

훈연공정이 훈연액 중의 다환방향족 탄화수소의 함량에 미치는 영향

강희곤* · 이명섭 · 이광형 · 김창한

건국대학교 축산가공학과 및 동물자원연구센터, *서울시 보건환경연구원

Effect of Smoking Process on the Contents of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Smoke Flavouring

Hee-Gon Kang*, Myung-Sub Lee, Kwang-Hyoung Lee and Chang-Han Kim

Dept. of Animal Products Science and Animal Resources Research Center, Kon-Kuk University,
*Seoul Public Health and Environment Research Institute

Abstract

The contents of holocellulose, one of the main components of the wood, were 83.9% in oak wood and 76.9% in apple wood, respectively. Those of hemicellulose were 16.41 and 20.33%, and in lignin 23.0 and 19.7%, respectively. Six species of domestic oak wood and apple wood were considered to be suitable for smoking materials due to the low content of lignin. Benzo(a)pyrene contents in smoke flavoring prepared with oak wood at 250, 400 and 500°C were 0.4, 3.7 and 5.6 µg/kg, respectively. The amounts of phenanthrene were 112.7, 131.4 and 255.9 µg/kg, respectively, in each temperature. The amounts of polycyclic aromatic hydrocarbons(PAH) in smoke flavory were in the order of phenanthrene > anthracene > pyrene > benzo(a)anthracene > chrysene > benzo(b)fluoranthens > benzo(a)pyrene. Benzo(a)pyrene contents in smoking extracts prepared with apple wood at 250, 400 and 500°C were 0.4, 3.3 and 5.5 µg/kg, respectively. Phenanthrene contents in those samples were 72.7, 100.2 and 220.5 µg/kg, respectively. Contents of each PAH showed the same order as in oak wood.

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

서 론

훈연은 석기시대 수렵자들이 연기가 발생하는 불 위에 고기를 걸어 놓았을 때 저장효과가 높고 좋은 풍미를 부여한다는 사실을 알면서부터 시작된 가장 오래된 저장방법 중의 하나이며⁽¹⁾, 오늘날에도 제품에 특유한 훈연향과 색택을 부여하고 보존성을 증진시키기 위한 목적으로 이용되고 있다. Ham이나 dry sausage 등과 같은 훈연식품의 보존성과 안정성은 훈연 성분 중의 방부성이 강한 formaldehyde가 곰팡이나 효모 등의 발생이나 생육을 억제함으로써 가능한 것으로 알려져 있다⁽²⁾.

Corresponding author : C. H. Kim, Dept. of Animal Products Science, Kon-Kuk University, 93-1 Mojin-Dong, Kwangjin-Ku, Seoul 143-701, Korea.

훈연은 일정한 습도와 온도 하에서 연기성분을 제품에 침착시키는 것으로 여기에 사용되는 수종은 수지(樹脂)가 적고 좋은 향미를 내며 또한 유해화학물의 발생이 적은 것으로 알려진 hickory, mesquite, cherry, walnut, apple 및 oak 등의 경질나무들이며^(3,4), 국내에서는 굴 참나무와 졸참나무 등의 경질나무가 chip 형태로 만들어져 이용되고 있다.

훈연과정에서 발생하는 유기화학물의 수는 약 1,000종으로 추산되고 있으며, 이 중 약 500여 종류가 제품의 향미에 영향을 주는 것으로 알려져 있다⁽⁵⁾. 훈연성분은 주로 phenol류, organic acids, alcohols, carbonyls, hydrocarbons 등과 같은 화합물로 이루어져 있으며 이 중 phenol 성분은 항산화성 및 보존성을 부여함과 동시에 특유한 풍미를 생성하는 데 기여

하는 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 화합물⁽⁶⁾로서 관심의 대상이 되어 왔다. 이 발암성 물질은 나무의 주성분인 lignin이 350℃ 이상의 고온에서 연소 분해될 때 생성되며⁽⁷⁾, 500℃ 이상에서는 그 생성량이 현저하게 증가되기 때문에 훈연의 이상적인 온도는 400℃ 이하라고 보고된 바 있다⁽⁸⁾. Draudt 등⁽⁹⁾은 PAHs 화합물의 생성량은 훈연에 사용되는 나무의 형태, 연소장치(generator)의 형식, 연소온도, generator의 공기 공급량, 나무의 수분함량 등에 의하여 영향을 받는다고 하였으며, 또한 훈연실 온도, 제품 표면의 수분 함량, 훈연방법과 연기침착 정도 등에 의해서도 PAHs 생성량이 차이가 있다고 보고하였다. 또한 Suess⁽¹⁰⁾은 발암성 PAHs 중 benzo(a)pyrene이 차지하는 비율은 1-20%에 달하고 있으며 각종 오염원으로부터 방출되고 있는 양은 연간 5,000톤으로 추산되고 있다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 오늘날 육가공 공장에서 훈연육 제품을 생산할 때 훈연처리공정 중 발생하는 PAHs 물질을 훈연재료, 훈연시간 및 온도 변화에 따라 조사하여 훈연액의 최적 생산조건을 확립하고자 실시하였다.

재료 및 방법

참나무와 사과나무의 성분 분석

참나무와 사과나무는 건국대학교 축산대학 육가공 실습장에서 제공받은 후 훈연액 및 훈연제품 제조에 이용하였으며, 각 성분 분석은 Schorger에 의한 근사 분석법(proximate analysis)을 근간으로 하는 Test Method Technical Association of the Pulp and Paper Industry(TAPPI)의 방법에 따라 수행하였다.

1) 회분

회화용 crucible에 시료 5g을 취하여 300℃ 이하의 온도에서 서서히 예비 탄화시킨 후 575

±25℃ 회화로에서 수시간 회화시킨 후 dessicator에서 30분간 방냉하여 칭량하는 조작을 반복하여 함량을 구하였다. 회분 함량은 회화 후의 시료무게를 회화 전의 시료무게로 나누어 퍼센트로 나타내었다.

2) 각종 추출 성분

(1) 냉수 추출물의 정량

수분 함량을 알고 있는 참나무와 사과나무의 분말시료 2g을 500ml용 비이커에 넣고 300ml의 증류수를 가한 다음 실온에서 48시간 동안 교반하면서 냉수 추출하였다. 추출물의 정량은 미리 glass filter의 무게를 칭량하고 칭량된 glass filter를 사용하여 냉수 추출한 시료를 여과한 다음 냉수로 충분히 세척하여 glass filter와 남아 있는 비추출물의 무게를 105℃ 항온 건조기에서 건조하여 황산 dessicator에서 냉각하는 조작을 반복하여 함량을 구하여 냉수 추출전 시료의 무게에서 냉수 추출 후의 시료의 무게를 뺀 값을 냉수 추출 전의 시료의 무게로 나누어 퍼센트로 나타냈다.

(2) 온수 추출물의 정량

시료 2g을 200ml용 삼각 플라스크에 취하고 100ml의 증류수를 가한 후 환류 냉각기를 부착시킨 다음 끓는 수조에서 3시간 동안 온수 추출하였다. 온수 추출물의 정량은 미리 무게를 알고 있는 glass filter를 사용하여 온수 추출된 시료를 여과하고 온수 추출되지 않은 시료를 105℃에서 건조하여 황산 dessicator에서 냉각하는 조작을 반복하여 건조무게를 구하고 온수 추출 전의 시료무게에서 온수 추출 후의 시료무게를 뺀 값을 온수 추출 전의 시료무게로 나누어 퍼센트로 나타내었다.

(3) 1% NaOH 용액 추출물의 정량

수분 함량을 알고 있는 참나무와 사과나무의 분말시료 2g을 200ml용 비이커에 넣고 1% NaOH용액 100ml를 가하여 덮개를 덮은 후 끓는 수조 안에서 정확히 1시간 동안 10, 15 및 20분 간격으로 3초간 저어주면서 추출하였다. 추출이 끝나면 glass filter를 사용하여 여과하고 물, acetic acid 및 물의 순서로 세척하고난 다음 105℃ 항온건조기에서 건조하여 CaCl₂

dessicator에서 냉각하는 조작을 반복하여 항량을 구하였다. 결과의 표시는 1% NaOH 용액 추출 전의 무게에서 추출 후의 시료무게를 뺀 값을 추출 전의 시료무게로 나누어 퍼센트로 표시하였다.

(4) Alcohol-benzene 용액 추출물의 정량

수분 함량을 알고 있는 참나무와 사과나무의 분말 시료 2g을 원통형 여과지(Toyo filter No. 84, Japan)에 넣고 ethyl alcohol-benzene(1:2, v/v) 용액 200ml을 추출 용매로 하여 95°C의 수조에서 Soxhlet 추출기(국제과학, Korea)로 추출하였다. 결과는 추출물의 무게를 105°C 항온건조기로 건조하여 항량을 구하고 추출물의 무게를 추출 전의 시료무게로 나누어 퍼센트로 나타내었다.

3) Holocellulose

수분 함량을 알고 있는 참나무와 사과나무의 분말 시료를 온수 추출에 의하여 추출한 다음 alcohol-benzene 추출에 의하여 alcohol-benzene 추출물을 추출하고 난 나머지를 통풍건조하여 holocellulose 정량용 시료로 사용하였다. 시료 1g을 glass filter(IG2)에 취하여 증류수로써 적신 다음 염소화 장치에서 3분간 염소화시켰다. 염소화시킨 시료를 잘 저어준 후 2분간 염소가스를 통과시키고 ethyl alcohol을 가하여 남아 있는 염소와 염산을 녹여 1분간 흡인여과하였다. Glass filter에 3% monoethanol amine용액(in ethyl alcohol, v/v)을 가하여 잘 저어준 후 2분간 방치한 다음 흡인여과하는 조작을 3회 실시하고 95% ethyl alcohol로 2회에 걸쳐 세척하여 남아 있는 용매를 제거시키고 냉수로 2회 세척하였다. 잔류물이 중성이 될 때까지 ethyl alcohol로 세척한 다음 diethyl ether로 다시 세척하였다. Diethyl ether로 세척한 시료를 105°C 항온건조기에서 건조하고 황산 dessicator에서 냉각하여 칭량하는 조작을 반복하여 항량을 구하였다. 결과는 glass filter에 남아 있는 holocellulose 무게를 시료의 무게로 나누어 퍼센트로 나타내었다.

4) Lignin

수분 함량을 알고 있는 참나무와 사과나무의

분말 시료를 ethyl alcohol-benzene(33:63) 혼합용액을 추출용매로 하여 alcohol-benzene 추출법에 의하여 6시간 동안 추출, 여과하여 용매를 제거한 다음 50ml의 ethyl alcohol로 세척하였다. 남아 있는 alcohol을 풍건하여 제거하고 400ml의 끓는 물로 3시간 동안 추출하고 끓는 물 100ml와 ethyl alcohol 50ml로 순차적으로 세척하여 풍건시킨 다음 lignin 정량용 시료로 사용하였다. 시료 1g을 50ml용 비이커에 취하고 72%(v/v) 황산 15ml을 넣어 1분간 교반한 다음 2시간 동안 교반하면서 18~20°C에 방치하였다. 이것을 1,000ml용 증류플라스크에 옮겨 증류수 560ml을 가하여 황산의 농도를 3%로 희석하고 환류냉각기를 부착하여 끓는 물에서 4시간 추출한 다음 실온으로 냉각하여 glass filter(IG2)로 여과하고 끓는 물 500ml로 세척하였다. 세척하고난 시료를 105°C 항온건조기로 건조하고 dessicator에서 냉각하여 칭량하는 조작을 반복하여 항량을 구하고 남아 있는 시료의 무게를 추출 전의 시료의 무게로 나누어 lignin의 함량 퍼센트로 나타내었다.

5) Hemicellulose

Hemicellulose의 정량은 시료 중의 pentosan량을 측정하여 hemicellulose량으로 나타내었다. 추출 가능한 물질이 없는 건조·분말화한 시료를 증류플라스크에 넣고 NaCl 20g, 3.85 N HCl 100ml 및 비등석을 첨가한 후 분당 약 2.5ml의 속도로 증류하였으며 증류하는 동안 증류플라스크 안의 HCl량을 10분마다 처음과 같은 양으로 보정하면서 90분간 실시하였다. 증류액의 온도를 20°C로 유지하면서 3.85 N HCl 용액으로 250ml이 되게 정용하고 이 액을 5ml 취하여 25.0ml orcinol 용액(11 N HCl-Orcinol-FeCl₃·6H₂O=1,000ml : 0.4g : 0.5g)을 가하여 혼합하고 60분간 25°C의 항온수조에 방치한 후 ethyl alcohol을 가하여 50ml로 정용한 후 25°C 항온수조에 보관후 UV spectrophotometer(Kontron UV, USA)를 이용하여 630nm에서 O.D를 측정하여 xylan의 standard curve로부터 xylan량을 계산하고 xylan량으로부터 pentosan을 계산하였다.

혼연액의 조제

Generator의 연소온도와 동일한 훈연액을 제조하기 위하여 훈연유제품 제조기(Maurer D-7752, Germany)에 설치되어 있는 generator와 동일한 형태인 generator 연소장치의 최고 온도를 1,000℃까지 올릴 수 있도록 고안하여 제작하였다. 또한 연소시의 온도를 일정하게 유지할 수 있도록 Pt sensor를 부착시켜 연소장치의 온도가 +5℃ 범위 내에서 작동되도록 자동온도 조절계(DX, Hanyang Elect. Co., Korea)를 제작하였다. 훈연액은 훈연유제품 제조에 사용된 참나무와 사과나무를 사용하여 제조하였으며, 훈연액 제조시 generator의 온도는 훈연유제품 제조시와 동일하게 250, 400 및 500℃로 설정하여 각각의 온도에서의 훈연액을 제조하였다.

방향족 탄화수소의 분석

1) 방향족 탄화수소의 추출

Grimmer의 시험법⁽¹¹⁾을 일부 수정하여 시험에 사용하였다. 즉, 시료의 검화과정과 용매 추출, 액·액 분배 및 column chromatography 분리 정량 단계로 구분하여 실시하였다. 균질화된 시료 60g을 정밀히 달아 500ml 등근 플라스크에 취하여 1.5 N methanolic KOH 용액 300ml를 가한 후에 끓는 수욕조에서 1.5시간 검화시킨 다음 glass wool로 여과하고 여액을 1,000ml용 분액 깔대기에 받아서 cyclohexane 100ml를 가한 후 진탕기(Vertical shaker, Sugiyamagen Environ. Sci. Co., Japan)에서 10분씩 2회 추출하였다. 분리된 cyclohexane 층에 methanol : water(80 : 20, v/v) 용액 100ml를 가하여 3분간 세척한 후 cyclohexane층을 취하여 감압증류기(B schi RE 121, Switzerland)의 수욕조 온도를 38℃ 이하로 조정한 후 약 50ml가 되도록 농축시킨 다음 이 액에 dimethyl-formamide(DMF) : water(9 : 1, v/v) 용액 100ml를 가하여 5분간 진탕기로 추출하여 분리된 DMF층에 1% NaCl 용액 50ml를 가하여 혼합하고, cyclohexane 100ml를 가한 후 5분간 추출하였다. 분리된 cyclohexane층을 약 1ml가 될 때까지 감압 농축하여 silica-gel column chromatography의 시료로 사용하였다.

2) Silica-gel column chromatography

Silica-gel 60(70~230 mesh, Merck, Germany) 10g에 50ml cyclohexane을 가하여 진탕한 후 탈기하여 silica-gel column을 만들었다. 용매추출 및 분배과정을 거쳐 조제된 시료 1ml를 column에 옮기고 cyclohexane 150ml로 용출하였다. 용출액 중 처음 10ml는 버리고 나머지 140ml를 모아 감압하에서 1ml로 농축하였다.

3) Sephadex LH-20 column chromatography

Sephadex LH-20(Pharmacia Biotech.,

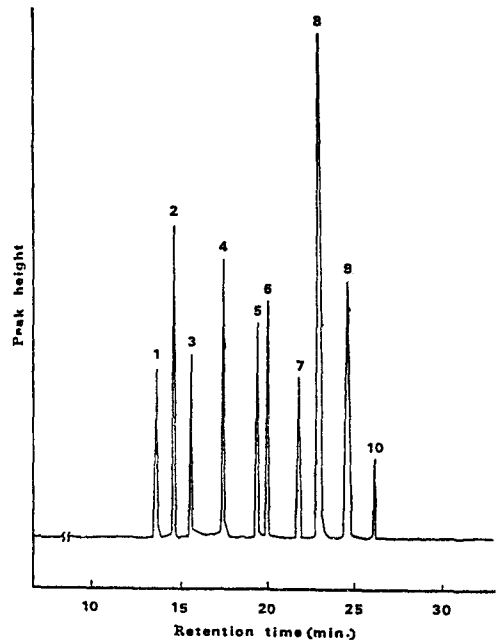


Fig. 1. High performance liquid chromatography of polycyclic aromatic hydrocarbons in mixed standard solution.

(Instrument : Spectra-Physics, P 4000 and F1 2000 system, Column ; Supecosil^[11] LC-PAH5 25 cm×4.6 mm, Flow rate ; 1ml/min, Detector : Fluorescence)

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1. Fluorene | 2. Phenanthrene |
| 3. Anthracene | 4. Pyrene |
| 5. Benzo(a)anthracene | 6. Chrysene |
| 7. Benzo(b)fluoroanthene | 8. Benzo(k)fluoroanthene |
| 9. Benzo(a)pyrene | 10. Dibenzo(a,b)anthracene |

Sweden) 5g에 isopropanol 30ml를 가하고 수 시간 동안 방치한 다음 glass column에 서서히 충전하여 Sephadex LH-20 column을 만들었다. Silica-gel column chromatography에서 얻은 용출액을 column에 옮기고 isopropanol 200ml로 용출시켰다. 이 때 처음 20ml는 버리고 나머지 180ml를 모아 감압하에서 3ml로 농축하여 N₂ gas로 완전히 건조시킨 후 HPLC 분석용 시료로 사용하였다.

4) High performance liquid chromatography PAHs 분석용으로 개발되어 분리능이 뛰어난 Supecasil LC-PAH 5(25m × 4.6mm)의 column을 사용하였고, 용리액은 acetonitrile과 물을 사용하여 gradient하여 분석하였다. 즉 초기 2분까지는 acetonitrile : 물(50 : 50, v/v)으로 설정하고 gradient는 2분 후부터 15분까지 하고 acetonitrile 용리액 농도가 50%에서 100%가 되도록 gradient하여 분리하였으며 분석에는 형광검출기를 사용하였다. PAHs Mix 525(Supelco Co., USA)의 표준용액을 10, 20 및 40ng/ml으로 희석 조제하여 20 μ l를 HPLC에 주입하여 산출된 peak area로 검량선을 작성하였으며, 표준용액의 chromatogram은 Fig. 1과 같았다.

결과 및 고찰

참나무와 사과나무의 조성

훈연육제품 제조시 사용한 훈연재료는 참

나무과에 속하는 상수리나무, 굴참나무, 떡갈나무, 갈참나무, 신갈나무 및 졸참나무와 장미과에 속하는 사과나무였으며 이들 수종의 성분과 추출성분을 분석한 결과는 Table 1에 나타난 바와 같다.

1) 회분

수종별 회분 함량은 상수리나무와 굴참나무가 각각 1.30 및 1.23%로 비교적 높았으며, 떡갈나무, 갈참나무, 신갈나무 및 졸참나무가 각각 0.61, 0.83, 0.56 및 0.58%이었고, 사과나무는 0.38%로 참나무과의 수종보다 낮은 것으로 나타났다.

2) 각종 용출성분

(1) 냉수 추출물

냉수 추출물 함량은 3.29~6.46%의 범위로 나타났다. 이 중 졸참나무는 3.29%로 가장 낮았고 떡갈나무는 6.46%로 가장 높았으며, 졸참나무의 함량(4.10%)은 사과나무의 3.81%보다 약간 높게 나타났다.

(2) 온수 추출물

온수 추출물 함량은 냉수 추출물을 포함하는 분획으로서 4.52~7.82% 범위로 나타났다. 졸참나무가 4.5%로 가장 낮았고, 떡갈나무가 7.82%로 가장 높게 나타났으며, 굴참나무는 5.67%로 다소 높게 나타난 반면 사과나무의 4.81%에 비하여는 약간 높게 나타났다.

Table 1. The chemical composition of oak woods and apple wood

Scientific name	Ash	Extract(%)				Hemi-cellulose (%)	Lignin (%)	Holo-cellulose (%)
		Cold water	Hot water	1% NaOH	Alcohol-benzene			
<i>Q. acu</i>	1.30	5.32	6.81	5.72	2.43	17.03	22.21	81.9
<i>Q. var</i>	1.23	4.10	5.67	22.03	2.12	16.41	23.26	83.6
<i>Q. det</i>	0.61	6.46	7.82	24.33	2.56	16.12	23.80	82.7
<i>Q. ali</i>	0.83	5.41	7.02	21.90	2.26	18.55	21.50	84.9
<i>Q. mom</i>	0.56	4.36	5.58	21.58	2.60	17.31	22.22	83.4
<i>Q. ser</i>	0.58	3.29	4.52	17.83	1.69	16.41	22.63	84.2
<i>M. bom</i>	0.38	3.81	4.81	21.21	2.62	20.33	19.07	76.9

Q. acu : *Quercus acutissima*

Q. det : *Quercus dentata*

Q. mom : *Quercus mongolica*

Q. var : *Quercus variabilis*

Q. ali : *Quercus aliena*

Q. ser : *Quercus serrata*

M. bom : *Malus bomestica*

(3) 1% NaOH 용액 추출물

추출물 성분 중 가장 높게 나타난 1% NaOH 추출물 중에는 냉수 및 온수 추출물도 다량 함유하고 있기 때문에 17.83~25.72%의 범위로 높게 나타났다. 이 중 함량이 가장 낮은 수종은 졸참나무로서 17.83%였으며 상수리나무는 25.72%로서 가장 높았다. 굴참나무는 22.03%로 비교적 높았으며, 사과나무는 21.21%로 굴참나무와 유사하게 나타났다.

(4) Alcohol-benzené 용액 추출물

추출물 성분 중 상기 추출물은 1.69~2.60%의 범위로 비교적 낮은 함유율을 나타냈으며, 가장 낮은 졸참나무는 1.69%, 가장 높은 신갈나무는 2.60%였다. 굴참나무는 2.12%로 사과나무 2.62%보다 다소 낮게 나타났다.

3) Hemicellulose

나무의 hemicellulose 함량은 pentosan 함량으로 분석 정량되고 있으며 나무의 주요 구성성분이다. 참나무 중의 함량은 16.12~18.55%의 범위로 가장 높은 나무는 갈참나무(18.55%), 가장 낮은 나무는 떡갈나무(16.12%)로 나타났다. 본 실험에 사용한 굴참나무는 16.41%로 사과나무 20.33%에 비하여 비교적 낮은 함유율을 보였다.

4) Lignin

참나무의 lignin 함유율은 21.5~23.8%의 범위로 거의 유사하게 나타났으며 이 중 가장 높은 나무는 떡갈나무(23.8%), 가장 낮은 나무는 갈참나무(21.5%)였으며 굴참나무는 23.26%로 사과나무 19.07%에 비하여 다소 높게 나타났다. Maga⁽³⁾는 나무의 lignin과 cellulose 함량이 많은 수종일수록 불완전 연소시에 PAHs 생성량도 많아진다고 보고하였다. 따라서 훈연제품 제조시 lignin 등의 함량을 사전에 분석하여 수종을 선택하는 것이 요구된다.

5) Holocellulose

Holocellulose 함량은 hemicellulose, α- 및 β-cellulose 등을 내포한 수치이기 때문에 81.9~84.9%의 높은 점유율을 나타내고 있다. 이 중 가장 많이 함유된 나무는 갈참나무로 84.9

%이며 가장 적게 함유된 나무는 상수리 나무로 81.9%였으며 굴참나무는 83.6%로 사과나무의 76.9%보다 다소 높은 함유율을 나타냈다.

연소장치의 연소온도 변화에 따른 훈연액 중 방향족 탄화수소의 함량 변화

훈연장치의 generator 온도를 250, 400 및 500℃로 조절하였을 때 참나무와 사과나무에서 발생된 훈연액의 PAHs를 온도별로 분석 비교하여 본 결과는 Table 2와 Table 3과 같다. 훈연액 중의 다환방향족 탄화수소 함량은 훈연발생 온도와 관계없이 대부분 phenanthrene, anthracene, pyrene, benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene 및 benzo(a)pyrene의 함량순으로 나타났다.

1) 굴참나무 훈연액 중의 방향족 탄화수소 함량

굴참나무에서 얻은 훈연액 중의 PAHs는 Table 2에서 보는 바와 같이 generator의 온도가 250℃인 경우 phenanthrene이 112.7μg/kg으로 가장 높게 나타났고 anthracene 66.3μg/kg, pyrene 31.7μg/kg, benzo(a)anthracene 30.6μg/kg, chrysene 4.1μg/kg, benzo(b)fluoranthene 3.3μg/kg, benzo(a)pyrene 0.4μg/kg이었다. 그리고 다환방향족 탄화수소인 pyrene, chrysene, benzo(a)pyrene,

Table 2. Effect of generation temperature on the formation of PAHs in smoke flavoring of oak wood

PAHs	Generation temperature(℃)		
	250	400	500
Pyrene	31.7*	52.0	89.5
Chrysene	4.1	7.3	18.4
Benzo(a)pyrene	0.4	3.7	5.6
Benzo(a)-anthracene	30.6	41.7	62.6
Phenethrene	112.7	131.4	255.9
Anthracene	66.3	81.5	137.0
Benzo(b)-fluoranthene	3.3	7.4	9.3

* The values of PAHs are expressed as μg/kg.

benzo(a)anthracene, phenanthrene, anthracene 및 benzo(b)fluoranthene의 함량은 모두 혼연 발생온도가 높을수록 생성량도 많아지는 것을 알 수 있었다. 즉, 혼연온도 250℃에서 얻은 혼연액 중의 PAHs 함량에 비하여 400 및 500℃에서는 pyrene이 각각 1.6과 2.8배, chrysene이 1.8과 4.5배, benzo(a)pyrene은 9.2와 14배, benzo(a)anthracene 1.4와 2.0배, phenanthrene 1.2와 2.3배, anthracene 1.2와 2.1배, 그리고 benzo(b)fluoranthene은 2.2 및 2.8배로 더 높았다. 온도가 상승할수록 PAHs 함량비가 높아지는 경향이었으며, 혼연온도 250℃에서 400℃로 상승할 때에는 benzo(a)pyrene과 benzo(b)fluoranthene이, 500℃로 상승할 때에는 benzo(a)pyrene과 chrysene의 함량비가 다른 PAHs에 비하여 크게 증가되는 것으로 나타났다. 그러나 이들은 다른 PAHs 화합물에 비하여 함량이 낮은 수준이었고, 혼연온도가 상승할수록 이들 PAHs 함량 비율이 높게 증가한 것은 250℃에서 제조한 혼연액의 절대 함량이 낮았기 때문에 다른 PAHs 화합물의 함량 증가보다 높게 나타났다.

2) 사과나무 혼연액 중의 방향족 탄화수소 함량

혼연 발생온도를 200, 400 및 500℃로 하였을 때 사과나무에서 얻은 혼연액 중의 PAHs 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 사과나무의 경우도 참나무의 경우와 같이 혼연액 중의 주된 PAHs는 phenanthrene, anthracene, pyrene 및 benzo(a)anthracene 등이었다. 사과나무에서 발생한 혼연액 중의 PAHs 함량이 참나무에서 발생한 혼연액의 PAHs 함량보다 높은 것은 혼연온도가 250℃일 때에 pyrene이었고 400℃일 때에 benzo(a)pyrene이었으며 500℃일 때에는 pyrene인 반면 다른 PAHs들은 모두 사과나무보다 참나무에서 얻은 혼연액에 더 많이 함유되어 있었다. 이러한 요인은 두 수종의 주성분 중 lignin과 holocellulose 등의 성분 함량 차이에서 나타난 결과로 사료된다. 그리고 사과나무를 혼연재료로 하였을 때에도 혼연온도가 상승되면서 PAHs의 함량도 증가되는 경향을 나타내었다. 혼연 발생온도 250℃를 기준으로 하였을 때 온도가 상승되면 혼연액 중의 PAHs 함량이 증가되는 비율은 400℃

Table 3. Effect of generation temperature on the formation of PAHs in smoke flavoring of apple wood

PAHs	Generation temperature(℃)		
	250	400	500
Pyrene	38.2*	47.5	93.4
Chrysene	2.3	6.8	11.2
Benzo(a)pyrene	0.4	3.3	5.5
Benzo(a)-anthracene	21.3	28.5	50.7
Phenanthrene	72.7	100.2	220.5
Anthracene	41.9	67.3	118.4
Benzo(b)-fluoranthene	2.7	7.1	8.0

인 경우 pyrene과 benzo(a)anthracene, 500℃의 경우 pyrene과 benzo(a)pyrene이 참나무보다 사과나무가 더 낮게 나타나고 있었다.

요 약

참나무와 사과나무의 경우 주성분인 holocellulose가 각각 83.9 및 76.9%, hemicellulose가 16.41 및 20.33%, lignin이 23.0 및 19.07%인 것으로 나타났다. 국내산 6종의 참나무 수종과 사과나무를 혼연재료로 사용할 경우 발암성 PAHs를 생성하는 주요인 물질인 lignin 함량이 비교적 적게 함유되어 있어 혼연재료로 사용하기에 적합한 것으로 나타났다.

굴참나무로 제조한 혼연액 중의 PAHs 함량 분석결과, 발암성이 강한 benzo(a)pyrene 함량은 연소장치의 연소온도 250, 400 및 500℃에서 제조한 혼연액에서 각각 0.4, 3.7 및 5.6μg/kg으로 나타났으며, 비발암성 화합물로 알려진 phenanthrene은 각각 112.7, 131.4 및 255.9μg/kg으로 다른 PAHs보다 높게 나타났으며 PAHs의 함량은 phenanthrene > anthracene > pyrene > benzo(a)anthracene > chrysene > benzo(a)pyrene의 순으로 나타났다.

사과나무를 사용하였을 경우 연소장치의 연소온도 250, 400 및 500℃에서 각각 제조한 혼연액 중의 benzo(a)pyrene의 함량은 0.4, 3.3 및 5.5μg/kg으로 나타났으며, phenanthrene의 함량은 각각 72.7, 100.2 및 220.5μg/kg이

었고, PAHs의 함량은 phenanthrene > anthracene > pyrene > benzo(a)anthracene > chrysene > benzo(a)pyrene의 순으로 나타났다.

참고문헌

1. Miller, W. D. : Curing and Smoking. *Fleischwirtschaft*, 71, 61(1991).
2. Karl, P. and Gertrud, E. : Formaldehyde in smokehouse smoke and in smoked meat products. *Fleischwirtschaft*, 66, 1261(1986).
3. Maga, J. A. : Polycyclic aromatic hydrocarbon composition of mesquite smoke and grilled beef. *J. Agriculture Food Chemistry*, 34, 29(1986).
4. Akihiko, N., Mitsuru, S., Tadao, F., Koich, K., and Schigeru, M. : *J. Food Hyg. Soc., Japan*, 33, 533(1992).
5. Tilgner, D. J. : Fortschritte in der Raucher technologie. *Fleischwirtschaft*, 57, 42 (1977).
6. IARC : Environmental carcinogenes, selected methods of analysis 3, PAHs ; IARC publication 29(Lyon France) (1979).
7. Miler, K. : Further observations on the presence of cocarcinogens in curing smokes. *Techologia mesa. Spec. Ed.* p. 33(1962).
8. Klettner, P. G. : Heutige rauchertechnologien bei fleischerzeugnissen. *Fleischwirtschaft*, 59. 1, 17(1979).
9. Draudt, H. N. : The meat smoking process: A review. *Food Technol.*, 17, 85 (1963).
10. Suess, M. J. : The environmental load and cycle of polycyclic aromatic hydrocarbons. *The Science of the Total Environment*, 6, 239(1976).
11. Grimmer, G., Brune, H., Deutsch-Wenzel, R., Dettbarn, G. and Misfeld, J. : Contribution of polycyclic aromatic hydrocarbons to the carcinogenic impact of flue gas condensate from coal-fired residential furnaces evaluated by implantation into the rat lung. *J. Natl. Cancer Inst.*, 78, 935(1987).

(1998년 3월 10일 접수)