

## 자동산화 대두유의 돌연변이원성에 관한 연구

이진영 · 안명수

성신여자대학교 식품영양학과

### A Study on the Mutagenicity of Autoxidized Soybean Oil

Jin-Young Lee and Myung-Soo Ahn

Dept. of Food Science and Nutrition, Sungshin Women's University

#### Abstract

Commercial soybean oil, which did not contain any antioxidant, were autoxidized at  $60 \pm 2^\circ\text{C}$  for 79 days, and the changes of peroxide value(POV), thiobarbituric acid value(TBAV), conjugated dienoic acid(CDA) content, and fatty acid composition of the oil were studied during the 79 day-storage period. The samples with POVs of 0, 150, 300, 500, 450, 400 and 300 meq./kg oil were used for the test of mutagenic activity. The Ames test was carried out with and without metabolic activation. Bacterial strains used in this study were the histidine auxotrophic strains of *S. typhimurium* TA100, TA1535, and TA 102 for the detection of base pair, and TA98 and TA1537 for frame shift mutations. Each series of samples was dissolved in tetrahydrofuran(inhibitor free) and tested at doses ranging from 0.05 to 5 mg/plate. The autoxidized soybean oil increased significantly( $p < 0.05$ ) the number of His<sup>+</sup> revertant colonies in cases of TA 98 with S9 mix, TA100 without S9 mix, 1535 and 1537 with and without S9, respectively. The samples having the highest peroxide values showed the strongest mutagenicity. It seemed that the amount of hydroperoxides in the oils was closely related to the mutagenic activity of the respective oils.

Key words: autoxidized soybean oil, Ames test, mutagenicity

#### I. 서 론

WHO의 자료에 따르면 전세계의 암 사망자수는 년간 6백만 명에 이르며, 특히 미국의 경우 암 사망자수는 56만명으로 전체 사망자수의 40%에 달한다<sup>1)</sup>. 암 발생의 80~90%는 환경적 요소에 기인하며<sup>2,3)</sup> 특히 암 발생과 식이와의 관련성은 매우 커서 Doll 등<sup>4)</sup>은 식이에 의한 암발병율이 전체 암 발생의 35% 정도라고 지적하였다.

최근에는 식생활의 다양화, 외식산업의 발달, 단체급식의 급속한 보급 및 가공식품의 소비 증가로 인하여 각 가정, 식당과 단체급식을 하는 회사, 병원, 학교 등에서 유지의 사용량 및 유지 함유 가공식품의 소비가 급격히 증가하고 있으며 이에 따른 여러 부작용이 우려되고 있다. 식용유지나 유지식품은 저장 및 조리과정 중 물리적, 화학적 변화로 기호성이 감소될 뿐 아니라 건강에 유해한 성분이 생성되는 것으로 알려져 1960년대 이후 많은 연구의 대상이 되고 있다<sup>5)</sup>.

특히 지질 과산화물은 지질의 산화로 생성되는 초기 반응생성물로서 각종 유지의 자동산화시 유효기간을 측

정하는 척도로 이용되고 있으며<sup>6,9)</sup> 식품 또는 생체내의 단백질, 아미노산 등의 구성성분과 상호반응하여 식품 열화의 원인이 될 뿐 아니라 DNA 자체를 변화시키는 것으로 알려져 있다. Pietronigro 등<sup>10)</sup>은 과산화물과 DNA가 상호 작용함을 시사하였으며, Nakayama 등<sup>11)</sup>은 DNA와 methyl linoleate가 반응시 지질과 DNA의 상호 작용으로 DNA상에 radical이 생성되며 이 radical은 불포화지방산과 반응한 때에만 생성된다고 하였다. 또한 과산화물은 DNA사슬을 절단하므로써 돌연변이원성을 나타낸다<sup>12)</sup>. 이에 본 연구에서는 돌연변이원의 검출에 널리 이용되는 Ames test(*Salmonella typhimurium* reversion assay)를 통해 자동산화된 대두유의 산패도와 돌연변이원성과의 관련성을 살펴보고자 하였다.

#### II. 재료 및 방법

##### 1. 재료 및 시약

대두유는 1998년 9월 16일에 제조되고 항산화제가 첨가되지 않은 것을 (주)신동방에서 기증받아 사용하였으며,

유지의 산패도를 측정하기 위해 사용된 시약은 모두 Junsei사(Japan)의 특급시약을 사용하였다.

Ames test시 균주의 유전적 형질을 확인하는 데 사용되는 L-histidine, biotin, crystal violet, ampicillin 및 tetracycline과 시료유지를 희석하는데 사용한 tetrahydrofuran(THF, No. 27,038-5)은 Sigma Chemical Co. (USA)에서, 균주 및 양성돌연변이물질을 용해 및 희석하는데 사용되는 dimethyl sulfoxide(DMSO)는 Merck Chemical Co.(Germany)에서, Vogel-Bonner 최소 glucose 한천 평판배지, top agar 및 nutrient broth를 만드는데 사용되는 시약으로 agar는 Junsei사, bacto agar는 Difco Lab.(USA)에서, Oxoid nutrient No. 2는 Unipath사 (England)에서, petri dish는 Falcon사(No. 1029, 100 mm×15 mm, sterile by  $\gamma$ -radiation, USA)에서 구입하여 사용하였다.

S-9 mix제조에 사용되는 S-9 fraction(Lyophilized Aroclor 1254-induced male SD rat liver)은 Oriental yeast사(Lot No. 98082805, Japan)에서,  $\beta$ -nicotinamide adenine dinucleotide phosphate sodium salt( $\beta$ -NADP), glucose-6-phosphate monosodium salt는 Simga Chemical Co.(USA)에서, 그외의 다른 시약들은 Junsei사(Japan)에서 구입하였다.

## 2. 시험 균주

Ames test에 사용되는 균주로는 *Salmonella typhimurium* 변이균주 중 구조이동형(frame shift) 변이균주인 TA98, TA1537과 염기치환형(base-pair substituent) 변이균주인 TA100, TA1535 및 TA102를 국립독성연구소에서 분양 받아 Maron과 Ames의 방법<sup>13)</sup>에 따라 histidine 요구성, crystal violet 감수성, UV 감수성, ampicilline 또는 tetracycline 내성, 자연발생복귀돌연변이수 등의 유전적 특성을 확인한 후 실험에 사용하였다.

## 3. 시료의 조제

대두유를 각각 30 g씩 담아  $60 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온기에서 자동산화시키면서 일정한 간격으로 취하여 과산화물가(peroxide value, POV)<sup>14)</sup>, 공액이중산함량(conjugated dienoic acid content, %)<sup>15)</sup>, TBA가(2-thiobarbituric acid value)<sup>16)</sup>, 및 지방산 조성<sup>17)</sup>의 변화로 산패도를 측정하였다. 그 후 과산화물가가 0, 150, 300, 500 meq./kg.oil에 도달하였을 때와 그 후 저장 55일(POV 450), 67일(POV 400), 79일(POV 300meq./kg. oil) 째를 취하여  $-80^\circ\text{C}$ 에 보관하면서 시료로 사용하였다. 이때 시료는 THF에 녹여 5.0 mg/plate를 최고농도로 하는 5단계의 농도(5.0, 1.0, 0.5, 0.1, 0.05 mg/plate)로 하였다.

## 4. 양성 돌연변이 물질(Positive control)의 조제

Ames test 자체의 신뢰성을 검증하기 위해 각 균주에 사용된 직접돌연변이원(direct mutagens) 및 간접돌연변이원(indirect mutagens)의 종류 및 농도는 다음 Table 1과 같았다

## 5. S-9 mix의 조제

In vivo 대사활성화를 위하여 간균질액(S-9 fraction)이 4% 수준으로 함유된 S-9 mix.를 제조하여 실험에 사용하였다.

## 6. 돌연변이 유발성 시험

Maron과 Ames의 방법<sup>13)</sup>에 준한 preincubation test를 이용하여 자동산화된 대두유에 대한 돌연변이 효과를 직접법 [-S9] 및 대사활성화법 [+S9] 으로 실시하였다. 즉, 멸균된 시험관에 0.2 M phosphate buffer saline (pH 7.4) 0.5 ml(대사활성화법에서는 S-9 mix 0.5 ml), 각 시료의 용량 단계별 용액 25  $\mu\text{l}$ , 각 균주의 일야 배양액 0.1 ml를 넣어 가볍게 혼합한 후  $37^\circ\text{C}$ 의 rotary water bath에서 20분간 예비배양한 후 10% 의 histidine/biotin solution을 넣은 top agar 2 ml과 잘 섞어 미리 만들어 둔 minimal glucose agar plate에 도말하여,  $37^\circ\text{C}$ 에서 48시간 배양 후 His<sup>+</sup> 복귀변이 집락수를 계수하였다.

## 7. 시험결과와 판정

각 균주에 있어서 산화된 유지 시료들을 첨가하여 형성된 His<sup>+</sup> 복귀변이수가 음성대조군에 대해 2배 이상 증가된 것을 돌연변이원성이 있는 것으로 판정하였다<sup>18,19)</sup>. 또한 각 시료첨가군의 His<sup>+</sup> 복귀변이 집락수 증가에 대한 통계적 유의성 검정은 SAS package를 사용하여 LSD(Least significance difference) 방법에 의해 분석하였으며 모든 통계 처리의 유의성은  $p < 0.05$ 범위에서 판정하였다.

**Table 1. profiles of the concentrations of positive control on each strains** ( $\mu\text{g}/\text{plate}$ )

Strains	-S <sub>9</sub>		+S <sub>9</sub>	
	Mutagens	Concentration	Mutagens	Concentration
TA 98	2-AF	0.1	2-AA	0.5
TA 100	2-AF	0.01	2-AA	1.0
TA 1535	SA	0.5	2-AA	2.0
TA 1537	9-AA	80.0	2-AA	2.0
TA 102	MMC	20.0	2-AA	10.0

2-AF : 2-aminofluorene, SA : Sodium azide, 9-AA : 9-aminoacridine, 2-AA : 2-aminoanthracene, MMC : Mitomycin C.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 시료유지의 자동산화시의 산패도

대두유를 60±2°C에서 자동산화하면서 과산화물가, 공액이중산합량(%) 및 TBA의 변화를 측정된 결과는 다음 Table 2와 같았다. 대두유의 초기 과산화물가가 1.0 meq./kg.oil이던 것이 저장 중 증가하여 저장 43일에 최대 과산화물가를 보인 후 서서히 감소하는 경향을 나타내었다. 과산화물은 유지의 자동산화 전반부에 생성되는 제 1차 산화생성물로 계속적인 산화, 분해에 의해서 제 2차 산화생성물인 휘발성 카아보닐 화합물과 같은 저분자량인 화합물과 고분자량의 중합체들을 형성한다<sup>6)</sup>. 그러므로 자동산화 전반부에는 증가하나 유도기간이 지난 후에는 급속하게 감소하는 경향을 보인다.

TBA의 경우 자동산화 초기에 급속히 증가하여 저장 19일에 이미 2.25를 나타내었으며 그 후 서서히 증가하여 저장후반기까지 일정한 값을 유지하였다. 이는 대두유의 자동산화가 진행됨에 따라 형성된 과산화물이 산화 분해되어 카아보닐 화합물을 많이 형성하기 때문인 것으로 생각된다.

**Table 2. Physico-chemical changes of soybean oil autoxidized at 60 ± 2°C for 79 days**

Storage time (days)	POV <sup>a)</sup>	TBAV <sup>b)</sup>	CDA content <sup>c)</sup>
0	1.0±0.0	0.04±0.02	0.36±0.01
5	57.2±0.1	0.86±0.01	0.83±0.01
7	85.8±0.0	0.95±0.04	1.06±0.01
11	150.2±0.2	1.46±0.03	1.27±0.00
15	180.5±0.8	1.89±0.03	1.84±0.01
19	230.2±0.1	2.25±0.06	2.41±0.01
24	281.2±3.0	2.43±0.04	3.13±0.07
27	297.4±1.2	2.64±0.01	3.25±0.07
31	331.7±4.1	2.73±0.03	3.30±0.04
35	348.8±1.3	2.77±0.03	3.55±0.02
39	377.9±1.1	2.84±0.02	3.86±0.02
43	501.8±2.7	2.94±0.01	4.93±0.06
47	494.4±3.7	2.96±0.01	5.14±0.03
51	480.1±5.7	2.95±0.02	5.07±0.03
55	445.2±3.3	2.85±0.03	5.58±0.02
59	433.6±0.1	2.83±0.01	5.07±4.93
63	391.9±2.0	2.87±0.01	4.93±0.01
67	402.2±1.4	2.87±0.02	4.80±0.01
73	345.1±0.4	2.69±0.03	4.58±0.04
79	289.3±4.8	2.71±0.01	4.41±0.03

a) POV : Peroxide value (meq./kg.oil).

b) TBAV : Thiobarbituric acid value.

c) CDA content : Conjugated dienoic acid content(%).

공액이중산합량의 변화는 과산화물가의 변화와 유사하게 나타났다. 즉 자동산화초기에는 급속히 증가하다가 과산화물가가 다시 감소하는 시기를 전후로 공액이중산합량도 감소하는 경향을 보였다. 이는 유지의 자동산화시 그 구성 불포화지방산들에 존재하는 독립형 이중결합체계가 열역학적으로 더 안정된 공액형 이중결합체계로 이성화되는데 기인한다.

한편 대두유의 자동산화시 중요 조성지방산의 변화는 다음 Table 3과 같았다. 신선한 대두유는 palmitic acid 10.8%, stearic acid 4.4%, oleic acid 22.6%, linoleic acid 55.5%, linolenic acid 6.7%였으나 저장 79일 후에는 palmitic acid 19.0%, stearic acid 7.6%, oleic acid 33.8%, linoleic acid 37.6%, linolenic acid 2.0%로 급격히 변화하였다. 또한 C<sub>18:2</sub>/C<sub>16:0</sub>값도 5.1이던 것이 79일간 자동산화 후에는 2.0으로 감소하여 필수지방산 함량이 급격히 감소됨을 알 수 있었다.

#### 2. 자동산화된 대두유의 돌연변이 활성

대두유를 60±2°C에서 자동산화시키면서 과산화물가가 0, 150, 300, 500 meq/kg.oil에 도달하였을 때와 그 후 저장 55일, 67일, 79일에 시료를 채취하여 직접법 [-S9]과 대사활성화법 [+S9]으로 돌연변이원성을 측정된 결과는 Table 4와 같았다.

직접법 [-S9]의 경우 TA98 및 TA102에서는 돌연변이 활성이 검출되지 않은 반면, TA100은 과산화물가가 최고값인 500 meq/kg.oil에 도달했을 때인 저장 43일과 그 이후에 dose response 반응이 나타나 과산화물가와 돌연변이 활성간에 깊은 관련성이 있는 것으로 생각되었다. TA1535의 경우에도 과산화물가가 500 및 450 meq/kg.oil(저장 55일)에 도달하였을 때와 저장 67일(POV:

**Table 3. Changes of fatty acid composition of soybean oil autoxidized at 60 ± 2°C for 79 days**

Storage time (days)	Fatty acids					
	C <sub>16:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	C <sub>18:2</sub> /C <sub>16:0</sub>
0	10.83	4.38	22.58	55.51	6.70	5.13
7	10.89	4.35	22.31	55.51	6.95	5.10
11	11.00	4.40	22.78	54.97	6.85	5.00
19	11.28	4.51	23.39	54.23	6.59	4.81
27	11.55	4.61	24.74	53.06	6.05	4.59
35	12.06	4.81	24.50	52.73	5.90	4.37
43	13.04	5.13	25.85	50.79	5.19	3.89
55	14.10	5.61	27.41	48.54	4.34	3.44
67	16.42	6.45	30.62	43.44	3.07	2.65
79	19.01	7.63	33.76	37.64	1.96	1.98

400 meq./kg.oil) 및 79일(POV : 300 meq./kg.oil)에 걸쳐 돌연변이 활성이 나타났다(P < 0.05). TA1537에서도

과산화물가가 500 meq./kg. oil에 도달하였을 때와 저장 55일(POV : 450 meq./kg.oil)에 돌연변이 활성이 나타

**Table 4. The mutagenic effects of various concentrations of autoxidized(60 ± 2°C) soybean oil by Ames test without and with S9 mix**

Storage time (days)	Concentration (mg/plate)	Mutagens									
		TA98		TA100		TA1535		TA1537		TA102	
		-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9
0	5	27±2.12	28±2.12	107±1.41	110±13.44	8±0.71	9±2.12	9±0.00	12±0.71*	234±7.78	249±8.49
	1	26±2.12	31±0.71*	109±2.12	113±4.24	8±2.12	10±2.12	10±0.71	10±0.71	229±12.73	252±12.73
	0.5	27±3.54	26±2.83	120±3.54*	105±3.54	9±2.83	7±0.00	8±1.41	11±0.71	241±8.49	247±8.49
	0.1	26±1.41	29±1.41	114±0.71*	107±8.49	11±0.00	7±0.71	13±1.41	9±0.71	239±2.83	254±7.78
	0.05	28±0.71	26±0.71	101±2.12	110±1.41	7±1.41	8±1.41	10±2.83	13±1.41*	230±7.78	244±12.02
11	5	32±2.83*	25±2.83	126±0.71*	111±0.71	7±2.12	7±0.00	13±0.71	11±2.12	280±1.41*	290±12.73*
	1	29±2.83*	27±2.12	137±9.19*	118±2.12	8±2.12	8±0.71	11±3.54	12±0.71	252±4.95	275±7.78*
	0.5	27±1.41	26±5.66	173±14.14*	112±12.02	8±1.41	7±1.41	11±4.24	10±0.41	235±7.78	260±9.90
	0.1	25±0.71	27±0.71	130±10.61*	110±8.49	8±0.71	12±0.71*	12±0.71	12±2.12	243±4.95	229±2.83
	0.05	27±2.12	29±2.12	104±6.36	96±7.07	7±0.71	11±2.12*	9±0.71	9±2.12	244±5.66	234±15.56
27	5	24±2.12	26±1.41	119±4.95*	147±8.49*	12±2.83*	12±1.41*	8±1.41	15±2.12*	281±2.83*	247±4.95
	1	27±1.41	21±2.12*	142±2.12*	133±4.24*	12±1.41*	8±0.00	8±2.12	8±1.41	242±2.12	243±22.63
	0.5	28±2.12	26±0.71	128±2.12*	136±5.66*	9±2.12	9±0.71	8±0.00	8±2.12	228±16.26	243±7.78
	0.1	26±2.12	24±2.12	147±10.61*	121±9.90*	12±0.00*	6±1.41	9±3.54	9±0.00	234±6.36	262±5.66
	0.05	26±0.71	24±0.71	131±8.49*	114±8.49	9±0.71	10±0.71	9±1.41	9±0.71	223±5.66	250±1.41
43	5	28±3.54	36±2.12*	178±3.54*	140±10.61*	37±4.24*	25±2.12*	38±4.95*	64±5.66*	330±7.78*	313±7.07*
	1	30±3.54	31±4.24	159±0.71*	138±2.83*	14±3.54	16±1.41	20±0.00*	55±4.24*	298±0.71*	303±14.14*
	0.5	24±2.83	29±1.41	139±5.66*	124±9.19*	8±4.24	15±2.12*	14±0.71	35±4.24*	251±2.83	275±19.09*
	0.1	24±0.71	26±0.71	124±2.12*	126±5.66*	6±1.41	9±0.71	12±2.12	18±2.83	237±2.83	271±5.66
	0.05	26±2.83	24±6.36	121±2.12*	116±7.78	6±0.71	9±2.12	13±3.54	11±0.71	226±2.12*	245±9.90
55	5	32±2.83*	63±4.95*	200±4.95*	168±3.54*	18±2.12*	46±5.66*	31±0.00*	62±8.49*	282±4.95*	298±20.51*
	1	35±3.54*	55±2.83*	172±6.36*	134±4.95*	13±1.41*	32±4.95*	22±1.41*	50±1.41*	278±4.24*	312±25.46*
	0.5	27±2.12	46±11.31*	140±1.41*	132±9.90*	8±1.41	25±2.83*	17±2.12	32±2.83*	276±9.90*	288±1.41*
	0.1	26±2.83	44±10.61*	121±2.12*	127±9.90*	9±2.83	13±2.83	15±4.24	26±4.95*	228±7.07	276±7.07
	0.05	26±0.00	29±2.83	115±1.41	108±2.83*	7±1.41	9±1.41	12±3.54	15±4.24	230±14.85	247±16.97
67	5	27±1.41	51±4.24*	215±7.07*	127±3.54*	7±1.41	25±2.12*	14±2.12	42±2.12*	280±4.24*	299±14.14*
	1	30±2.83*	33±1.41	182±6.36*	129±3.54*	97±11.31*	23±1.41*	17±4.95	26±1.41*	258±9.19	278±4.95*
	0.5	23±2.83	31±4.95	155±4.95*	113±9.90	52±4.24*	14±3.54*	13±0.00	15±1.41*	254±6.36	281±3.54*
	0.1	26±2.83	25±1.41	120±2.12	113±4.95	17±1.41	8±2.83	9±0.71	14±2.12*	235±9.19	252±18.38
	0.05	26±2.12	26±2.12	115±14.14	111±5.66	14±3.54	8±1.41	9±1.41	11±1.41	232±7.78	253±4.95
79	5	27±2.12	38±2.83*	115±1.41	138±3.54*	13±1.41*	17±0.00*	12±0.71	41±4.95*	258±16.26	281±4.24*
	1	25±2.12	37±2.12*	114±9.19	128±0.71*	55±0.71*	15±1.41*	13±1.41	20±1.41*	257±14.85	261±4.24
	0.5	28±1.41	30±0.71	117±3.54	122±13.44	17±3.54*	9±2.83	13±0.71	12±0.71	257±4.24	253±5.66
	0.1	25±0.71	24±4.24	110±10.61	117±5.66	11±1.41	11±3.54	10±3.54	12±2.12	263±30.41	253±16.26
	0.05	26±2.12	25±2.12	109±7.07	112±11.31	9±1.41	8±2.83	12±1.41	14±0.71	252±7.78	247±4.24
negative control		24±1.41	26±0.71	101±6.36	103±4.24	8±2.12	7±1.41	12±0.71	10±0.71	243±8.49	244±10.61
Positive control**		192±12.73	223±10.61	522±10.6	574±12.73	126±7.78	138±8.49	257±12.02	230±2.12	3914±143.54	1430±101.12

\*Significantly different from negative control values, p < 0.05.

\*\*In case of without S9 mix: TA98 : 2-AF(0.1 µg/plate), TA100 : 2-AF(0.01 µg/plate), TA1535 : SA(0.5 µg/plate), TA1537 : 9-AA(80 µg/plate), TA102 : MMC(20.0 µg/plate).

In case of with S9 mix: TA98 : 2-AA(0.5 µg/plate), TA100 : 2-AA(1.0 µg/plate), TA1535 : 2-AA(2.0 µg/plate), TA1537 : 2-AA(2.0 µg/plate), TA102 : 2-AA(10.0 µg/plate).

났다.

한편 대사활성화법 [+S9] 으로 검색시 TA98은 저장 55일(POV : 450 meq./kg.oil)과 67일(POV : 400 meq./kg.oil)에 돌연변이 활성을 보였으며 TA1535 및 TA1537 은 과산화물가가 최고값인 500 meq/kg.oil에 도달했을 때와 그 이후 저장 55일, 67일, 79일된 시료에서 돌연변이활성이 나타나 이때의 돌연변이 활성은 과산화물이나 그 분해생산물에 의한 것으로 생각되었다. 그러나 TA100 및 TA102의 경우에는 대사활성화법에서 돌연변이 활성이 검출되지 않았다.

또한 직접법 및 대사활성화법에서 돌연변이원성이 검출된 시료들에 대한 dose response 반응을 조사한 결과는 다음 Fig. 1~4에서 보는 바와 같이 시료의 첨가농도가 증가함에 따라 His<sup>+</sup> 복귀변이 집락수도 증가하였으며 시료의 첨가농도가 최고농도인 5 mg/plate인 경우에 His<sup>+</sup> 복귀변이 집락수도 2배 이상 증가되는 것으로 나타났다.

Yamaguchi 등은 linoleic acid와 linolenic acid를 자동산화시킨 후 detergent나 유화제로 처리하여 TA98 및 TA100으로 돌연변이 활성을 조사시 과산화물가와 높은 상관성을 나타내었으며 특히 직접법보다는 대사활성화법에서 더 높은 돌연변이 활성이 있었다고 보고하고 있다<sup>20)</sup>. 또한 R-OOH, RCO-OO-OCR', R-CO-OOH, R-OO-R'

등 여러 형태의 과산화물의 돌연변이 활성을 비교할 때 hydroperoxide(R-OOH)형에서만 돌연변이 활성이 나타났

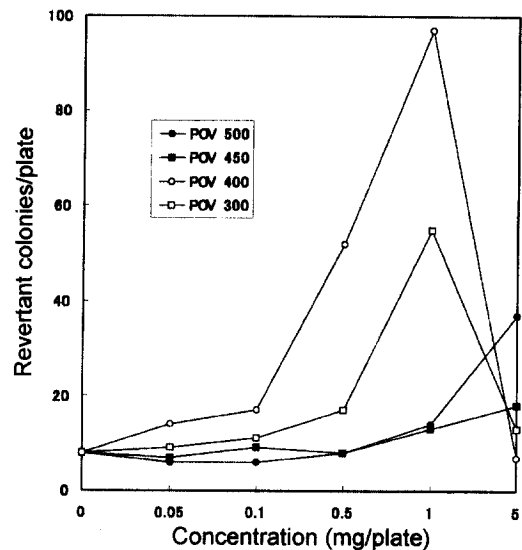


Fig. 2. Dose response of autoxidized(60 ± 2°C) soybean oil, using TA1535 without S-9 mix.

- POV : 500 meq./kg.oil.
- POV : 450 meq./kg.oil (after stored for 55 days).
- POV : 400 meq./kg.oil (after stored for 67 days).
- POV : 300 meq./kg.oil (after stored for 79 days).

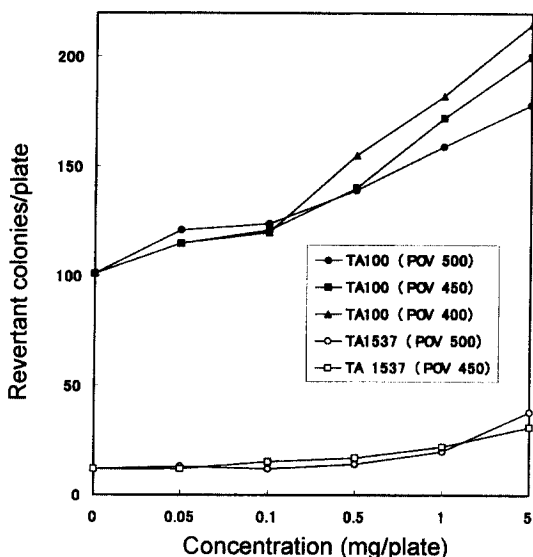


Fig. 1. Dose response of autoxidized(60 ± 2°C) soybean oil, using TA100 and TA1537 without S-9 mix.

- TA100, POV : 500 meq./kg.oil.
- TA100, POV : 450 meq./kg.oil (after stored for 55 days).
- ▲ TA100, POV : 400 meq./kg.oil (after stored for 67 days).
- TA1537, POV : 500 meq./kg.oil.
- TA1537, POV : 450 meq./kg.oil (after stored for 55 days).

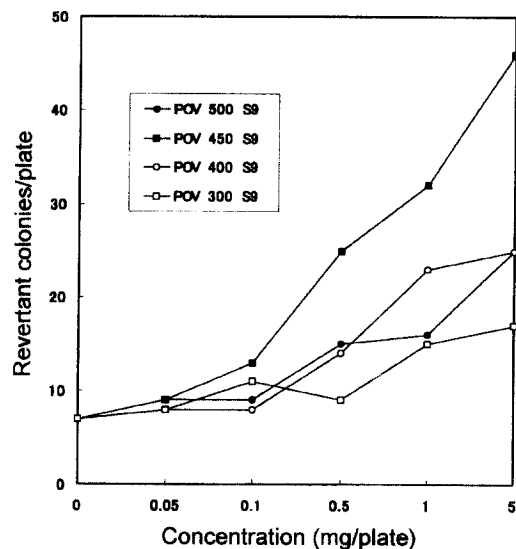


Fig. 3. Dose response of autoxidized(60 ± 2°C) soybean oil, using TA1535 with S-9 mix.

- POV : 500 meq./kg.oil.
- POV : 450 meq./kg.oil (after stored for 55 days).
- POV : 400 meq./kg.oil (after stored for 67 days).
- POV : 300 meq./kg.oil (after stored for 79 days).

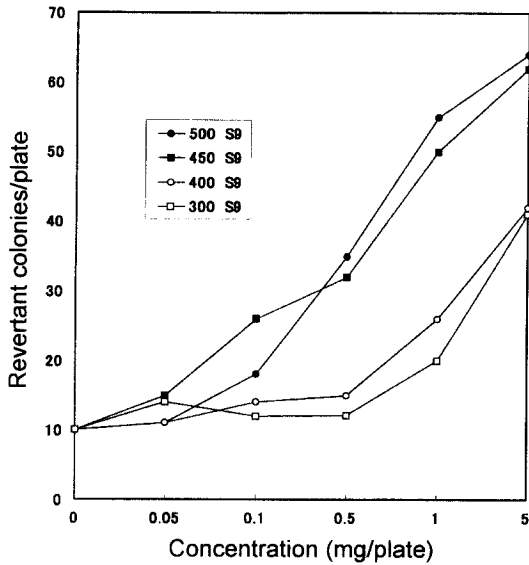


Fig. 4. Dose response of autoxidized ( $60 \pm 2^\circ\text{C}$ ) soybean oil, using TA1537 with S-9 mix.

- POV 500 meq./kg.oil.
- POV 450 meq./kg.oil (after stored for 55 days).
- POV 400 meq./kg.oil (after stored for 67 days).
- POV 300 meq./kg.oil (after stored for 79 days).

다고 하였다<sup>21)</sup>.

본 연구에서 과도하게 자동산화된 대두유의 경우 구조이동형 변이균주인 TA98 및 TA1537과 염기치환형 변이균주인 TA100, TA1535에서 돌연변이 활성이 검출되었으나 TA102에서는 돌연변이 활성이 검출되지 않았다.

#### IV. 요약

자동산화된 유지의 산패도와 돌연변이원성과의 관련성을 알아보고자 대두유를  $60 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 자동산화시키면서 과산화물가가 일정한 수치에 도달한 시료를 대상으로 *Salmonella typhimurium* 변이균주 중 구조이동형(frame shift) 변이균주인 TA98, TA1537과 염기치환형(base-pair substituent) 변이균주인 TA100, TA1535 및 102를 사용하여 Ames test를 수행하였다.

TA98은 대사활성화법에서, TA100은 직접법에서, TA1535 및 TA1537은 직접법과 대사활성화법 모두에서 돌연변이 활성이 인정되었으나 TA102는 시료유지의 전 자동산화기간에서 돌연변이 활성이 나타나지 않았다. 또한 돌연변이원성이 과산화물가가 높은 시기에 나타나 유지의 과산화물 함량과 돌연변이 활성간에 깊은 관련성이 있는 것으로 생각되었다.

#### 참고문헌

1. 이인수: 암의 화학예방에 관한 국제연구그룹 설립계획, 대한암예방학회지, 1(2): 53-54(1997).
2. 윤택구: 암의 원인과 환경, 한국환경성독물연변이 발암원학회지, 1: 39(1981).
3. Doll, R.: The lessons of life : Keynote address to the nutrition and cancer conference. *Cancer Res.*, 52: 2024 (1992).
4. Doll, R. and Peto, R: The cause of cancer. Quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today, *J. Nat. Can. Inst.*, 66: 1191-1308(1981).
5. Concon, J.M.: Food Toxicology, Marcel Dekker, New York, Part A Chapter 12 (1988).
6. 김동훈: 식용유지의 산패, 고려대학교 출판부 (1994).
7. 이진영, 안명수: 생강추출물의 열처리에 따른 항산화성 변화, 한국조리과학회지, 10(1): 63-70(1994).
8. 최인덕, 안명수: Caramelization 온도별 반응속도와 반응 생성물의 유지에 대한 항산화 효과에 관한 연구, 한국조리과학회지, 11(4): 396-400(1995).
9. 장은희, 표영희, 안명수: 오미자 추출물의 항산화 효과, 한국조리과학회지, 12(3): 372-376(1996).
10. Pietronigro, O.D., Jones, W.B.G., Kalty, K., & Dempoula, H.B.: Interaction of DNA and ribosome as a model for membrane mediated DNA damage, *Nature*, 267: 79-81(1977).
11. Nakayama, T., Kodama, M. & Nagata, C.: Free radical formation in DNA by lipid peroxidation, *Agric. Biol. Chem.*, 48(2): 571-572(1984).
12. 永田親義: 變異原性および發がん. 過酸化脂質と生體(内山亮・松尾芳光・嵯峨井勝 編), 262-264, 學會出版センター, 東京 (1985).
13. Maron, D.M. and Ames, B.N.: Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test, *Mutat. Res.*, 113: 173-215(1983).
14. A.O.C.S.: Official methods and recommended practices, 4rd ed., Cd 8-53, *Am. Oil Chem. Soc.*, Illinois (1990).
15. A.O.C.S.: Official methods and recommended practices, 4rd ed., Ti-la-64, *Am. Oil Chem. Soc.*, Illinois (1990).
16. Sidwell, C.G., Salwin, H., Benca, M., and Mitchell, Jr. J.H.: The use of thiobarbituric acid as a measure of fat oxidation, *J.A.O.C.S.*, 31: 603(1954).
17. Lepage, G. and Roy, C.C., Direct transesterification of classes of lipids in a one-step reaction, *J. Lipid Res.*, 27: 114(1986).
18. Scheutwinkel-Reith, M., Ingerowski, G., and Stan, H.J.: Microbiological studies investigating mutagenicity of deep frying fat fractions and some of their components, *Lipids*, 15(10): 849-852(1980).
19. Taylor, S.L., C.M. Berg, N.H. Shoptaugh, and V.N.

- Scott: Lack of mutagens in deep-fat fried foods obtained at the retail level, *Food Chem. Toxicol.*, **20**: 209-212(1982).
20. Yamaguchi, T., and Yamashita, Y.: Mutagenic activity of autoxidized linolenic and linoleic acid, *Agic. Biol. Chem.*, **43**(10): 2225-2226(1979).
21. Yamaguchi, T. and Yamashita, Y.: Mutagenicity of hydroperoxides of fatty acids and some hydrocarbons, *Agic. Biol. Chem.*, **44**(7): 1675-1678(1980).
- 
- (1999년 10월 16일 접수)