

훈연재료와 훈연조건에 따른 제품 중의 다환방향족 탄화수소 함량의 변화

강희곤* · 이경호 · 김정환 · 김창한
서울시 보건환경연구원*, 건국대학교 동물자원연구센터

Variations of the Contents of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons on Smoking Materials and Smoking Conditions in Smoked Meat Products

Hee-Gon Kang*, Keyong-Ho Lee, Jeong-Hwan Kim and Chang-Han Kim

Seoul Public Health and Environment Research Institute*
Animal Resource Research Center, Kon-Kuk University

Abstract

This study was carried out to establish optimum smoking conditions, i.e., smoking temperature, time, and smoking material for meat products. Smoking materials employed for smoking were oak and apple trees. Roast ham and wiener produced by various smoking conditions were subjected to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) analysis. Benzo(a)pyrene was not detected in roast ham and wiener prepared with oak wood smoked and apple wood smoked at 250°C. The contents of benzo(a)pyrene in roast ham and wiener with apple wood smoked at 400°C were 0.6 and 0.7 µg/kg, and those sample smoked at 500°C were 1.3 and 1.1 µg/kg, respectively. These results indicate that smoking temperature higher than 500°C is not suitable for meat products due to the high production rate of benzo(a)pyrene. The higher smoking temperature of the products, the higher the content of PAHs. The similar tendency was observed in smoking time. PAHs contents of the products smoked with oak wood was ranged from non-detection to 0.5 µg/kg. Meat products smoked for 75 min, were found to be highly valuable from the viewpoints of flavour and color.

Key words : polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs), benzo(a)pyrene, oak wood, apple wood.

서 론

훈연에 사용되는 수종은 수지가 적고 좋은 향미를 내며 또한 유해화합물의 발생이 적은 것으로 알려진 hickory, mesquite, cherry, walnut, apple 및 oak 등의 경질나무들이며^(1, 2), 국내에서는 굴참나무와 졸참나무 등의 경질 나무가 chip 형태로 만들어져 이용되고 있다.

훈연과정에서 발생하는 유기화합물의 수는 약 1,000 종으로 추산되고 있으며, 이 중 약 500여 종류가 제품의 향미에 영향을 주는 것으로 알려져 있다⁽³⁾. 훈연성분은 주로 phenol 류, organic acids, alcohols, carbonyls, hy-

drocarbons 등과 같은 화합물로 이루어져 있으며 이중 phenol 성분은 항산화성 및 보존성을 부여함과 동시에 특유한 풍미를 생성하는데 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 왔고⁽⁴⁻⁷⁾, 이러한 훈연 성분 중에는 2~6개의 고리를 가지고 있는 PAHs 화합물 이외에도 formaldehyde, phenol 등과 같이 다양한 화합물이 함유되어 있어

Corresponding author : Hee-Gon Kang, Seoul Public Health and Environment Research Institute.

암 유발 가능성을 높이고 있다^(8~10). 육제품의 훈연처리하는 제품의 풍미와 색조를 개선하고 항산화, 항균작용뿐만 아니라 살균 등 보존성을 향상시켜 주는 효과가 있기 때문에 옛부터 실시해 오고 있는 공정 중의 하나이다^(11, 12). 그러나 훈연공정에서 발생하는 유해 성분도 많으며 위에서 많은 연구자들이 지적한 바와 같이 훈연과정에서 생성되는 PAHs 중에서 benzo(a)pyrene은 이미 발암성 화합물로서 알려져 있기 때문에 이들 원인 물질의 배제 및 생성 최소화를 위한 연구가 절실히 요구된다.

이미 본자는 전보⁽¹³⁾에서 굴참나무와 사과나무로부터의 훈연액 중의 주된 PAHs는 phenanthrene, anthracene, pyrene 및 benzo(a)anthracene 등의 화합물로서 그 함량에 관하여 조사하였으며, 본 연구에서는 전보의 결과를 바탕으로 하여 훈연육제품을 생산할 때 훈연처리과정 중 발생하는 PAHs의 생성량을 훈연재료, 훈연시간 및 온도변화에 따라 조사하였다.

재료 및 방법

훈연육제품의 제조

1) Generator의 연소온도에 따른 훈연육제품의 제조

(1) Roast ham

정선된 돈육의 등심부위를 세절하여 원료육으로 사용하였다. 원료육에 대하여 식염 2%, 인산염 1.2%, 아질산염 0.07%, 포도당 0.6% 및 냉수 18%로 염지액을 만들어 원료육과 섞어 3℃의 냉장실에서 24시간 염지 숙성시킨 후 500 g 단위로 정형하였다. 정형된 제품을 smoke chamber(ASR-ROMBAIR012, Maurer, Germany)의 온도를 50℃로 설정하여 20분간 건조시킨 다음 generator의 연소온도를 250, 400 및 500℃로 각각 설정하고 각각의 온도에서 굴참나무와 사과나무를 연소시키면서 각 훈연액에 대하여 50 분간 훈연시켜 훈연제품을 제조하였다. 훈연된 제품을 중심온도 70℃에서 15분간 가열 살균한 다음 진공포장하여 실험에 사용하였다.

(2) Wiener

돈 후지부위육을 원료로하여 원료육에 대하여 등지방 20%, 식염1.5%, 얼음 18.4%, 아질산염 0.05%, 인산염 0.25%, 포도당 0.6%, 조미료 0.1% 및 향신료 0.6% 등의 첨가물을 가하여 silent cutter에서 혼합·만육한 다음 천연 casing(洋腸, 宇星通商)에 50 g씩 충전하였다. 충전된 제품을 roast ham 훈연방식으로 제품을 제조하여 실험에 사용하였다.

2) 훈연시간에 따른 훈연육제품의 제조

훈연시간에 따른 roast ham과 wiener의 제조는 훈연온도에 따른 육제품제조시 사용한 원료배합비와 동일하게 하였으며, 제조공정도 훈연과정을 제외하고는 모든 조건을 동일하게 실시하였다. 즉, 훈연을 generator 연소온도가 200~400℃ 범위에서 상승과 하강을 반복하도록 설계된 훈연육제품 제조기(Verox 3262-1, Italy)에서 훈연시간을 45, 60 및 70분으로 각각 설정하여 각각의 훈연시간에 따른 roast ham과 wiener를 제조하여 실험에 사용하였다.

훈연육제품의 성분 분석

실험에 사용하기 위하여 제조된 훈연육제품에 대하여 수분, 회분, 조단백질, 조지방 및 아질산근의 함량을 위생시험법⁽¹⁴⁾에 따라 분석하였다.

훈연육제품의 방향족 탄화수소의 분석

훈연육제품으로부터 방향족 탄화수소의 추출 및 분리는 전보와 같은 방법으로 실시하였다. 즉, 시료의 검화, 용매추출을하여 silica gel column chromatography와 Sephadex LH-20 chromatography을 이용하였고, 마지막으로 HPLC을 이용하여 훈연육제품 중의 방향족 탄화수소를 분석하였다.

결과 및 고찰

훈연육제품의 일반성분

훈연육제품의 다환방향족 탄화수소의 함량을 조사하기 위하여 제조한 roast ham과 wiener의 일반성분 및 아질산의 함량 조사결과를 Table 1와 같다. Roast ham과 wiener의 수분

Table 1. The chemical composition of smoked roast ham and wiener

Compound		Roast ham	Wiener
Moisture	(%)	70.3	49.2
Ash	(%)	2.5	2.2
Crude fat	(%)	4.5	31.1
Crude protein	(%)	20.9	15.6
Carbohydrate	(%)	1.9	1.9
Nitrite	(g/kg)	0.005	0.002

Data are means from each of three seperated experiments.

함량은 70.3 및 49.2%, 조지방 함량은 4.5와 31.3%, 조단백질 함량은 20.9와 15.6%, 탄수화물 함량은 두 제품 모두 1.9%이었다. 한편 아질산근은 roast ham이 0.005 ppm이고 wiener는 0.002 ppm으로 모두 법정 허용기준치 이하이었다.

연소장치의 연소온도 변화에 따른 훈연육제품 중 방향족 탄화수소 함량의 변화

1) 굴참나무로 훈연한 roast ham과 wiener의 방향족 탄화수소 함량

굴참나무 수종을 훈연재료로 하여 generator에서 발생하는 온도 250, 400 및 500℃에서 45분간 훈연한 roast ham과 wiener에서 PAHs를 분석하여 발생 온도별 차이와 제품간의 차이를 비교한 결과는 Table 2와 같다.

Generator 온도가 250℃일때에 roast ham은 anthracene의 함량이 8.3 µg/kg으로 가장

높았고 다음으로 phenanthren, benzo(a)anthracene, pyrene 및 chrysene의 순으로 나타났다. benzo(a)pyrene은 검출되지 않았다. Wiener에서는 anthracene이 7.5 µg/kg으로 제일 많았고 chrysene과 benzo(a)pyrene은 검출되지 않았다. 그러나 generator 온도가 400 및 500℃로 상승함에 따라 그 함량은 증가하였다. 즉, roast ham을 훈연할 때 generator 온도가 400 및 500℃로 상승함에 따라 pyrene이 2.4와 7.3배, chrysene은 3.5와 5.5배, benzo(a)anthracene이 1.6과 1.9배, phenanthrene이 1.8과 5.5배 및 anthracene이 1.2와 2.1배로 각각 증가되고, benzo(a)pyrene은 250℃에서 검출되지 않았던 것이 400 및 500℃에서 각각 0.6 및 1.3 µg/kg으로 검출되었다. 그리고 wiener의 경우 generator 온도가 250℃일 때를 기준으로 하여 400 및 500℃로 변화시킨 결과 pyrene이 각각 3.2와 9.8배, benzo(a)anthracene이 1.8과 2.0배, phenanthrene은 1.5와 5.7배, 그리고 anthracene은 1.2와 2.3배로 높아지고, chrysene과 benzo(a)pyrene은 generator 온도 250℃에서는 검출되지 않았으나 400℃에서는 각각 0.5 및 0.7 µg/kg, 500℃에서 각각 1.2 및 1.1 µg/kg이 검출되었다.

2) 사과나무로 훈연한 roast ham과 wiener의 방향족 탄화수소 함량

사과나무를 훈연재료로 하여 generator 온도를 250, 400 및 500℃로 하였을 때 얻은 roast ham과 wiener의 PAHs 함량변화는 Table 3

Table 2. Effect of generation temperature on the formation of PAHs in roast ham and wiener smoked with oakwood

PAHs	Generation temperature(℃)					
	250		400		500	
	Roast ham	Wiener	Roast ham	Wiener	Roast ham	Wiener
Pyrene	1.5*	1.2	3.6	3.9	10.9	11.8
Chrysene	0.2	ND	0.7	0.5	1.1	1.2
Benzo(a)pyrene	ND	ND	0.6	0.7	1.3	1.1
Benzo(a)anthracene	2.2	1.8	3.5	3.4	4.1	3.7
Phenanthrene	8.3	7.5	10.1	9.3	17.5	18.2
Anthracene	3.1	3.2	5.6	4.9	17.1	17.2

ND : non-detected, *: The values of PAHs are expressed as µg/kg. Data are means from each of three seperated experiments.

Table 3. Effect of generation temperature on the formation of PAHs in roast ham and wiener smoked with apple wood

PAHs	Generation temperature(°C)					
	250		400		500	
	Roast ham	Wiener	Roast ham	Wiener	Roast ham	Wiener
Pyrene	1.1*	1.0	3.3	3.1	9.4	9.0
Chrysene	ND	ND	0.3	0.3	0.8	0.7
Benzo(a)pyrene	ND	ND	0.3	0.4	0.9	1.1
Benzo(a)anthracene	1.9	2.1	3.3	3.7	3.5	3.9
Phenanthrene	7.0	6.3	10.4	11.2	17.3	18.0
Anthracene	3.2	3.5	5.1	4.6	13.7	12.2

ND : non-detected, *: The values of PAHs are expressed as $\mu\text{g}/\text{kg}$. Data are means from each of three separated experiments.

와 같다. Generator 온도가 250°C일 때에는 roast ham과 wiener 제품 모두에서 chrysene과 benzo(a)pyrene이 검출되지 않았고 pyrene이 각각 1.1과 1.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$, benzo(a)anthracene이 1.9와 2.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$, phenanthrene이 3.2와 3.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 그리고 anthracene은 7.0와 6.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 검출되었으며 400°C로 generator 온도를 변화시키기에 따라 roast ham과 wiener에서 pyrene이 3.0과 3.1배, benzo(a)anthracene이 1.7과 1.8배로 증가되었다. 또한 500°C로 generator 온도를 변화시켰을 경우에는 roast ham과 wiener에서 pyrene이 각각 8.5와 9.0배, benzo(a)anthracene이 1.8과 1.5배, phenanthrene이 4.3과 3.5배 및 anthracene은 2.5와 2.9배로 그 함량이 증가하였다. 그리고 generator 온도가 200°C에서는 검출되지 않았던 chrysene과 benzo(a)pyrene이 400°C로 generator 온도를 변화시키므로써 roast ham과 wiener에서 모두 0.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 검출되고, 500°C로 상승시켰을 때에는 roast ham에서 0.8과 0.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로, wiener에서는 0.7과 1.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 검출되었다.

다환방향족 탄화수소의 함량은 훈연발생온도가 높을수록 생성량도 많아지는 것을 알수 있었다. 특히 발암물질로 알려진 benzo(a)pyrene의 경우는 400°C에서부터 검출이 되기 시작하였다. 그러나 훈연재료별간의 다환방향족 탄화수소의 생성량 차이는 전반적으로 커다란 차이를 보이지 않았다.

훈연시간 변화에 따른 훈연육제품의 방향족 탄화수소 함량의 변화

1) 굴참나무로 훈연한 roast ham과 wiener의 방향족 탄화수소 함량

굴참나무를 훈연재료 하여 훈연온도가 200~400°C로 자동 조절되도록 하고 45, 60 및 75분간 훈연한 roast ham과 wiener의 PAHs 함량은 Table 4와 같다. 위의 조건에서 45분간 훈연한 제품에서는 benzo(a)pyrene이 검출되지 않았다. Benzo(a)pyrene 외의 PAHs로서 pyrene은 roast ham과 wiener에서 각각 1.7과 1.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$, chrysene은 0.4와 0.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$, benzo(a)anthracene은 2.5와 2.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로서 wiener보다 roast ham에 이들 화합물이 다소 많이 함유되어 있었고, phenanthrene은 4.0과 4.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$, anthracene은 8.6과 8.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로서 wiener에 더 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 이러한 PAHs의 함량은 가열시간을 60분 및 75분으로 하였을 때 다소 높아진 것을 알 수 있었으나 그 차이는 별로 크지 않았다. 즉, roast ham의 경우 훈연시간 45분을 기준으로 하였을 때 60분 및 75분간 훈연시 pyrene이 각각 1.2와 1.6배, chrysene은 1.0와 1.2배, anthracene은 모두 1.1 배 정도 밖에 증가하지 않았으며 benzo(a)pyrene은 훈연을 45분간 하였을 때 검출되지 않았으나 60분 처리구에서 0.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 75분 처리구에서 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이 검출되었다. 이러한 현상들은 wiener의 경우에도 비슷하게 나타났다. 따라서 훈

Table 4. Effect of smoking time on the formation of PAHs in roast ham and wiener smoked with oak wood

PAHs	Smoking time(min.)					
	45		60		75	
	Roast ham	Wiener	Roast ham	Wiener	Roast ham	Wiener
Pyrene	1.7*	1.5	2.0	2.3	2.7	2.6
Chrysene	0.4	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6
Benzo(a)pyrene	ND	ND	0.3	0.3	0.5	0.7
Benzo(a)anthracene	2.5	2.1	2.7	2.3	3.1	2.7
Phenanthrene	8.6	8.8	9.2	8.9	9.5	9.3
Anthracene	4.0	4.2	4.5	4.4	4.6	4.9

ND : non-detected, *: The values of PAHs are expressed as $\mu\text{g}/\text{kg}$. Data are means from each of three separated experiments.

연시간에 따른 두 제품간의 이들 성분 차이는 유의성은 없는 것으로 보인다.

2) 사과나무로 훈연한 roast ham과 wiener의 방향족 탄화수소 함량

Smoke chamber(Verox 3262-1, Italy)를 이용하여 제조한 roast ham의 PAHs함량은 Table 5와 같다. 45 분간 훈연한 roast ham의 경우 PAHs함량은 불검출~7.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 의 범위로 비교적 낮게 검출되었으며, 이 중 benzo(a)pyrene은 검출되지 않은 반면, phenanthrene은 7.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 비교적 높았다. 60 분간 훈연한 제품의 경우 PAHs함량은 0.4~7.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 의 범위로 훈연시간이 증가함에 따라 다소 증가되는 경향이었으며, 이 중 benzo(a)pyrene은 0.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 낮게 검출되었고 phenanthrene은 7.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 다소 높은 함

량이었다. 75 분간 훈연한 경우 PAHs함량은 0.4~8.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 60 분간 제조한 제품에 비하여 각 PAHs 함량은 다소 높게 검출되었다. Benzo(a)pyrene은 0.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 낮았으며 phenanthrene은 8.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 다소 증가됨을 나타냈다. Wiener의 PAHs 함량 분석결과, 45 분간 훈연한 제품의 PAHs 함량은 불검출~7.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 roast ham의 PAHs함량과 거의 유사하게 나타났다. 이 중 benzo(a)pyrene은 불검출, phenanthrene은 7.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 의 수준으로 낮게 나타났다. 60 분간 훈연한 제품의 경우 PAHs함량은 0.2~7.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 의 범위로 나타났고, 75 분간 훈연한 제품의 경우는 0.3~8.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 의 범위로 훈연시간이 증가함에 따라 PAHs함량도 증가되는 경향이였다. 사과나무를 사용하여 75 분까지 훈연시간을 증가시켜 wiener제품을 제조하였을

Table 5. Effect of smoking time on the formation of PAHs in roast ham and wiener smoked with apple wood

PAHs	Smoking time(min.)					
	45		60		75	
	Roast ham	Wiener	Roast ham	Wiener	Roast ham	Wiener
Pyrene	1.6*	1.5	1.8	1.7	2.7	2.5
Chrysene	0.5	0.4	0.7	0.7	0.7	0.6
Benzo(a)pyrene	ND	ND	0.4	0.2	0.4	0.3
Benzo(a)anthracene	2.0	2.1	2.4	2.3	2.5	2.7
Phenanthrene	7.2	7.4	7.7	7.5	8.5	8.7
Anthracene	3.2	3.0	3.5	3.3	3.8	3.9

ND : non-detected, *: The values of PAHs are expressed as $\mu\text{g}/\text{kg}$. Data are means from each of three separated experiments.

경우 benzo(a)pyrene 함량은 독일기준치($1 \mu\text{g}/\text{kg}$ 이하)보다 낮은 수치를 나타내었다.

훈연육제품인 roast ham이나 wiener를 제조할 때에는 제조일의 대기습도, 온도 및 풍속 등의 기상요건에 따라 훈연소요 시간을 다소 달리한다⁽¹⁵⁻¹⁸⁾. Haward⁽¹⁹⁾에 의하면 식품표면에 침착되는 PAHs 화합물은 훈연시간이 길어짐에 따라 식품내부로 침투된다고 한다. 따라서 제품이 훈연성분에 노출되는 시간이 길면 길수록 제품에 침착되는 PAHs의 함량도 증가되리라 예상되었고, 본 실험에서 훈연공정의 조건에 따라 roast ham과 wiener를 제조하여 육제품 중의 PAHs 함량 변화를 조사하였다. 즉 roast ham과 wiener를 훈연할 때 generator의 발생온도가 200~400℃로 자동 조절할 수 있도록 설계된 훈연제품제조기 45, 60 및 75분간 훈연하여 그 결과를 비교하였다. 상기의 조건에서 육제품의 품질에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나, 유해훈연성분인 PAHs의 함량은 훈연온도가 높을수록 크게 증가하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 검토된 훈연재료 및 시간 45~75 분에 따른 PAHs의 함량변화는 상대적으로 다소 완만한 증가 추세를 보여, 훈연시간보다 훈연온도의 조건설정이 PAHs의 함량변화에 더욱 중요하다고 사료된다.

요 약

육제품 제조의 훈연공정에서 생성되는 유해성분인 PAHs의 훈연조건 즉, 훈연재료, 시간 및 훈연온도 등에 따른 생성량의 변화에 대하여 조사하였다.

굴참나무로 훈연제조한 roast ham 및 wiener 제품의 benzo(a)pyrene은 250℃에서는 검출되지 않았으며, 400℃ 제품에서 각각 0.6 및 0.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었으며, 500℃ 제품에서는 1.3 및 1.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 많은 양이 검출되었다. 사과나무로 제조한 roast ham 및 wiener 제품의 경우, 250℃에서는 검출되지 않았으며, 400℃ 제품에서 각각 0.3 및 0.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었고, 500℃ 제품에서는 0.9 및 1.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 나타나 사과나무 역시 500℃ 이상에서 훈연제품을 제조할 때에는 제품에 대한 향미와 상품가치 부여는 인정되었지만, benzo(a)pyrene의 함량증가

로 식품으로서는 적합하지 않은 것으로 사료되었다. 훈연시간을 45, 60 및 75분으로 조절할 경우 PAHs 함량은 온도증가에 따라서 다소 증가하는 경향으로 나타났다. 따라서 훈연제품의 적절한 훈연온도는 400℃ 이하로 규제하는 것이 바람직하다고 사료된다.

참고문헌

1. Maga, J. A. : Polycyclic aromatic hydrocarbon composition of mesquite smoke and grilled beef. *J. Agriculture Food Chemistry*, 34, 29 (1986).
2. Malanoski, A. J., Greenfiled, E. L., Barnes, C. J., Worthington, J. M., and Joe, F. L. : Survey of PAH in smoked food. *J. Asso. Off. Anal. Chem.*, 35, 114 (1968)
3. Tilgner, D. J. : Fortschritte in der Raucher technologie. *Fleischwirtschaft*, 57, 42 (1977).
4. IARC : Environmental carcinogenes, selected methods of analysis. 3, PAHs; IARC publication. 29.(Lyon France) (1979).
5. Miller, W. D. : Further observations on the presence of cocarcinogens in curing smokes. *Technologia. Mesa. Spec.* p. 33 (1962)
6. Klettner, P. G. : Heutige rauchertechnologien bei fleischerzeugnissen. *Fleischwirtschaft*, 59, 41 (1979).
7. Draudt, H. N. : The meat smoking process : A review. *Food Technol.*, 17, 85 (1963)
8. Berndt, H., Gummel, H. and Wildner, G. P. : Zur problematik and weiteren entwicklung der krebsbek mpfung in der DDR. *Drsch. Gesundheitswe.* 20, 786 (1965).
9. Shabad, L. M. : Some data on the carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons of the environment (Hungarian). *Magzar Onkologia*, 23, 3 (1979).
10. Suess, M. J. : The environmemtal load

- and cycle of polycyclic aromatic hydrocarbons. *The Science of the Total Environment*, 6, 239 (1976).
11. Miller, W. D. : Curing and smoking. *Fleischwirtschaft*, 71, 61 (1991).
 12. Pottast, K. and Eigner, G. : Formaldehyde in smokehouse smoke and in smoked meat products. *Fleischwirtschaft*, 66, 1261 (1991).
 13. 강희곤, 이명섭, 이광형, 김창한 : 훈연공정이 훈연액 중의 다환방향족 탄화수소의 함량에 미치는 영향, 한국축산식품학회지, 18(1), 42 (1998).
 14. 衛生試設法注解 : 金原出版株式會社, p. 225, 481 (1990).
 15. Boys, A. J., Klossowska, B., Obiedzinski, M., and Olkiewics, M. : Influence of combustion on the composition of carbonylic, carboxylic, polynuclear hydrocarbons and phenolic compounds present in wood smoke. *Acta. Aliment. Pol.*, 6, 135 (1977).
 16. Gorelova, N. D., Dikun, P. P., Solink, V. A., and Emshanova, A. V. : The 3, 4-benzopyrene content of fish smoked by different process. *Vapr. Onkol.*, 6, 33 (1960)
 17. Panalaks, T. : Determination and identification of PAH in smoked and charcoal broiled food products by high pressure liquid chromatography and gas chromatography. *J. Environ. Sci. Health Bull.*, 4, 299 (1976)
 18. Rhee, K., and Bratzler, L. : Benzo(a)pyrene in smoked meat products. *J. Food Sci.*, 35, 146 (1970)
 19. Howard, J. W., White, R. H., Fry, B. E., and Turicchi, E. : Extraction estimation of PAH in smoked foods. II. Benzo(a)pyrene. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 49, 611 (1966).

(1998년 12월 8일 접수)