl sulfoxide.

Amount of pesticides per plate was followed in residues and tolerance level.

The contents of pesticide residues in fruits and vegetables were adapted from Baik et al.¹⁶⁾; Kim et al.¹⁷⁾; Kwon et al.^{18, 19)}; Lee & Lee²⁰⁾.

2.2 균 주

미국 캘리포니아 대학의 B.N. Ames 박사로부터 제공받은 *Salmonella typhimurium* LT-2의 histidine auxotroph 중 염기치환성 돌연변이체(base substitution mutant)인 TA1535와 이 균중에 R-factor를 도입한 균주인 TA100 및 구조이동성 돌연변이체(frameshift mutant)인 TA1538과 이 균주에 R-factor 도입한 균주인 TA98을 사용하였다.

2.3 화학물질

N-Methyl-N-nitro-N-nitrosoguanidine(MNNG), 2-Acetylaminofluorene(AAF)은 Sigma제로서 MNNG는 증류수, AAF는 Dimethylsulfoxide(DMSO)에 녹여서 사용하였다. 염기치환성 돌연변이원인 MNNG는 TA1535와 TA100 균주를 이용한 돌연변이 유발성, 그리고 구조이동성 돌연변이원인 AAF는 TA1538과 TA98 균주를 이용한 돌연변이 유발성의 검정을 위한 표준화합물로 널리 이용되고 있다.²¹⁻²⁴⁾

2.4 S-9 mixture 조제

국립보건원에서 분양받은 rat를 사육하면서 평균 체중 200g 내외의 웅성 rat를 선택하여 도

살 5일전 옥수수 기름에 녹인 500mg/kg의 phenobarbital을 1회 복강 내 주사한 후 Maron과 Ames의 방법²⁵⁾에 따라 조제하였다.

2.5 농약의 돌연변이 유발성 검정 방법

농약의 돌연변이 유발성 검정은 Maron과 Ames의 방법²⁵⁾에 따라 TA1535, TA1538, TA98 및 TA100의 네 종류의 균주를 사용하여 실시하였다. 시험에 사용된 농약의 일반명과 화학명은 Table 2에 나타내었다.

III. 결과 및 고찰

3.1 표준화합물의 돌연변이원성

MNNG는 TA98과 TA1538에서 예민한 활성을 보이는 염기치환성 변이원^{23,25-26)}으로서 S-9를 첨가하지 않을 경우 TA1535와 TA100에서 revertant colony 수가 100 전후로 돌연변이 유발성을 거의 나타내지 않았으나, S-9로 대사 활성화시킬 경우 TA100에서는 5µg/plate 투여시 2050으로 가장 높은 돌연변이 유발성을 나타내었으며 0~1 사이에서 직선적인 dose-response를 보였다. 또한 TA1535에서는 1µg/plate 투여시 1760으로 가장 높은 돌연변이 유발성을 나타

Table 2 Common name and chemical name of various pesticides

Common name	Chemical name
Thalonil	Tetrachloroisophthalonitrile
Tedion	4-Chlorophenyl-2,4,5-trichlorophenyl sulfonate
Monopho	O,O-Diethyl-O-(2-methylcarbamoyl)-1-methylphosphate
Prosing	Cyano(3-phenoxyphenyl)methyl-4-phosphore-(1-methylethyl)benzene acetate
Danoton	2-(1-Methyl-2-propyl)-4,6-dinitrophenyl isopropylcarbamate
Ometon	Dimethyl-S-(N-methylcarbamoylmethyl)phosphrothioate
EPN	O-Ethyl-O-(4-nitrophenyl)phenyl phosphorothioate
Pentoate	O,O-Dimethyl-S-(1-ethoxycarbonylbenzyl)phosphorodithioate
Parathion	O,O-Diethyl-O-4-nitrophenyl phosphothioate
Dicofol	2,2,2-Trichloro-1,1-bis-(4-chlorophenyl)ethanol
Sappiran	4-Chlorophenyl-4-chlorobenzene sulfonate
Captan	N-Trichloromethylthio-1,2,3,6-tetrahydrophalimide

내었으며 TA100과 마찬가지로 0~1 사이에서 직선적인 dose-response를 보였다(Fig. 1). 이는 Yu 등²⁴⁾이 보고한 TA100에서 MNNG를 10 μ g/plate 투여시 4000, 2 μ g/plate 투여시 1870이라는 값에 비해 매우 낮은 값이었고, 또한 TA1535에 대한 Ames 등²⁶⁾, Byeon과 Lee²⁷⁾의 결과보다 낮은 값이었으나 경향은 비슷하였다. 한편 구조이동성 균주인 TA98과 TA1538에서는 돌연변이유발성이 나타나지 않았는데, 이는 McCann 등²²⁾과 Yu 등²⁴⁾의 보고와 잘 일치하고 있다.

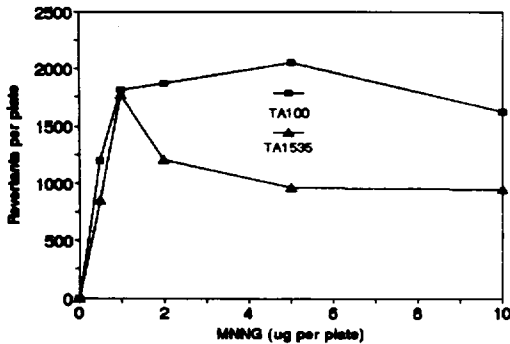


Fig. 1 Dose-response of MNNG on TA 1535 and TA100 with microsomal enzyme (S-9) activation.

AAF는 TA98과 TA1538에서 예민한 활성을 보이는 구조이동성 변이원^{26,28)}으로서 S-9을 첨가하지 않았을 경우, TA100이나 TA1535에서는 거의 활성을 나타내지 않았으나, S-9 첨가시에는 TA1535를 제외한 모든 균주에 대해 높은 활성을 보였다. S-9을 첨가할 경우 TA98과 TA100에서는 75 μ g/plate 투여시 각각 revertant colony 수가 6500과 2700으로, 이들은 모두 0~75 사이에서 직선적인 dose-response를 나타내었다. TA1538 균주에서는 50 μ g/plate 투여시 1500이었으나 직선적인 dose-response를 나타내지는 않았다(Fig. 2). 본 결과는 Ames 등²¹⁾이나 McCann 등²³⁾의 결과와 일치하고 있으나 TA100과 TA1538에서 활성을 나타낸다는 면에서는 다른 결과를 보였다.

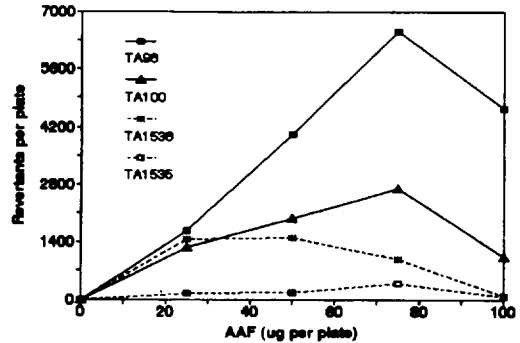


Fig. 2 Dose-response of AAF on TA strains with microsomal enzyme(S-9) activation

Table 3 Mutagenicity of Thalonil and Tediion on *Salmonella typhimurium* TA strains with and without microsomal enzyme activation

Pesticide	Dose per plate (μ g/plate)	Revertants per plate			
		TA98	TA1538	TA100	TA1535
Thalonil	0.05	1237	53	261	0
	0.10	1017	883	560	23
	0.20	897	1233	710	15
	0.50	653	0	610	0
	1.00	117	0	361	0
Tediion	0.05	677	32	610	7
	0.10	1493	88	710	7
	0.20	1800	23	910	20
	0.50	2000	41	2900	22
	1.00	937	483	4900	259

Spontaneous revertants were subtracted.

3.2 농약의 돌연변이 유발성

3.2.1 Thalonil과 Tediion

Thalonil과 Tediion의 돌연변이 유발성은 Table 3과 같다. Thalonil은 구조이동성 균주인 TA98, TA1538에서 plate당 각각 0.05 및 0.2 μ g 투여시 revertant colony 수가 각각 1237과 1233으로 활성을 나타내는 농도는 다르나 높은 돌연변이 유발성을 나타내었으며, 염기치환성 균주인 TA100에서는 0.2 μ g 투여시 710으로 비교적 높은 돌연변이 유발성을 나타내었으나 TA1535에서는 전혀 돌연변이 유발성을 나타내

지 않았다. 이같은 결과로 보아 Thalonil은 비교적 높은 돌연변이 유발성을 지니고 있으며 염기치환성 보다는 구조이동성 돌연변이 유발성이 더 강한 것으로 판단된다.

Tedion은 TA98과 TA100에서 plate당 각각 0.5 및 1.0 μ g 투여시 revertant colony 수가 각각 2000 및 4900으로 높은 돌연변이 유발성을 나타내었으나, TA1538과 TA1535에서는 plate당 1.0 μ g 투여시 revertant colony 수가 각각 487 및 259로 비교적 낮은 활성을 나타내었다. 이상의 결과로부터 Tedion은 염기치환성 돌연변이 유발성이 매우 강함은 물론, 구조이동성 돌연변이 유발성도 높은 것으로 판단된다.

3.2.2 Monopho와 Prosing

Monopho와 Prosing의 돌연변이 유발성은 Table 4와 같다. Monopho는 TA98 및 TA1538에서 plate당 각각 1.0 및 0.1 μ l 첨가시 revertant colony 수가 각각 1737 및 1783으로 높은 돌연변이 유발성을 나타냈었으며, TA100도 0.05 μ l 첨가시 1260으로 높은 돌연변이 유발성을 나타내었으나, TA1538에서는 전혀 돌연변이

Table 4 Mutagenicity of Monopho and Prosing on *Salmonella typhimurium* TA strains with and without microsomal enzyme activation

Pesticide	Dose per plate (μ g/plate)	Revertants per plate			
		TA98	TA1538	TA100	TA1535
Monopho	0.05	687	523	1260	21
	0.10	737	1783	560	22
	0.20	1077	733	411	34
	0.50	1187	586	311	90
	1.00	1737	481	210	9
Prosing	0.05	7	0	63	13
	0.10	10	31	118	35
	0.20	424	38	283	15
	0.50	670	25	180	15
	1.00	20	21	131	32

Spontaneous revertants were subtracted.

이 유발성을 보이지 않았다. 이상의 결과에서 Monopho는 염기치환성 및 구조이동성 돌연변이를 일으키는 변이원으로 판단된다.

Prosing은 TA98과 TA100에서 각각 0.5 μ l/plate 투여시 670, 0.2 μ l/plate 투여시 283이었다. 그러나 TA1535와 TA1538에서는 활성이 거의 없었다. 따라서 Prosing은 염기치환성 및 구조이동성 돌연변이 유발성이 있으나 그 활성은 크지 않은 것으로 판단된다.

3.2.3 Danoton과 Ometon

Danoton과 Ometon의 돌연변이 유발성은 Table 5와 같다. Danoton은 TA98과 TA100에서 plate당 각각 0.5 및 1.0 μ l 투여시 revertant colony 수가 2000 및 2910이었고, 특히 TA98에서는 시험된 모든 농도에서 revertant colony 수가 1400 이상으로 높은 돌연변이 유발성이 있음을 알 수 있었으나, 기타 균주에서는 돌연변이 유발성이 없거나 낮았다. 따라서 Danoton은 구조이동성 및 염기치환성 돌연변이원으로 판단된다.

Ometon은 TA100에서 1.0 μ l/plate 투여시 revertant colony 수가 2890으로 매우 높은 돌연변이 유발

Table 5 Mutagenicity of Danoton and Ometon on *Salmonella typhimurium* TA strains with and without microsomal enzyme activation

Pesticide	Dose per plate (μ g/plate)	Revertants per plate			
		TA98	TA1538	TA100	TA1535
Danoton	0.05	1437	0	261	1
	0.10	1500	14	410	17
	0.20	1700	0	500	148
	0.50	2000	0	900	12
	1.00	1230	0	2910	4
Ometon	0.05	5	0	1023	34
	0.10	91	31	2890	36
	0.20	112	38	1910	14
	0.50	128	25	1660	10
	1.00	77	21	490	7

Spontaneous revertants were subtracted.

성을 보였으며 0.5 μ l/plate 이하로 투여시에도 revertant colony 수가 1000 이상으로 높은 돌연변이 유발성을 나타내었으나, TA98에서는 0.5 μ l/plate 투여시 128로서 미약한 돌연변이 유발성을 나타내었고, 기타의 균주에서는 돌연변이 유발성을 나타내지 않았다. 따라서 Ometon은 염기치환성 돌연변이 유발성이 매우 높은 돌연변이원으로 판단된다.

3.2.4 EPN과 Phentoate

EPN과 Phentoate의 돌연변이 유발성은 Table 6과 같다. EPN은 TA98에서는 plate당 0.05 μ l 투여시 revertant colony 수가 440, TA1538에서는 0.1 μ l 투여시 180으로 미약한 돌연변이 유발성을 나타내었으며, 염기치환성 균주인 TA100과 TA1535에서는 돌연변이 유발성이 없었다. 따라서 EPN은 구조이동성 돌연변이원으로 판단되나 구조이동성 변이원로서는 재검토할 필요가 있을 것으로 판단된다. Phentoate도 TA98, TA1538 및 TA100에서 plate당 각각 0.1, 0.05 및 1.0 μ l 투여시 revertant colony 수가 각각 540, 144, 및 494로 다소 돌연변이 유발성을 보였으나 EPN과 Phentoate는 돌연변이능이 다

Table 6 Mutagenicity of EPN and Phentoate on *Salmonella typhimurium* TA strains with and without microsomal enzyme activation

Pesticide	Dose per plate (μ g/plate)	Revertants per plate			
		TA98	TA1538	TA100	TA1535
EPN	0.01	168	0	12	4
	0.02	423	49	30	22
	0.05	440	69	32	20
	0.10	90	99	0	19
	0.50	83	180	12	11
Phentoate	0.01	16	7	56	31
	0.02	175	122	82	27
	0.05	199	144	90	25
	0.10	540	137	150	15
	0.50	210	100	494	6

Spontaneous revertants were subtracted.

른 농약에 비하여 대체로 낮은 것으로 판단된다.

3.2.5 Parathion과 Dicopol

Parathion과 Dicopol의 돌연변이 유발성은 Table 7과 같다. Parathion은 TA98에서만 높은 돌연변이 유발성을 보여(0.01 μ g/plate에서 820, 0.50 μ g/plate에서 910), 다소 구조이동성 돌연변이 유발성을 갖는 것으로 판단된다.

Dicopol은 매우 경미한 돌연변이 유발성(0.05 μ g/plate 첨가시 126)을 보였을 뿐 전시험구의 모든 균주에서 53개 이하의 revertant colony 수를 나타내는 것으로 보아 1 μ g/plate 이하의 농도에서는 돌연변이 유발성이 없는 것으로 판단된다.

Table 7 Mutagenicity of Parathion and Dicopol on *Salmonella typhimurium* TA strains with microsomal enzyme activation

Pesticide	Dose per plate (μ g/plate)	Revertants per plate			
		TA98	TA1538	TA100	TA1535
Parathion	0.01	820	0	4	9
	0.02	290	0	130	23
	0.05	910	0	145	24
	0.10	0	0	22	27
	0.50	3	0	7	80
Dicopol	0.01	7	49	4	24
	0.02	19	0	130	17
	0.05	10	0	145	14
	0.10	12	0	22	13
	0.50	6	0	7	12

Spontaneous revertants were subtracted.

3.2.6 Sappiran과 Captan

Sappiran과 Captan의 돌연변이 유발성은 Table 8과 같다. Sappiran은 TA98에서 0.02 μ g/plate 투여시 revertant colony 수가 1210이었던 나, TA100에서는 돌연변이 유발성이 거의 없었다. 이로써 Sappiran은 구조이동성 돌연변이 유발성이 강한 것으로 판단된다.

Captan은 염기치환성 돌연변이 균주에서 돌연변이 유발성을 나타내어 TA100과 TA1535에서 각각 plate당 1.0 및 0.05 μ g 투여시 revertant

colony 수가 2700 및 202를 나타내었으나 TA98 과 TA1538에서는 돌연변이 유발성이 없었다. 그리고 Captan은 투여 농도의 증가에 따라 활성 상승하는 경향을 보여 McCann 등²³⁾의 결과와 잘 일치하였다.

Table 8 Mutagenicity of Sappiran and Captan on *Salmonella typhimurium* TA strains with microsomal enzyme activation

Pesticide	Dose per plate (μg/plate)	Revertants per plate			
		TA98	TA1538	TA100	TA1535
Sappiran	0.01	890	10	52	20
	0.02	1210	15	195	21
	0.05	840	48	295	18
	0.10	790	0	118	19
	0.50	9	0	96	19
	0.01	2	0	4	2
Captan	0.02	11	0	250	76
	0.05	22	16	490	148
	0.10	21	34	540	180
	0.50	86	0	700	168

Spontaneous revertants were subtracted.

종합적으로 판단해 보면 본 연구에 이용된 농약은 Dicofol을 제외한 나머지 11종의 농약에서 돌연변이 유발성을 나타내어, 과피를 식용하는 과일류 및 채소류에 이들 농약을 사용하는 것은 식품 위생상 문제가 있다고 판단되며, 앞으로 이에 대하여서는 계속적으로 연구 검토가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

IV. 요약

Salmonella typhimurium TA 균주를 이용하여 과채류 재배에 많이 사용되는 12종의 잔류성 농약에 대한 돌연변이 유발성을 검정하였다.

본 연구에 사용된 12종의 농약 중 Tedion, Monopho, Danoton, Ometon 및 Captan에 대한 돌연변이 유발성은 강하였고, Thaloniil, Prosing, EPN, Phentoate, Dicopol 및 Captan에 대한 돌연변이 유발성은 중간 정도였으나, Dicopol은

돌연변이 유발성이 없었다.

TA98에서, Monopho와 Danoton은 강한 돌연변이 유발성을 나타내었고, Thaloniil, Prosing, EPN, Phentoate, Parathion 및 Sappiran은 중간 정도의 돌연변이 유발성, Danoton은 약한 돌연변이 유발성을 나타낸 반면, Dicopol과 Sappiran은 돌연변이 유발성을 나타내지 않았다. 한편, TA100에서는 Tedion, Danoton, Ometon 및 Captan이 강한 돌연변이 유발성을, Thaloniil과 Monopho는 중간 정도의 돌연변이 유발성, Prosing, Phentoate, Parathion 및 Sappiran은 약한 돌연변이 유발성을 보인 반면, EPN과 Dicopol은 돌연변이 유발성이 없었다.

따라서, EPN은 구조이동성 돌연변이를, Sappiran은 염기치환성 돌연변이를, 그리고 이들과 Dicopol을 제외한 나머지 9종의 농약은 구조이동성 및 염기치환성 돌연변이를 일으키는 돌연변이원임을 확인하였다.

참고문헌

- Ames, B.N., 1983, Dietary carcinogens and anticarcinogens. *Science*, 221, 1256~1264
- Committee 17 Apointed by the Enviromental Mutagen Society, 1975, Enviromental mutagenic hazards. *Science*, 187, 503~514.
- Crark, A.M., 1976, Naturally occurring mutagens. *Mutation Res.*, 32, 361~374.
- Harris, M., 1971, Mutagenicity of chemical and drugs. *Science*, 171, 51~52
- Seiler, J.P., 1973, A survey on the mutagenicity of various pesticides. *Experientia*, 29, 622~623.
- Shirasu, Y., M. Moriya, K. Kato, A. Furuhashi and T. Kada, 1976, Mutagenicity screening of pesticides in the microsomal system. *Mutation Res.*, 40, 19~30.
- Kier, L.D., E. Yamasaki and B.N. Ames, 1974, Detection of mutagenic activity in cigarette smoke condensates. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 71(1), 1459~4136.

8. Ames, B.N., 1979, Identifying enviromental chemical causing mutations and cancer. Science, 204(11), 587~593.
9. Commoner, B.A., J. Vithayathil, P. Dolara, P. Madyastha and G.C. Cuca, 1978, Formation of mutagens in beef extract during cooking. Science, 201, 913~916.
10. Pariza, M.W., 1982, Mutagens in heated foods. Food Technology, 36(3), 53~56.
11. Sugimura, T. 1985, Carcinogenicity of mutagenic heterocyclic amines formed during the cooking process. Mutation Res., 150, 33~41.
12. Legator, M.S., F.J. Kelly, S. Green and E.J. Oswald, 1969, Mutagenic effects of Captan. Ann. Sci., 160, 344~351.
13. Byeon, W.H., H.H. Hyun and S.Y. Lee, 1976a, Mutagenicity of pesticides in the *Salmonella*/microsome system. Kor. J. Microbial., 14, 128~134.
14. Byeon, W.H., H.H. Hyun and S. Y. Lee, 1976b, Mutagenicity of nitrofurans, nitroimidazole and nitrothiazole derivatives on *Salmonella*/microsome system. Kor. J. Microbiol., 14, 151~158.
15. 정동효 편, 1982, 식품의 독성. 6. 우리나라 식품중의 잔류농약. 현대과학신서 121, 158~163.
16. Baik, D.W., W.C. Kwon, K.H. Shin, O.H. Kim, Y.J. Kim, Y.S. Sho, K.S. Park, D.H. Seong, S.C. Seo, K.Y. Cha, J.R. Lim, K.T. Sho, H.C. Jin and K.S. Jeong, 1985. Monitoring program on food contaminants. Report of NIH Korea, 22, 407~441.
17. 김영구, 이병무, 권혁모, 정인명, 1985. 농약의 안전사용에 관한 연구. 농약연, 13, 64~68.
18. Kwon, W.C., K.H. Shin, J.H. Kim, O.H. Kim, Y.J. Kim, D.H. Seong, Y.S. Sho, K.J. Cho, K.S. Park and C. Song, 1983. Monitoring program on food contaminants. Report of NIH Korea, 20, 407~441.
19. Kwon, W.C., K.H. Shin, J.H. Kim, O.H. Kim, D.H. Seong, Y.S. Sho, K.S. Park, S.C. Seo, K.Y. Cha, J.R. Lim, K.T. Sho, J.H. Park, H.C. Jin and I.M. Cheng, 1984. Monitoring program on food contaminants. Report of NIH Korea, 20, 407~441.
20. 이해근, 이영득, 1984. 농약의 잔류성에 관한 연구, 농약연, 17, 71~74.
21. Ames, B.N., F.D. Lee and W.E. Durston, 1973b, An improved bacterial test system for the detection and classification of mutagens and carcinogens. Proc. Natl. Acad. Sci., 70(3), 782~786.
22. McCann, J., B. Choi, E. Yamasaki and B.N. Ames, 1975a, Detection of carcinogens as mutagens in the *Salmonella*/microsome test : Assay of 300 chemicals. Proc. Natl. Acad. Sci., 72(12), 5135~5139.
23. McCann, J., N. E. Spingarn, J. Kobori and B.N. Ames, 1975b, Detection of carcinogens as mutagens : Bacterial tester strains with R-factor plasmids. Proc. Natl. Acad. Sci., 72(3), 978~983.
24. Yu, Y.N., X.R. Chen, C. Ding, Z.N. Cal and Q.G. Li, 1984, Genotoxic activity of caramel on *Salmonella* and cultured mammalian cells. Mutation Res., 139, 161~165.
25. Maron, D.M. and B.N. Ames, 1983, Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. Mutation Res., 113, 175~215.
26. Ames, B.N., W.E. Durston, E. Yamasaki and F.D. Lee, 1973a, Carcinogens are mutagens A simple test system combining liver homogenates for detection. Proc. Natl. Acad. Sci., 70(8), 2281~2285.
27. Byeon, W.H. and S.Y. Lee, 1979, Effects of plasmid pKM101 and *uvrB* deletion on chemical mutagenesis and toxicity in *Salmonella typhimurium*. Kor. J. Genetics, 1, 28~43.
28. McGregor, D.B., 1978, Cotton rat anomaly. Nature, 274, 21.