

油脂加熱시 Benzo(a)pyrene 生成에 관한 研究(I) - 대두유가열시 -

김인숙 · 안명수 · 장대경*
성신여자대학교, 중앙대학교*

A Study on the Occurrence of Benzo(a)pyrene in Fats and oils by Heat Treatment(I)

In Sook Kim, Myung Soo Ahn and Dae Kyung Jang*
Sungshin Women's University, Chung-Ang University*

Abstract

Benzo(a)pyrene [B(a)P], one of the polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) is known as a potent carcinogen. As lipid consumption increases recently, the toxic effect of overheated lipid foods and fats & oils were reported increasingly. In this study, the contents of B(a)P, other PAHs and rancidities of soybean oil were determined, and then the proper heating temperature, time and frequency were recommended. The work was carried out using soybean oil heated at $180 \pm 5^\circ\text{C}$, $200 \pm 5^\circ\text{C}$, and $300 \pm 5^\circ\text{C}$ for 50 hours. Acid Value(AV) and Conjugated Diene Value of samples were determined. The contents of B(a)P and other PAHs contents of all samples were measured by HPLC/UV method. The results obtained were as follows; Each content of PAHs in the fresh soybean oil was: Pyr 1.093, B(a)A 0.986, Ch 1.147, DMBA 1.082, B(e)P 0.664, Per 1.135, B(a)P 0.146, DBA 1.053, 3-MC 0.05 $\mu\text{g}/\text{kg}$. When the soybean oil was heated at $180 \pm 5^\circ\text{C}$ for 10, 20, 30, and 50 hours, B(a)P contents in heated soybean oils were 0.391, 0.692, 0.451, and 0.372 $\mu\text{g}/\text{kg}$ respectively. Acid value of them were 0.26, 0.26, 0.29, and 0.33, and conjugated diene value was 0.67, 0.76, 0.99, and 1.04, respectively. When the soybean oil was heated at $200 \pm 5^\circ\text{C}$ and $300 \pm 5^\circ\text{C}$ for 10, 20, 30, and 50 hours, B(a)P contents in soybean oil heated at $200 \pm 5^\circ\text{C}$ were 0.844, 0.512, 0.479 and 0.247 $\mu\text{g}/\text{kg}$ respectively, Acid value 0.22, 0.21, 0.23 and 0.51 and CDNV 0.39, 0.49, 3.27, and 3.89. B(a)P contents in soybean oil heated at $300 \pm 5^\circ\text{C}$ were 0.466, 0.706, 0.607 and 0.247 $\mu\text{g}/\text{kg}$ respectively, Acid value 0.47, 1.57, 3.90, and 6.42 and CDNV 0.65, 2.15, 3.00, and 3.88.

1. 서 론

다환방향족 탄화수소(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)는 이미 60년전부터 200여개의 이들 유도체 화합물들이 발암성이 있다고 밝혀졌으며¹⁻³⁾ 그 중에서 Benzo(a)pyrene [B(a)P: 3, 4-benzpyrene; 1, 2-benzpyrene]은 특히 발암성이 강한 것으로 밝혀져 있다⁴⁻⁶⁾. PAHs는 석유, 석탄 tar중에 존재하는 성분이지만 식품 중에도 존재하므로 보통의 일상식을 통하여 상당량 섭취될 수 있다^{7,8)}. Wynder⁹⁾은 전체 암 발생의 80~85%가 환경적인 요인에 의해서이며 그중 40~60%가 식이와 관계가 있다고 했다. PAHs가 식품에 존재할 수 있는 원인으로서는 대기·바다·하천 및 토양으로부터 농작물에 오염되는 경우^{10,11)}, 고온 가열을 수반하는 식품가공과정 및 조리과정에서 생성되는 경우 특히 유지 또는 유지를 다량 함유한 식품을 굽거나 튀길때 유기물의 불완전 연소와 열분해 등에 의해 식품내에 생성되어 존재하는 것으로 알려져 있다¹²⁾. Halaby와 Fagerson¹³⁾은

공기없이 $400 \sim 700^\circ\text{C}$ 에서 oleic acid, triolein, linoleic acid, trilinolein, palmitic acid, tripalmitin, cholesterol과 β -carotene같은 미량의 지방성분을 가열할때 700°C 에서는 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 의 PAHs가 생성되었고 B(a)P는 가열된 모든 시료에서 생성되었으나 400°C 에서는 함량이 너무 낮아 검출하기 어려웠으며, 특히 cholesterol에서 생성된 PAHs량은 지방에서보다 약 10배 정도가 많았으나 β -carotene에서 생성된량은 매우 적었다고 했다. 또한 Grimmer¹⁴⁾은 lard등의 유지를 400°C 이상에서 가열했을 때 B(a)P가 생성 증가되었다고 했다. Lijinsky와 Shubik¹⁵⁾은 신선한 wesson, 또는 crisco oil에서 PAHs가 검출되지 않았으나 식품을 튀기고 난 후에는 기름속에 B(a)P 1.4, fluoranthene 12, pyrene 6 ppb정도가 생성되었다고 하였으며^{16,17)}, SOOs¹⁸⁾는 감자튀김을 한 튀김유속의 B(a)P는 0.27 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 에서 400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 증가하였다고 했다. 또한 상온에서 72시간 가열한 linoleic acid 등 16%의 지방이 들어있는 식사를 쥐에게 제공했을 때 유암, 경부암, 난소암, 폐암이 발생 되었다고 했으며¹⁹⁾ 가열유지속의 co-

carcinogen과 promotor에 의한 유암발생에 대한 역학적인 조사에서도 과도하게 산화된 기름을 섭취하는 Bombay, India, Hong Kong, Puertorico 지역 등에서는 각각 10만명당 46, 46, 41, 33명의 유암환자가 발생되었으나 산패되지 않은 신선한 기름을 섭취하는 Singapore, Mozambique, Uganda에서는 각각 10만명당 19,10,22명 정도로 적게 발생되었다고 보고하였다²⁰⁾. 이와같이 일부 연구자들은 200°C 내외의 온도에서 가열하거나 튀김을 할때도 PAHs가 증가한다고 보고했으며, 또한 장시간 가열한 유지를 섭취할 때 암과 기타 여러가지 독성이 나타난다고 보고하고 있다. 따라서 본 연구에서는 대두유를 180~300°C 에서 가열할 때 생성되는 B(a)P 및 기타 PAHs 함량과 그때 유지에서 일어나는 산패도를 경시적으로 측정하여 임의의 산패도에 도달한 유지의 B(a)P와 기타 PAHs 양을 예측하고 그 결과 B(a)P와 기타 PAHs 생성을 최소화 할 수 있는 대두유의 가열온도나 시간등을 조사하여 유지의 적절한 가열온도, 시간, 횟수를 제시하고자 하는데 그 목적이 있다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 시료전처리

본 실험에 사용한 대두유는 시중에서 구입하여 사용하였다. 가열에 따른 유지의 이화학적 성질과 B(a)P 함량 변화와의 상관관계를 알아보기 위하여 대두유를 각각 1500 ml씩 취하여 180°C, 200°C, 300°C 의 oven에 가열하면서 10,20,30,50시간마다 가열된 유지를 300 ml씩 취하여 시료로 사용하였다.

2. 실험방법

1) 이화학적 특성

대두유의 이화학적 특성 즉 산값(Acid Value, AV)은 각각 A.O.C.S.²¹⁾ cd 3a-63법에 의하였으며 공액이중산값(Conjugated Diene Value, CDNV)은 A.O.C.S.²¹⁾ Ti La-46법에 의해 UV-VIS Spectrophotometer (Model 3422, England)를 사용하여 233 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2) 다환방향족 화합물의 검출

(1) 추출과 정제²²⁻²⁵⁾

① Liquid-Liquid Partition

500 ml 갈색분액여두속에 시료 50 g을 300 ml의 cyclohexane에 용해시켜 2.5 ppm pyrene internal standard solution 0.5 ml와 methanol-water(4 : 1, v/v) 80 ml을 가한 후 3분간 약하게 진탕하여 층을 분리시켰다. 상층액만 취하여 50 ml의 methanol-water(1 : 1, v/v)을 가하고 진탕시켜 상층액을 취하여 80 ml의 water로 세척하였다. 이 세척된 cyclohexane용액에 dimethylformamide (DMF)-water(9 : 1, V/V)용액 250 ml가하여 진탕시켜 층을 분리시킨 다음 회수된 250 ml DMF-Water 용액에 동량의 물을 넣어 DMF농도를 희석시키고 여기에 250 ml의 cyclohexane을 가하여 진탕시킨 후, 분리된 cyclo-

한국조리과학회지 제 9 권 제 4 호 (1993)

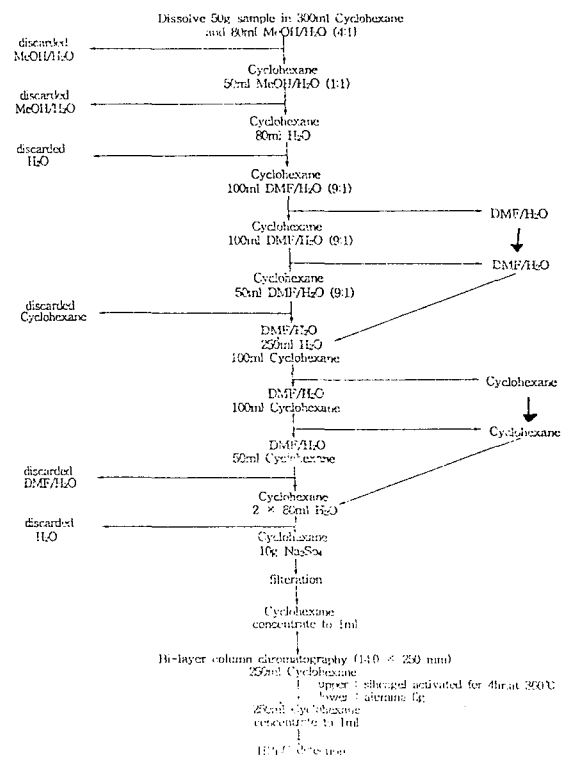


Fig. 1. Work-up scheme for analysis of PAHs in oils and fats samples

hexane층을 증류수로 세척, 정제하고 Na_2SO_4 10 g을 가하여 여과시켰다. 이것을 rotary vacuum evaporator로 전체량이 2 ml가 되도록 농축하였다.

② Column Chromatography에 의한 정제

Chromatography용 glass column(14.0×250 mm)밑을 glass wool로 막고 이곳에 5g의 alumina와 silica gel을 column에 packing하고 용출용매인 cyclohexane을 충분히 통과시켜 column을 완성하였다. 이 column에 감압 농축된 시료인 2 ml cyclohexane용액을 주입하고, 계속하여 cyclohexane 300 ml을 통과시켜 PAHs를 용출시켜 이 용출용액을 감압농축시켰다. 이 농축물 2 ml를 sample vial(14×60 mm)에 옮기고 전체량을 5 ml로 정용하였다. 다시 이것을 nitrogen gas(99.99%)로 purging하여 완전 건조시킨 후 여기에 acetonitrile: dichloromethane(9 : 1, v/v)용액 0.5 ml을 가하여 충분히 용해시킨 후 여과하여 HPLC에 주입하였다.

(2) HPLC에 의한 분석

① 기기 및 분석조건

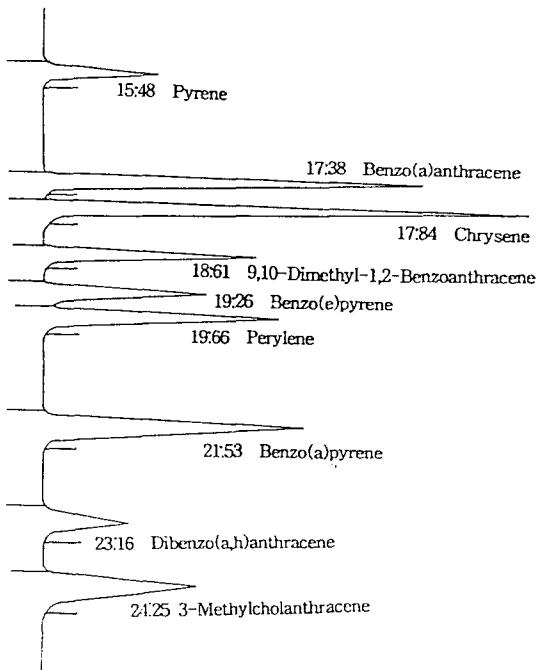
모든 초자기구는 갈색용기를 사용하였으며 사용한 기기와 분석조건은 Table 1과 같았다.

② 표준품

표준시약으로는 Pyrene[Pyr], Benz(a)anthracene[B

Table 1. Conditions for PAHs Analysis by High performance Liquid Chromatograph (HPLC)

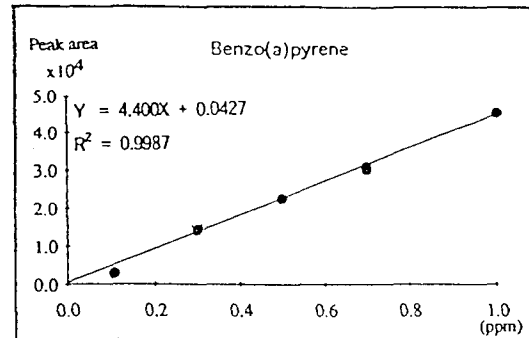
Instrument	: HPLC, Gilson 305 System, France
Column	: ET 150/8/4 Nucleosil 5 C ₁₈ PAH
Flow Rate	: 1.0 ml/min
Mobile phase	: water, Acetonitrile gradient: 0~6 min 55% ACN 6~12 min 80% ACN 12~15 min 100% ACN 15~35 min 100% ACN
Injection volume	: 100 μ l
Detector	: UV-VIS Detector
Wavelength	: 254 nm
Integrator	: Varian 4400, U.S.A

**Fig. 2. HPLC chromatogram of polycyclic aromatic hydrocarbons standard solution.**

(a)A], Chrysene[Ch], 7,12-Dimethylbenzo(a)anthracene [DMBA], Benzo(e)pyrene[B(e)P], Perylene[Per], Benzo(a)pyrene[B(a)P], Dibenzo(a,h)anthracene[DBA], 3-methylcholanthracene[3-MC] 등 9가지를 Sigma社에서 구입하여 사용하였다. 표준시약 각각 1.0 mg씩을 dichloromethane 10 ml에 용해시켜 stock solution을 만든 후 이들 표준품을 1.0 mg을 녹인 후, acetonitrile: dichloromethane(9 : 1, v/v)으로 희석시켜 working solution으로 만든 후 이를 HPLC에 주입하였다. 2.5 ppm pyrene internal standard solution도 위와같은 방법으로 만들었다.

(3) 회수율 측정

가열하지 않은 대두유에 9종류 PAHs 표준품이 들어

**Fig. 3. Calibration curve of polycyclic aromatic hydrocarbons determined by HPLC/UV.**

있는 2.5 ppm standard solution을 1.0 ml씩을 첨가하여 회수실험을 하였다. 이때 control은 standard solution을 첨가하지 않은 대두유로 하여 회수율을 산출하였다.

III. 결과 및 고찰**1. 표준검량선 및 회수율**

다환 방향족 탄화수소 정량을 위하여 9종의 표준품이 혼합된 용액을 0.1~5.0 ppm까지 희석하여 HPLC로 측정하여 얻은 peak의 평균면적으로 표준 검량선을 작성하였으며 그 결과 B(a)P의 표준 검량선은 Fig. 3에서 보는 바와 같았다. 그리고 가열하지 않은 대두유의 회수율은 Pyr 92.1, B(a)P 70.5, Ch 70.6, DMBA 64.0, B(e)P 88.9, Per 80.9, B(a)P 85.1, DBA 54.5, 3-MC 59.6%였다.

2. 대두유 가열시 다환방향족 탄화수소의 생성과 산패도 변화**(1) 다환방향족 탄화수소의 생성**

대두유를 180 \pm 5 $^{\circ}$ C, 200 \pm 5 $^{\circ}$ C, 300 \pm 5 $^{\circ}$ C 에서 각각 50 시간 가열하였을 때 B(a)P 및 기타 PAHs의 생성량과 그 변화는 Table 2에 나타난 바와같았다. 가열하지 않은 대두유에는 Pyr 1.093, B(a)A 0.986, Ch 1.147, DMBA 1.082, B(e)P 0.664, Per 1.135, B(a)P 0.146, DBA 1.053, 3-MC 0.055 μ g/kg이 함유되어 있었다. Yoshiko²⁶⁾들이 발표했던 식물성 유지 및 버터, 마아가린 중에 함유된 B(a)P함량은 대두유에 0.48, 미강유에 0.82, 면실유에 0.24, 해바라기씨유 0.56, 참기름이 1.24, 샐러드유에 1.18, 평지씨기름에 0.08과 0.02, 마아가린에 0.46과 0.83, 버터에 0.46~0.83 ppb가 함유되어 있었다고 한 결과와 비교해 볼 때, 본 실험에서 사용한 대두유의 B(a)P는 0.014 ppm으로 더 많은량이 함유되어 있었다. 그러나 Anu²⁷⁾이 2종류의 대두유에서 Pyr 8.5, 3.2, B(e)P 0.8, 1.4, B(a)P 0.74, 1.3, Per 0.0, 0.55 μ g/kg이라고 보고한 결과와 비교할 때 B(a)P, Pyr, B(e)P은 적게 포함되어 있었으나, Per은 2.5배 정도 더 많았다. 대두유를 180 \pm 5 $^{\circ}$ C 에서 50

Table 2. Polycyclic aromatic hydrocarbon content in the soybean oil during heat treatment for 50 hours
(Unit: µg/kg)

Heating temp. & time(hrs.) PAHs	180±5°C					200±5°C				300±5°C			
	0	10	20	30	50	10	20	30	50	10	20	30	50
Pyr	1.093 ^b	1.333	1.393	1.287	1.061	1.004	0.695	0.556	0.265	0.623	0.901	0.289	0.196
B(a)A	0.986	1.523	1.141	1.632	0.834	1.133	0.501	0.305	0.243	0.122	0.141	0.178	0.150
Ch	1.147	2.243	1.511	2.057	1.793	3.481	2.529	1.497	1.278	1.298	1.632	0.511	1.612
DMBA	1.082	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
B(e)P	0.664	2.721	2.843	1.151	t	2.015	1.714	1.467	0.986	0.815	0.953	1.408	0.912
Per	1.135	1.561	2.135	0.222	t	3.778	2.256	1.789	t	1.259	1.311	0.145	t
B(a)P	0.146	0.391	0.692	0.451	0.372	0.844	0.512	0.479	0.367	0.466	0.706	0.607	0.247
DBA	1.053	1.301	1.482	0.942	t	1.894	1.333	0.872	t	2.417	1.101	1.672	t
3-MC	0.055	0.143	0.256	0.457	0.253	0.415	0.257	0.201	0.111	0.419	1.201	0.808	t

t: trace, n.d: not detected

Table 3. Physico-chemical characteristics of the soybean oil during heat treatment for 50 hours

Heating temp. & time(hrs.)	180±5°C					200±5°C				300±5°C			
	0	10	20	30	50	10	20	30	50	10	20	30	50
Rancidity													
Acid Value	0.21 ± 0.001	0.26 ± 0.001	0.26 ± 0.002	0.27 ± 0.006	0.33 ± 0.004	0.22 ± 0.007	0.21 ± 0.005	0.23 ± 0.002	0.51 ± 0.003	0.47 ± 0.002	1.57 ± 0.009	3.9 ± 0.001	6.42 ± 0.001
Conjugated Diene Value	0.38	0.67	0.76	0.99	1.04	0.39	0.49	3.27	3.89	0.65	2.15	3.00	3.88

시간 가열하면서 경시적으로 측정된 B(a)P와 기타 PAHs함량은 가열초기부터 서서히 증가하기 시작하여 대부분의 PAHs가 10시간에서 20시간까지 계속 증가하였으나 30시간 이후부터는 감소하였다. 발암성이 큰 DMBA, B(a)P, DBA, 3-MC중 DMBA를 제외하고는 20~30시간까지 증가하였으나, 그 후 감소되어 50시간에는 거의 검출되지 않았으며, DMBA는 가열초기에 1.082 µg/kg이었으나 가열과 함께 급격히 분해되었다.

200±5°C에서 50시간 가열한 대두유의 B(a)P와 기타 PAHs량의 변화와 180°C에서 가열시 20~30시간까지 계속증가하는 경향과는 달리 가열 10시간에는 Pyr과 DMBA 이외의 모든 PAHs가 증가하였으나 10시간 후에는 서서히 감소하여 50시간 이후에는 DMBA, Per, DBA등은 거의 검출되지 않았다. B(a)P는 초기 0.146 µg/kg에서 10시간 가열했을 때 0.844 µg/kg으로 증가하였다가 20시간에는 0.512, 30시간에는 0.479, 50시간에는 0.367 µg/kg으로 점차 감소하였다. DBA와 3-MC도 B(a)P와 같이 가열 10시간에 각각 1.894 µg/kg으로 증가하다가 그 후 서서히 감소하였다.

300±5°C에서 가열한 경우는 180, 200°C에서 나타나는 양상과는 상당히 다르게 나타났다. 즉, 가열온도가 높을수록 B(a)P와 기타 PAHs생성 및 파괴율은 매우 불안

정하게 나타났다. Pyr과 B(a)A, DMBA를 제외한 6개의 PAHs는 가열했을 때 증가하였다가 감소하는 경향을 나타냈으며 50시간에는 Ch외 모든 PAHs가 감소하였다. Pyr은 10시간 가열하였을 때 0.623 µg/kg으로 상당히 감소했으나 20시간에는 오히려 0.901 µg/kg으로 증가하여 가장 많이 생성되었다가 그 후 서서히 감소하였으며, B(a)P도 Pyr과 비슷한 양상을 나타냈다. 대두유 가열시 많이 생성되는 것은 Ch, B(e)P, Per등이었고, 발암성이 큰 B(a)P, DMBA, DBA, 3-MC는 가열 10~20시간에는 증가하는 경향이 있었으나, 50시간 후에는 파괴되어 미량이 검출되었다.

(2) 산값과 공액이중산값의 변화

대두유의 산패도는 Table 3에서 보듯이 가열초기 산값이 0.22였던 것이 180°C에서 가열하였을 때 각각 0.26, 0.26, 0.27, 0.33로 상당히 완만하게 증가하였으며 이때, B(a)P는 각각 0.391, 0.692, 0.451, 0.372 µg/kg으로 산값이 0.27일때 B(a)P가 0.62 µg/kg으로 가장 많이 생성되었으며, DBA도 1.482 µg/kg으로 가장 많이 생성되었으며 기타 PAHs도 산값이 0.276일때 대체로 높게 나타났다. 200±5°C에서 산값은 0.23, 0.21, 0.21, 0.52이었으며, 이때 B(a)P함량은 0.844, 0.512, 0.479, 0.367 µg/kg이었으며, 300±5°C에서 산값이 0.47, 1.57, 3.90, 6.42였으며, 이때 B(a)

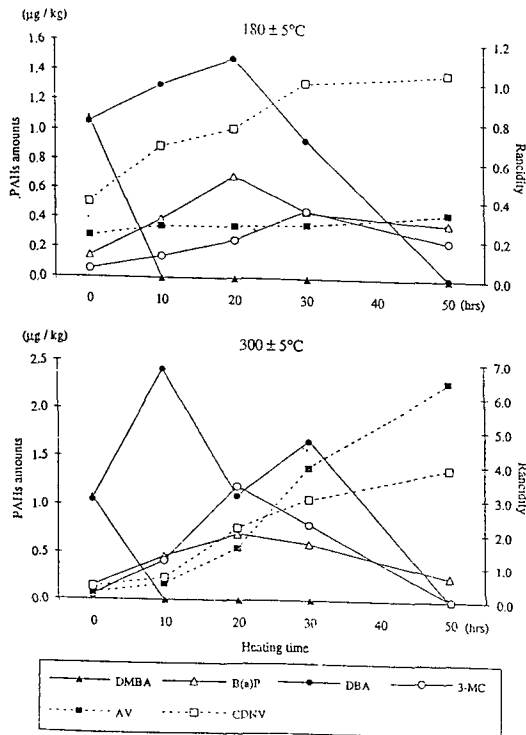


Fig. 4. The relations between PAHs amount and rancidity of the soybean oil during heat treatment at 180±5 °C for 50 hours.

P함량은 0.466, 0.706, 0.607, 0.247 µg/kg이었다.

대두유를 180±5°C로 가열했을 때 초기의 공액이중산값은 0.38이었으나 가열시간에 따라 각각 0.67, 0.76, 0.99, 1.04로 상승하였고, 200±5°C에서는 상당히 증가하여 각 시간별로 0.39, 0.49, 3.27, 3.89이었으며, 300±5°C에서는 200°C에서 가열할 때와 비슷하게 증가하여 각 시간별로 0.65, 2.15, 3.00, 3.88이었다. 최고의 B(a)P함량과 공액이중산값을 비교해보면, 180±5°C에서 20시간 가열했을 때 B(a)P가 0.692 µg/kg CDNV는 0.76이었으며, 200±5°C에서는 10시간 가열했을 때 0.844 µg/kg일때 0.39이었고, 300±5°C에서는 20시간 가열했을 때 0.706 µg/kg일때 2.15이었다.

(3) 유지의 B(a)P 함량과 산패도와의 관계

대두유를 가열할 때 B(a)P 및 발암성이 큰 DBA, DMBA, 3-MC의 함량과 산패도의 관계는 Fig. 4에 나타난 바와 같이 180±5°C에서 20시간 가열했을 때 B(a)P가 0.692 µg/kg으로 가장 높았으며 이때 산값은 0.26, 공액이중산값은 0.76이었다. 300±5°C에서 가열했을 때 대두유는 가열 20시간까지 증가하여 B(a)P가 0.706 µg/kg 이었고, 이때 산값은 1.57, 공액이중산값은 2.15이었다. 따라서 대두유 가열시 B(a)P함량은 초기에 증가하다가 감소하는 경향을 나타낸 반면 산값과 공액이중산값은

계속 증가하여 B(a)P 함량의 변화와 산값, 공액이중산값과의 변화와는 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 또한 유지를 가열할 때 생성되는 0.146~0.844 µg/kg정도의 B(a)P 함량이 인체에 미치는 위해서 정도는 National Research Council Safe Drinking Water Committee²⁸⁾에 의하면 사람이 매일 47 ng의 B(a)P를 섭취할 때 10만명중 1명에게 생명을 위협을 준다고 한 보고와 비교할 때 위험수준에 미치는 양은 아니라고 사료된다. 즉 제 5차 한국인 영양권장량에 의하면 성인 1인 1일 총 열량권장량 2,500 kcal 중 20%에 해당하는 지방권장량 55g을 모두 가열한 유지로만 섭취한다고 가정하더라도 B(a)P 섭취량은 0.008~0.046 µg이 되므로 가열한 유지의 함량은 인체에 위험성을 야기하는 정도는 아니라고 생각된다.

IV. 요약

유지를 가열할때 생성되는 B(a)P 및 기타 PAHs함량과 각 유지의 이화학적 성질변화와의 관계를 비교해 봄으로써 각 유지의 적절한 가열 온도와 시간을 알아보기 위하여 시판 대두유를 180±5°C, 200±5°C, 300±5°C에서 50시간 가열한 것을 시료로 취하였다. 이들 각 시료의 B(a)P 및 기타 PAHs함량은 HPLC/UV를 사용하여 측정하였고, 산패와 관련된 이화학적 성질변화를 알아보기 위하여 가열유지의 산값(Acid Value, AV)과, 공액이중산값(Conjugated Diene Value, CDNV)을 측정하였다.

그 결과는 다음과 같았다.

1. 시료로 사용한 대두유의 B(a)P 및 PAHs함량은 Pyr 1.093, B(a)P 0.986, Ch 1.147, DMBA 1.082, B(e)P 0.664, Per 1.135, B(a)P 0.146, DBA 1.053, 3-MC 0.055 µg/kg이었다. 대두유를 180±5°C에서 10,20,30,50시간 가열했을 때 B(a)P함량은 각각 0.391, 0.692, 0.451, 0.372 µg/kg이었으며 200±5°C와 300±5°C에서 가열했을 때 B(a)P함량은 각각 10시간일때 0.844와 0.466, 20시간일때 0.512와 0.706, 30시간일때 0.479와 0.607, 50시간일때 0.367과 0.247 µg/kg이었다.

2. 대두유를 10,20,30,50시간 가열했을 때 산값은 180±5°C에서는 0.26, 0.26, 0.27, 0.33이었고, 200±5°C에서는 0.23, 0.21, 0.21, 0.52였으며 300±5°C에서는 0.47, 1.57, 3.90, 6.42였다. CDNV는 180±5°C에서는 0.67, 0.76, 0.99, 1.04였으며, 200±5°C에서는 0.39, 0.49, 3.27, 3.89였고 300±5°C에서는 0.65, 2.15, 3.00, 3.88이었다.

3. 대두유를 가열했을 때 B(a)P의 생성과 산패도의 변화와의 관계를 볼때 B(a)P함량은 180±5°C에서는 20시간 가열시 0.692 µg/kg, 200±5°C에서는 10시간 가열시 0.844 µg/kg, 300±5°C에서는 20시간 가열시 0.706 µg/kg으로 가장 높게 생성된 후 서서히 감소하였다. 그러나 산값과 공액이중산값은 계속 증가하는 양상을 나타냈다. 즉 B(a)P생성과 산패도 변화사이에는 일정한 관계를 나타내지는 않았다.

참고문헌

1. Andelman, J.B., & Suess, M.J.; Polycyclic aromatic hydrocarbons in the water environment, Bull. WHO **43**, 479(1970).
2. Tilgner, D.J., & Daun, H.; Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked foods, Residue Rev., **27**, 19-41 (1969).
3. Gunther, F.A., & Buzzetti, F.; Occurrence, isolation and identification of polynuclear hydrocarbons as residues, Residue Rev., **9**, 90-113(1965).
4. Cook, J.W., Hieger, I., Kennaway, E.I., & Mayneord, W.V.; Proc. R. Soc. London, Ser. B III, 455(1932).
5. Mei-Teim, L., & Sandi, E.; REsidue Rev., **69**, 35-86 (1977).
6. Shubik, P., & Hartwell, J.L.; Survey of compounds which have been tested for carcinogenic activity, Publ. No. 149, U.S. public Health Service, Washington, DC (1957).
7. Yoko, K., Eiichi, K., Yukio, O., Toyozo, K., Sadao, U., & Yukio, S.; The effect of various foods on the intestinal absorption of benzo(a) pyrene in rats, J. Food Hyg. Soc. Japan, **29**, 11(1988).
8. L. Kolarovic, & H. Traitler; Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetable oils by caffeine complexation and glass capillary gas chromatography, J. Chrom., **237**, 263-72(1982).
9. Wynder, E.L., & Gori, G.B.; Contribution of the environment to cancer incidence an epidemiology exercise, J. Nat. Cane. Inst., **58**, 825(1977).
10. Tilgner, D.J.; Food in a carcinogenic environment, Food Manuf., **87**, 47-50(1970).
11. Aaenni, E.D., & Fischbach, H; Trace polycyclic aromatic hydrocarbons analysis, the contribution of chemistry to food supplies, IUPAC, Butterworth, London, 209-25
12. Food toxicology in two parts, part A; principles and concepts
13. Halaby, G.A., & Fagerson, I.S.; Polycyclic aromatic hydrocarbons in heat-treated foods-pyrolysis of some lipids, beta-carotene, and cholesterol. SOS/70 proceedings. 3rd Interational Congress of Food Science and technology, 1970, 820-29(1971).
14. Grimmer, G; Are carcinogenic substance produced when foods are heated?, Brot und Geback, **24**, 8, 157-9(1970).
15. Lijinsky, W., and P. shubik.; The detection of polycyclic aromatic hydrocarbons in liquid smoke and some foods.: Toxicol. Appl. Pharmacol. **7**: 337-43(1965).
16. Lijinsky, W., and A. E. Ross.; Production of carcinogenic polynuclear aromatic hydrocarbons in cooking of food. Food and Cosmetics. Toxicol., **5**: 343(1967).
17. Malanoski, A.J., E.L. Greenfield, C.J. Barnes, J.M. Worthington, and F.L. Joe, Jr.; Survey of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked foods. J. Assoc. off. Anal. Chem., **51**: 114(1968).
18. Soos, K.; Occurrence of 3,4-benzopyrene content in fats and heat-induced changes in its concentration, Acta Alimentaria **8**, 2, 181-8(1979).
19. Nolen, G.A., Alexander, J.C. and Artman, N.R.; Long-term rat feeding study with used frying fats. J. Nutr. **93**: 337-348(1967).
20. Ohfuji, T. & Kaneda, T.; Characterization of toxic compound in thermally oxidized oil. Lipids **8**: 353-359
21. A.O.C.S.; Official and Tentative Methods, 3rd. American oil Chemists'Society Illinois(1978).
22. G. Grimmer, 7 H.Bohnke; polycyclic aromatic hydrocarbon profile analysis of high-protein foods, oils, and fats by Gas Chromatography, JAOAC, **58**, 4(1975).
23. Hirotake O., Shinjiro H., Ryoichi T., & Misuru U.; Dietary intakes of polycyclic aromatic hydrocarbons, J. Food Hyg. Soc. Japan, **25**, 1(1984).
24. Yuiko S., Hiroshi S., Mitsuhatu T., & Mitsuru U.; Determination of benzopyrene in foods, JAOAC, **61**, 1 (1978).
25. Hirotake O., Shinjiro H., & Takashi K.; Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in marine samples by High-Performance Liquid Chromatography, Bull. Environm. Contam. Toxicol., **26**, 613-20(1981).
26. Yoshiko, S., & Tsuyako, S.; Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in foods(VI)-3,4-Benzopyrene in vegetable oils, butter and maargarine, J. Food Hyg. Sod. Japan, **18**, 5(1977).
27. Anu, H., Heikki, P., & Kim. W.; Margarines, butter and vegetable oils as sources of polycyclic aromatic hydrocarbons, JAOCS, **63**, 7(1986).
28. Joseph Santodonato, Philip Howard, & Dopak Basu; Multimedia Health Assessment Document for Polycyclic Organic Matter, Center for chemical Hazard Assessment Syracuse. Research Corporation Sgracuse, New York, 13210, October(1979).