서울特別市 保健環境硏究院報 第31卷 (1995)
Report of S.I.H.E., 31:109~116 (1995)

훈연액 중의 변이원성에 관한 연구

식품위생과

강 희 곤 · 유 인 실 · 김 경 식
박 성 규 · 오 수 경 · 박 성 배

Study on the Mutagenicity of Smoke Flavoring

Food Sanitation Division

Hee Gon Kang, In Sil Yu, Gyung Sik Kim, Sung Kyu Park
Soo Kyung Oh and Sung Bae Park

= Abstract =

This study was carried out to establish optimum smoking conditions for smoke flavoring. Wood materials employed for smoking were oak and apple trees.

Smoking was made with the aid of generator whose temperature was designed to be controlled automatically. Temperatures of the generator for manufacturing of smoke flavoring were set to 250, 400 and 500°C, respectively.

Mutagenicity of smoke flavoring against *Salmonella typhimurium* TA98 and TA100 were determined.

The results obtained were summarized as follows;

1. *Samonella typhimurium* TA98 strain in the absence of S-9 mixture showed mutagenicity by the supplement of oak wood smoke flavoring prepared at 250, 400 and 500°C. On the other hand, TA100 strain showed mutagenicity in the treatment group of 400 and 500°C at the concentrations of 20 $\mu\ell$/plate and 30 $\mu\ell$/plate, respectively.
2. In case of oak wood smoke flavoring, all the test samples prepared at high temperature showed mutagenicity against TA98 strain in the presence of S-9 mixture. Smoke flavoring prepared at 400 and 500°C revealed mutagenicity at the concentrations of 30, 40 and 50 $\mu\ell$/plate at 400°C, and 20, 30 $\mu\ell$/plate at 500°C, respectively.
3. Strain TA98 in the absence of S-9 mixture represented weak mutagenicity by the treatment of apple wood smoke flavorig prepared at 250 and 400°C, but in case of 500°C mutagenicity was shown at the concentration of 4 and 6 $\mu\ell$/plate.
4. Strain TA98 in the presence of S-9 mixture revealed mutagenicity by the treatment of apple wood smoke flavoring at the concentration of 40 $\mu\ell$/plate for 400°C flavoring and 20 $\mu\ell$/plate for 500°C flavoring. In TA100 mutagenic effect was increased by the increment of temperature for smoke flavoring preparation.
5. Rapid decrease of dose-response mutagenicity curve of the smoke flavoring of oak wood

and apple wood by the increment of concentration after peak of curve might be due to the presence of cytotoxic substances such as formaldehyde and phenols in the smoke flavoring.

서 론

훈연과정에서 발생되는 유기화합물의 수는 약 1,000종으로 추산되고 있으며, 이중 약 500여 종류가 제품의 향미에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.[1] 훈연성분은 주로 phenol류, organic acids, alcohols, carbonyls, hydrocarbons 등과 같은 화합물로 이루어져 있으며 이중 phenol 성분은 항산화성 및 보존성을 부여함과 동시에 특유한 풍미를 생성하는 데 기여하는 반면에 hydrocarbons는 주로 다환방향족 탄화수소(polycyclic aromatic hydrocarbons; PAHs)로서 유기물의 불완전 연소에 의하여 생성되는 화합물들인 phenanthrene, anthracene, benzo(a)anthracene, pyrene, chrysene, benzo(a)pyrene, dibenzo(a,h)anthracene, benzo(k)fluranthene 및 fluorene 등으로 구성되어 있으며, 특히 benzo(a)pyrene은 강한 발암성을 지닌 화합물로서 관심의 대상이 되어 왔다.[2]

이와같이 유기물의 훈연과정에서 생성되는 benzo(a)pyrene 등의 PAHs와 그 유도체는 돌연변이원성물질 및 발암성물질로써 강력한 활성을 나타내고 있다. 발암성 유무를 평가하는 데는 적어도 2종류 이상의 실험동물을 사용하여 발암성 시험을 할 필요가 있지만 시험에 소요되는 시간이 길고 비용이 많이 소요되기 때문에 미지의 화학 물질에 대한 발암성 시험에는 어려움이 많다. 따라서 현재 발암물질의 screening 방법으로는 미생물을 이용한 돌연변이원성 시험이 많이 이용되고 있다. 이 시험은 암세포 발현 2단계 학설의 initiation 단계로 지지를 받고 있으며, 발암성 시험결과에 있어서도 정성 및 정량적인 면 모두에서 매우 높은 상관 관계를 나타내고 있다.[3]

PAHs의 유해성 및 돌연변이원성에 관한 연구는 Chikaku 등[4] 이 훈연액을 대상으로 수행하였으며, Nagao 등,[5] Felton[6] 및 Ingrid 등[7]이 조리시 발생된 연기성분을 대상으로 연구한 바 있고, Knize[8] 및 Becher 등[9-10]은 튀긴 쇠고기와 조리식품을 대상으로 가열 중 생성된 돌연변이원성 물질을 분리, 동정하였다. Berndt 등[11]은 총발생 발암 건수의 3/4은 외인성 요인에 의한다고 하였으며, Shabad[12]는 benzo(a)pyrene은 외인성 발암물질 역할을 하는 중요한 지표물지로 작용하고, 식품 및 환경중에 존재한다고 보고한 바 있다.

또한 훈연성분 중에는 2~6개의 고리를 가지고 있는 PAHs 화합물 이외에도 formaldehyde, phenol 등과 같이 다양한 화합물이 함유되어 있어 암 유발 가능성을 높이고 있다.

따라서 본 연구는 제조된 훈연액 중에서 *Salmonella typhimurium* TA98 및 TA100에 대한 돌연변이를 일으키는 물질을 훈연재료 및 온도 변화에 따라 조사하여 지견을 얻었기 이에 보고 하고자 한다.

재료 및 방법

1. 훈연액의 조제

연소장치의 연소온도와 동일한 훈연액을 제조하기 위하여 훈연 육제품 제조기(Model: Maurer D-7752, Germany)에 설치되어 있는 연소장치와 동일한 형태인 연소장치의 최고 온도를 1,000°C까지 올릴 수 있도록 고안하여 제작하였다. 또한 연소시의 온도를 일정하게 유지할 수 있도록 Pt sensor를 부착시켜 연소장치의 온도가 +5°C 범위내에서 작동되도록 자동온도 조절계(Model: DX, Hanyang Elect. Co., Korea)를 제작하였다.[13]

훈연액은 훈연육제품제조에 사용된 참나무와 사과나무를 사용하여 제조하였으며, 훈연액 제조시 연소장치의 온도는 훈연육제품 제조시와 동일하게 250, 400 및 500°C로 설정하여 각각의 온도에서의 훈연액을 제조하였다.

2. 돌연변이원성 검사

1) 시험균주

Salmonella typhimurium TA100 및 TA98(his-)은 한국화학연구소 안전성연구센터로부터 분양받아 사용하였다. *Salmonella typhimurium* TA 100은 base-pair substitution 및 변이원성 검출에, *Salmonella typhimurium* TA98은 frame-shift type의 변이원 검출에 사용하였으며, 균주 특성으로서는 histidine 합성불능, 막변이 rfa로 세포벽 리포다당류합성 결실로 인한 시료검체의 투과성을 높인 점, uvrB 유전자의 결실로

자외선 감수성이 높은 특성을 소유하고 있다. 또, 약제내성인자 R-factor plasmid pKM 101을 주입함으로써 ampicillin 내성이 있어 mutagen 검출감도가 높은 균주이다.

2) 시험균주의 특성 검사

2개월에 한번씩 다음의 방법에 의하여 균주특성을 조사하여 선발 하였다. Histidine 요구성은 0.5 mM의 histidine 첨가와 첨가하지 않은 minimal glucose agar medium plate 상에 전배양된 균현탁액을 streaking하여 37°C에 48시간 배양 후 균생육의 유무를 확인하였으며, 막변이 rfa 특성은 crystal violet (1 mg/ml)용액 10 μl를 함침시킨 filter disc를 시험균주를 overlay 시킨 nutrient agar medium plate의 중앙에 위치시킨 후 37°C, 24시간 배양 후, 균생육 저지원의 유무를 확인하여 조사하였고 약제내성인자 R-factor plasmid의 유무 검정은 ampicilline 용액 (80 mg/ml) 10 μl를 사용하여 막변이 rfa 특성조사 방법과 동일하게 조사하였다. 한편 자외선 감수성조사는 0.5 mM의 histidine 함유 minimal glucose agar medium상에 균 현탁액을 streaking 한 후, 10 W의 자외선등밑 25 cm 거리에서 4분간 조사하여 37°C, 48시간 배양한 후, 균생육의 유무를 확인하였다.

3) 시험균주의 보관

Nutrient broth medium에서 전배양된 균현탁액 8 ml에 DMSO 0.7 ml를 혼합하여 1 ml 용 cryotube (Corning, USA)에 0.2 ml씩 분주하여 −80°C deep freezer (Sanyo, Japan) 동결보존하였다.

4) S-9 mix의 조제

(1) S-9의 조제

Ames의 방법[14]에 준하여 Sprague-Dawley계 rat (♂)에 Aroclor 1254 (SUPELCO Co., USA)를 체중 1 kg당 500 mg을 복강내에 1회 투여하고, 5일 후에 간장을 적출하여 염화칼륨 수용액을 가하여 균질화한 후 9000 g로 원심분리한 상징분획 (S-9)을 3 ml씩 분주하여 분석 직전까지 −80°C에서 동결보존하였다.

(2) S-9 mix의 조제

S-9 분획 2 ml, 0.4 M $MgCl_2$ 및 1.65 M KCl 수용액 각 1 ml, 1 M glucose-6-phosphate 용액 0.25 ml, 0.1 M NADP 수용액 1.2 ml, 0.2 M phosphate 완충액 (pH 7.4) 25 ml에 증류수를 가하여 50 ml로 하였다.

5) 돌연변이원성 시험

Ames의 방법을 일부 개량한 pre-incubation법으로 실시하였다.

(1) Minimal glucose agar medium

Vogel-Bonner E medium (2.0 g citric acid monohydrate, 10.0 g K_2HPO_4, 3.5 g $Na(NH_4)2HPO_4 \cdot 4H_2O$, 0.2 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 증류수 100 ml)에 glucose를 2%, Bacto-agar를 1.5% 되게 첨가하여 고압증기멸균 후 plate (90 mm, 높이 15 mm의 선 조사멸균 플라스틱제품)에 25 ml씩 분주하여 clean bench에서 24시간 이상 방치하여 건조시켰다.

(2) 시험방법

0.5 mM의 histidine 수용액 (0.45 μm filter로 여과멸균)을 10% 첨가한 overlay용 0.6% soft agar (0.5% NaCl 포함)를 43°C로 유지한 다음 전배양 (0.8 g nutrient broth, 0.5 g NaCl을 증류수 100 ml에 용해하여 고압증기멸균하여 그 10 ml에 동결보존한 균현탁액의 소량을 접종하여 37°C, 12시간 진탕 배양에 의하여 대수증식기에 달한 균현탁액 ($1 \sim 2 \times 10^9$ cell/ml) 0.1 ml와 0.1 M phosphate 완충액 (pH 7.4) 또는 S-9 mix 0.5 ml를 상기의 soft agar 2 ml에 가하고 소정농도의 시료용액 0.1 ml를 투여하여 혼합한 후, minimal glucose agar medium plate 상에 균일하게 overlay하여 고화시킨다. 37°C, 2일간 배양 후 생육된 revertant colony를 계수하고, 하나의 시료당 plate 2개의 colony 수를 평균하여 plate당의 revertant colony수로 하였다.

결　과

1. 훈연액의 돌연변이원성

1) 굴참나무 훈연액의 돌연변이원성

Generator의 연소온도를 각각 250, 400 및 500°C로 설정하여 훈연액을 제조한 다음 각각의 훈연액을 시험균주 *Salmonella typhimurinum* TA98 및 TA100를 이용하여 돌연변이원성을 조사하였다. Fig. 1은 각 온도에서 제조한 훈연액의 첨가량 증가에 따른 revertant colony 수의 변화를 표시하였다. S-9 mix를 첨가하지 않은 경우와 첨가한 경우 돌연변이원성의 증가 및 치사량 정도는 다소 차이를 나타냈다. 즉 S-9 mix를 첨가하지 않은 경우 용매 대조 자연 복귀 변이 colony 수 (spon-

taneous revertant)의 평균치는 TA98에 있어 32, TA100에 있어서는 128이었고, S-9 mix를 첨가한 경우에는 TA98 및 TA100에서 각각 47 및 151이었다. 돌연변이원성이 높은 시험구에 있어서 훈연액 추출물 투여량이 일정 농도를 초과할 경우 시험균에 대하여 독성을 나타냄으로써 생균 자체가 억제되는 것이 관찰되었다(Table 1). 즉, S-9 mix를 첨가하지 않은 경우 TA 98에서는 250 및 400°C에서 제조한 훈연액 처리구에서 모두 30 μℓ/plate, 500°C에서는 20 μℓ/plate 농도였고, TA100에서는 250°C에서 제조한 훈연액 처리구에서 60 μℓ/plate, 400 및 500°C에서 제조한 훈연액 처리구에서 각각 50 및 40 μℓ/plate 농도에서 균치사 독성을 나타내었다. S-9 mix를 첨가한 TA98 균주에 대하여는 250 °C에서 제조한 훈연액 처리구의 경우 60 μℓ/plate, 400 °C에서 제조한 훈연액 처리구의 경우 70 μℓ/plate 및 500°C에서 제조한 훈연액 처리구는 50 μℓ/plate의 농도

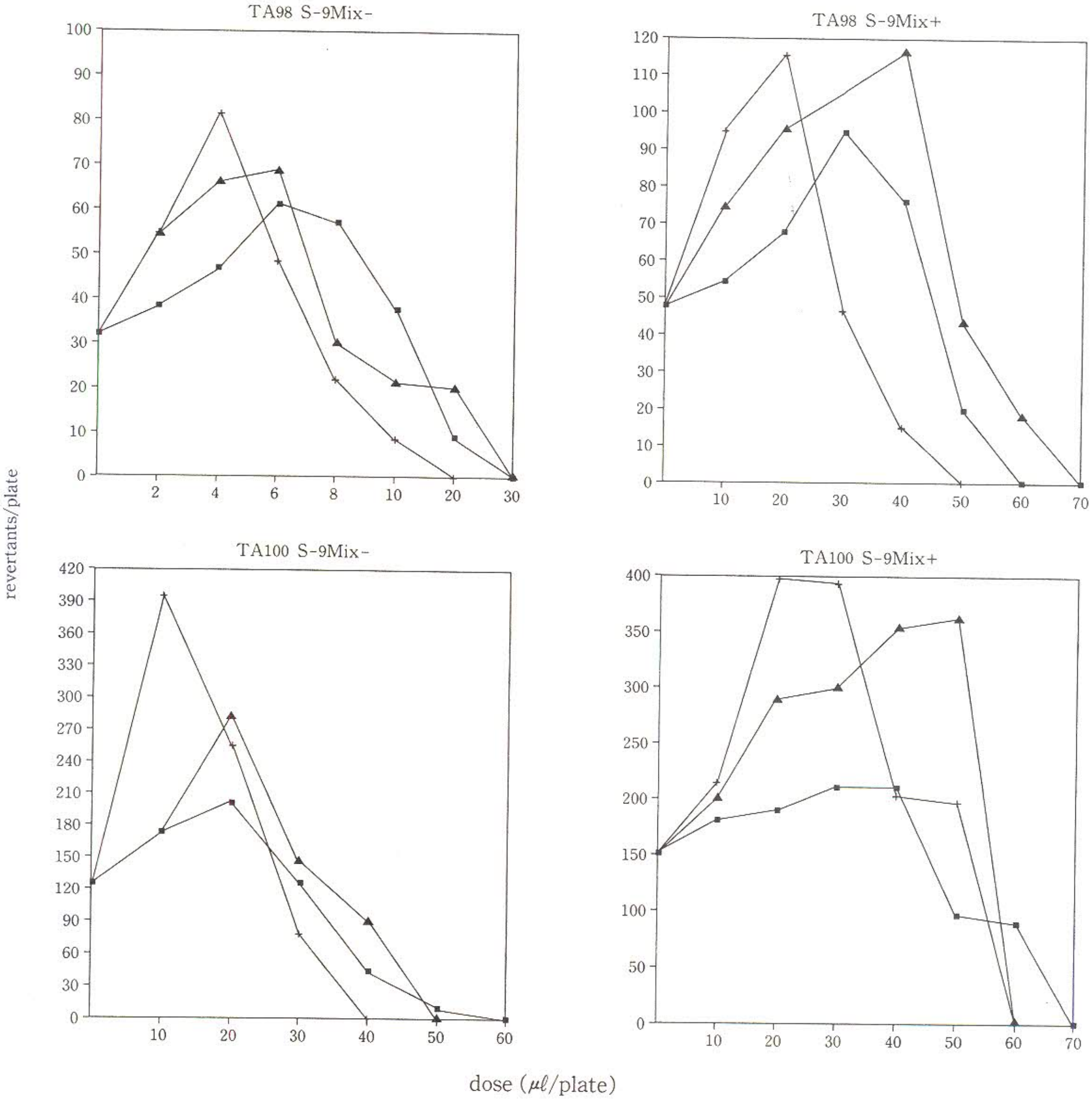

Fig. 1. Mutagenicity of smoke flavoring made from oak wood in *Salmonella typimurium* TA98 and TA 100.
250°C : —■— 400°C : —▲— 500°C : —+—

Table 1. Effect of generation temperature on the toxic activities of smoke flavoring in *Salmonella typhimurinum* TA98 and TA100.

Smoke flavoring	Generation temperature (°C)	Toxicity (μl/plate)*			
		TA 98-	TA 98+	TA 100-	TA 100+
Oak wood	250	30	60	60	70
	400	30	70	50	60
	500	20	50	40	60
Apple wood	250	30	60	60	70
	400	30	70	40	60
	500	30	40	40	60

* The toxic activities are expressed as the sample volume required to inhibit colony formation of revertants.
TA98-, TA 100-: in the absence of S-9 mix, TA98+, TA 100+: in the presence of S-9 mix

로 투여하였을 때, TA100은 250°C에서 제조한 훈연액은 70 μl/plate, 400 및 500°C에서 제조한 훈연액은 60 μl/plate에서 micro colony 형성 저해인 균치사 특성을 각각 나타내었다. S-9 mix를 첨가하지 않은 TA98 균주의 경우 250°C에서 제조된 훈연액 추출물 투여시 돌연변이원수는 38~62/plate로 spontaneous의 2배 이하였고 400°C에서 제조된 훈연액 추출물 투여시 돌연변이원을 나타내는 colony 수는 4~6 μl/plate 농도에서 65~69/plate, 500°C에서 제조된 훈연액 추출물을 4 μl/plate 투여시에 82/plate로 양성 돌연변이반응을 나타내었으며, TA100 균주에 있어서 400°C의 추출물 20 μl/plate 투여시에 283/plate, 500°C의 추출물 10 및 20 μl/plate 투여시 396 및 252/plate로 양성반응을 나타내었다.

S-9 mix를 첨가한 TA98 균주에서는 모든 온도에서 제조한 훈연액 처리구에서 돌연변이원성은 95~115/plate로 양성반응을 나타낸 후 급격히 감소되는 경향을 나타내었다.

TA100에서는 400°C 추출물 투여구의 경우 각각 30, 40 및 50 μl/plate 투여시 돌연변이원성은 301, 355 및 367/plate로 양성반응을 나타났으며 250°C에서 제조한 훈연액 추출물에서는 181~214/plate로 spontaneous revertants 수의 2배 이하로 나타났다. Table 2에 나타난 돌연변이원성은 유도된 revertants 수에서 spontaneous revertants 수를 제한 수치로 TA 98에 비하여 TA100에서 높은 돌연변이원성을 나타내었으며 generator 온도가 높을수록 높은 변이원성을 나타내었다.

2) 사과나무 훈연액의 돌연변이원성

각 온도에서 제조된 훈연액의 추출물에 대한 돌연변이원성 시험 결과는 Fig. 2와 같다. S-9 mix를 첨가하지 않은 경우 spontaneous revertant 수의 평균치는 TA98의 경우 32, TA100의 경우 128이었고, S-9 mix를 첨가한 경우에는 TA98 및 TA100은 각각 47 및 151이었다. 굴참나무로 제조한 훈연액의 경우에서와 같이 사과나무 훈연액 추출물도 모든 plate에서 투여량이 고농도가 되면 균치사 독성을 나타내었다(Table 1).

S-9 mix를 첨가하지 않은 경우 TA98은 250, 400 및 500°C 훈연액 처리구 모두 30 μl/plate 투여시 TA100에서는 250°C 시료 처리시 60 μl/plate 농도에서, 400 및 500°C 시료 처리시 각각 60, 70 및 40 μl/plate 농도에서 TA100에서는 250°C 시료 처리구의 경우 60 μl/plate, 400 및 500°C 훈연액 처리구의 경우 40 μl/plate 투여시에 균치사 독성을 나타내었다. TA98에 S-9 mix를 첨가하지 않은 TA98 균주의 경우 250 및 400°C에서 제조된 훈연액 추출물 처리시 돌연변이원 수는 32~49/plate로 spontaneous revertant 수의 2배 이하였으며 500°C 추출물에서는 4 및 6 μl/plate 투여시 각각 65 및 76으로 돌연변이양성반응을 나타내었다. TA100은 500°C의 추출물 20 μl/plate 투여시 324/plate 양성반응을 나타내었다.

S-9 mix를 첨가한 경우 TA98은 400 및 500°C에서 제조한 훈연액 추출물 처리시 40 및 50 μl/plate 농도에서 돌연변이원성은 102/plate로 각각 나타났으며, TA100에 대하여는 두 온도 시료 모두 195~279/plate로 spontaneous revertant 수의 2배 이하로 나타났다. Table 3에 나타난 돌연변이원 값은 spontaneous revertant 수를 제한 수치로 TA98에 비하여 TA100에서 높은 돌연변이원성을 나타내었으며, 훈연액의 추출온도가 높을 수록 높은 돌연변이원성을 나타내었다.

Table 2. Mutagenicity of smoke flavoring of oak wood in *Salmonella typhimurium* TA98 and TA100 in the absence and presence of S-9 mix.

Test strain	Generation temperature (°C)	Revertants	
		−S9 (4 μl/plate)	+S9(20 μl/plate)
TA98	250	14[a]	21[b]
	400	33	48
	500	56	68
TA100	250	41	39[c]
	400	40	141
	500	268	245

a, b : The number of spontaneous revertants (−S9:32, +S9:47) was subtracted
c, d : The number of spontaneous revertants (−S9:128, +S9:151) was subtracted
−S9 : absence of S-9 mix
+S9 : presence of S-9 mix

Table 3. Mutagenicity of smoke flavoring of apple wood in *Salmonella typhimurium* TA98 and TA100 in the absence and presence of S-9 mix.

Test strain	Generation temperature (°C)	Revertants	
		−S9 (4 μl/plate)	+S9(20 μl/plate)
TA98	250	10[a]	5[b]
	400	17	30
	500	33	33
TA100	250	28[c]	53[d]
	400	56	87
	500	112	105

a, b : The number of spontaneous revertants (−S9:32, +S9:47) in TA98 was subtracted
c, d : The number of spontaneous revertants (−S9:128, +S9:151) in TA100 was subtracted
−S : absence of S-9 mix
+S : presence of S-9 mix

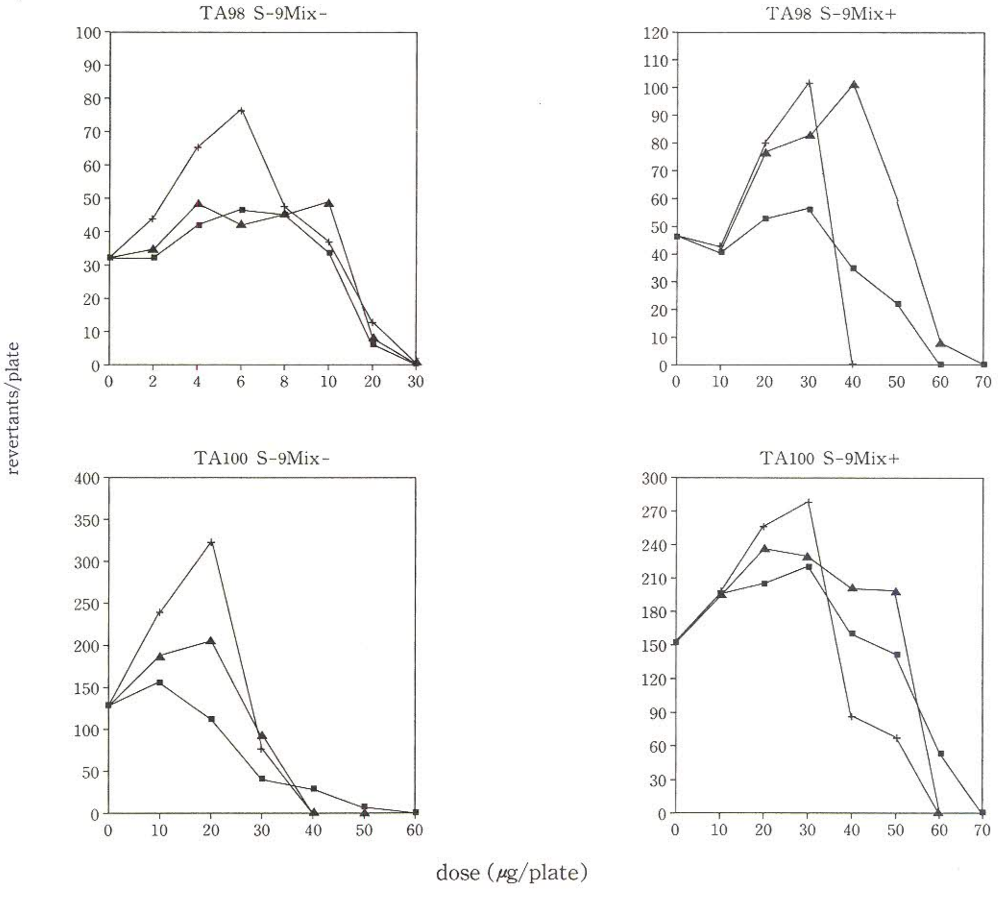

Fig. 2. Mutagenicity of smoke flavoring made from apple wood in *Salmonella typimarium* TA98 and TA 100. 250°C : —■— 400°C : —▲— 500°C : —+—

고 찰

훈연재료로 이용될 수 있는 나무의 성분조성은 다양하며 그에 따라 생성되는 훈연성분도 다양하다. 훈연나무의 분해과정은 cellulose가 분해되어 1,6-anhydroglucose로 변하고 가열을 계속하면 생성된 1,6-anhydroglucose는 acetic acid, phenol, water 및 acetone으로 분해된다. Hemicellulose는 pentosan으로 구성되어 있으며, 가열분해 되어 furan, furfural 및 acid를 생성한다. Pentosan은 cellulose나 lignin 보다 많은 양의 산을 생성하며 열에 약하기 때문에 가장 먼저 분해된다. Phenol 성분은 lignin 열분해에 의한 주요 생성물로 알려져 있다. Lignin은 methanol, acetone 및 여러 종류의 phenol 성분을 생성하고 lignin과 cellulose는 높은 온도에서 산소 부족시 PAHs를 생성한다.

Salmonella typhymurium TA98 및 TA100에 대한 훈연액의 돌연변이원성 실험에 있어서 S-9 mix 비첨가시와 첨가시의 실험결과는 Fig. 1 및 2에 나타난 바와 같다. 굴참나무로 제조한 훈연액의 경우 TA98 및 TA100에 S-9 mix를 첨가하지 않고 250°C에서 제조한 훈연액으로 돌연변이원성을 조사하였을 경우 dose-response curve가 비교적 완만한 하강곡선을 나타낸 반면, 400 및 500°C에서 제조한 훈연액에서는 TA98과 TA100에 대하여 각각 dose-response curve가 상승한 후 급격히 떨어지는 현상으로 나타났으며 이는 훈연액 중에 사용균에대한 치사독성을 나타내는 화합물이 많이 함유되어 있음을 시사한다. Akihiko 등[15]은 hickory와 cherry 수종의 훈연액에서는 TA98의 S-9 mix 비첨가시는 균 치사독성을 나타내지 않았으며 단지 TA100의 S-9 mix 비첨가시의 경우에서만 20 μl/plate 및 30 μl/plate의 농도에서 균 치사독성을 나타내었다고 보고하였으므로 본 결과와는 상반됨을 알 수 있었으나 이는 훈연재의 수종이나 훈연액의 제조방법 차이에 기인된 것으로 사료된다. 사과나무의 경우 TA98 및 TA100에 대하여 S-9 mix 비첨가시 500°C 훈연액에서 각각 6 μl/plate 및 20 μl/plate 농도 수준에서 균 치사독성과 돌연변이원성이 높게 나타났으며, TA98의 S-9 mix 첨가의 경우 400°C 및 500°C에서 각각 40 μl/plate, 30 μl/plate로 나타났고, TA100의 경우는 500°C에서 30 μl/plate으로 균 치사독성과 돌연변이원성이 크게 나타났다. 따라서 참나무와 사과나무로 제조한 훈연액은 TA100이 TA98에 대하여 비교적 높은 돌연변이원성을 나타내었으므로 이는 훈연액 중에 frame-shift type의 mutagen 보다는 base-pair substitution의 mutagen이 다량 포함되어 있는 것을 시사한다.

적 요

본 연구는 *Salmonella typhimurinum*을 이용하여 훈연액의 돌연변이원성을 검색함으로서최적 훈연조건을 확립코저 수행하였다. 훈연 수종으로는 현재 사용되고 있는 국내산 참나무와 현재 사용하고 있지는 않으나 발암물질인 다환방향족 탄화수소(PAHs)의 원인물질이 되는 lignin의 함량이 다른 수종에 비하여 비교적 낮은 것으로 알려진 사과나무를 이용하여 훈연액 성분의 돌연변이원성을 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 연소장치의 연소온도 250, 400 및 500°C에서 제조한 참나무의 훈연액 시험구 중 S-9 mix를 첨가하지 않은 TA98 균주에서는 각각의 온도에서 모두 돌연변이원성이 나타났으며, TA100에서는 400°C에서 제조한 훈연액 첨가구에서 20 μl/plate, 500°C 훈연액 첨가구에서 20 및 30 μl/plate 농도에서 돌연변이원성이 나타났다.
2. 굴참나무의 훈연액에 S-9 mix를 첨가한 TA98 균주 시험구에서는 높은 온도에서 돌연변이원성이 관찰되었으며 TA100 시험구에서는 400°C에서 제조한 훈연액에서 30, 40 및 50 μl/plate, 500°C 훈연액 첨가시에서는 20 및 30 μl/plate 농도 수준에서 돌연변이원성이 나타났다.
3. 사과나무의 훈연액 시험구 중 S-9 mix를 첨가하지 않은 TA98 균주에서는 250 및 400°C에서 약한 돌연변이원성을 보였으나 500°C에서는 4 및 6 μl/plate 농도에서 돌연변이원성을 나타내었다.
4. 사과나무의 훈연액 시험구에 S-9 mix를 첨가한 경우 TA98 균주에 대하여 400 및 500°C 훈연액 제조구에서 각각 40 μl/plate 및 20 μl/plate 농도에서 변이원성을 나타내었고, TA100 균주에 대하여는 두 훈연액 제조온도가 높을수록 돌연변이원성이 증가하는 경향으로 나타났다.
5. 굴참나무와 사과나무 훈연액 중의 돌연변이원성이 dose-response curve가 정점에 도달한 후 훈연액의 첨가량이 증가할수록 급격하게 떨어지는 것은 훈연액 중에 포름알데히드와 페놀 화합물과 같은 세포독성을 가진 물질이 존재자체가 증식하지 못하는 데 기인한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Tilgner, D.J. : Fortschritte in der raucher technologie. Fleischwirtschaft, 57:42(1977).
2. IARC : Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of the chemical to man certain polycyclic aromatic hydrocarbons and heterocyclic compounds. Lyon, International Agency for Research on Cancer 3(1973).
3. Mories, M. : Further mutagenicity studies on pesticides in bacterial reversion assay systems, Mutat. Res., 116:185(1983).
4. Chikaku D., Watanabe K., and Watanabe S. : Studies on mutagenicity of commercial "Smoke Flavors". Bull. Azabu. Univ. Vet. Med., 4:69 (1983).
5. Nagao, M., Honda, M., Seino, Y., Yahagi, T., and Sugimura, T. : Mutagenicities of smoke condensate and the charred surface of fish and meat. Cancer Lett., 2:221(1977).
6. Felton, J.S., Kealy, S.K., Stuermer, D.H., Berry, C., Timourion, H., Hatch, F.T., Morris, M., and Bjeldanes, L.F. : Mutagens from the cooking of food (1) Improved isolation and characterization of mutagenic fractions from cooked ground beef. Mutation Res., 88:33(1981).
7. Ingrid B., vervik E., Nord C., and Gustafesson J. : Mutagenic activity in smoke formed during broiling of lean pork at 200, 250 and 300°C. Mutation Res., 207:199(1988).
8. Knize, M.G., Andresen, B.D., Healy, S.K., Shen, N.H., Lewis, P.R., Bjeltones, L.F., Hatch, F.T. and Felton, J.S. : Effect of temperature fatty thickness and fat content on the production of mutagens in fried ground beef. Food Chem. Toxicol., 23:1035(1985).
9. Becher, G., Knize, M.G., Nes, I.F., and Falton, I.S. : Isolation and identification of mutagens from a fried Norwegian meat product. Carcinogenesis, 9:247(1988).
10. Becher, G., Knize, M.G., and Felton, J.S. : Identification and synthesis of new mutagens from a fried Norwegian meat product. Vür Foda., 42:85 (1989).
11. Berndt, H., Gummel, H., and Wildner, G.P. : Zur problematik and weiteren entwicklung der krebsbek mpfung in der DDR. Drsch. Gesundkeitswe. 20:786(1965).
12. Shabad, L.M. : Some data on the carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons of the environment (Hungarian). Magzar Onkologia, 23:3-11 (1979).
13. Hee Gon Kang, Ki Young Han, In Sil Yu, Il Young Kim, Hyun Ju Jung, Sung Won Kim and Dug Haeng Lee : Effect of smoking temperature on the content of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoke flavoring. Report of S.I.H.E., 30: 100(1994).
14. Ames, B.N., J, McCann and E, Yamaski. : Methods for detecting carcinogens and mutagens with the Samonella/mammanalian. Mutation Res. 31:347(1975).
15. Akihiko N., Mitsuru S., Tadao F., Koich K. and Schigeru M.J. : Mutagenicity of smoke flavorings. Food Hyg. Soc., Japan, 33:533(1992).