

油脂加熱시 Benzo(a)pyrene 生成에 관한 研究(II)

- 닭튀김 및 튀김유 중에서 -

김인숙 · 안명수

성신여자대학교 식품영양학과

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

In Sook Kim and Myung Soo Ahn

Department of Food and Nutrition, Sungshin Women's University

Abstract

Benzo(a)pyrene [B(a)P], one of the polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs) is known as a potent carcinogen. As consumption of lipid food and fried food increases recently, the toxic effect of overheated lipid foods has been reported increasingly. This study was undertaken to measure the contents of B(a)P and other PAHs of fried chicken and frying oil. At the same time, the rancidities of frying oil and discarded oil were determined. B(a)P and other PAHs contents of all samples were measured by HPLC/UV method. The results obtained were as follows; B(a)P contents of fresh chicken and soybean oil were 0.073 and 0.146 $\mu\text{g}/\text{kg}$, respectively. During fried chicken at $180 \pm 5^\circ\text{C}$ and $200 \pm 5^\circ\text{C}$, B(a)P and PAHs contents decreased or increased. In 20 times fried chicken, PAHs contents except Pyr and DMBA increased at $180 \pm 5^\circ\text{C}$ and PAHs contents except DMBA, DBA, and 3-MC increased at $200 \pm 5^\circ\text{C}$. In frying oils fried chicken, PAHs contents increased in 10 and 15 times frying oil at $180 \pm 5^\circ\text{C}$ and grew more increase and more increase during frying at $200 \pm 5^\circ\text{C}$. The changing pattern of PAHs contents of frying oils was remotely related that of rancidities of frying oils. In fried chicken, frying oils, and discarded oils obtained from fried chicken house at market, PAHs contents of fried chickens were lower than those of fried chicken cooked at laboratory but those of frying oils and discarded oils were higher than those of frying oils cooked at laboratory.

1. 서 론

다환방향족 탄화수소(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)는 이미 60여년 전부터 200여 개의 이들 유도체 화합물들이 발암성이 있다고 밝혀졌으며¹⁻³⁾ 그 중에서 Benzo(a)pyrene [B(a)P; 3,4-benzopyrene; 1,2-benzopyrene]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)}. PAHs가 식품에 존재할 수 있는 원인으로서는 대기·바다·하천 및 토양으로부터 농작물에 오염되는 경우^{9,10)}, 고온 가열을 수반하는 식품가공 과정 및 조리과정에서 생성되는 경우 특히 유지 또는 유지를 다량 함유한 식품을 굽거나 튀길때 유기물의 불완전 연소와 열분해 등에 의해 식품내에 생성되어 존재하는 것으로 알려져 있다¹¹⁾.

따라서 많은 연구자들은 열처리를 수반하는 가공식품과 고온조리를 하는 식품의 B(a)P 및 기타 PAHs 함량과 그 생성원인을 밝히려는 노력을 기울여 왔다. Halaby와

Fagerson¹²⁾은 공기없이 $400 \sim 700^\circ\text{C}$ 에서 oleic acid, triolein, linoleic acid, trilinolein, palmitic acid, tripalmitin, cholesterol과 β -carotene같은 미량의 지방성분을 가열할 때 700°C 에서는 $100 \mu\text{g}/\text{kg}$ 의 PAHs가 생성되었고 B(a)P는 가열된 모든 시료에서 생성되었다고 했으며, Grimmer¹³⁾은 lard 등의 유지를 400°C 이상에서 가열했을 때도 B(a)P량이 상당히 감소했다고 했다. 그러나 Lijinsky와 Shubik¹⁵⁾은 신선한 wesson, 또는 crisco oil에서는 PAHs가 검출되지 않았으나 식품을 튀기고 난 후에는 기름속에 B(a)P 1.4, fluoranthene 12, pyrene 6 ppb 정도가 생성되었다고 하였으며^{16,17)}, SOOs¹⁴⁾는 감자튀김을 한 튀김유속의 B(a)P는 $0.27 \mu\text{g}/\text{kg}$ 에서 $400 \mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 증가하였다고 했다. 따라서 식생활 향상에 따라 유지 및 육류제품의 소비가 증가되고 있는 현시점에서 유지 가열 및 튀김을 하는 동안 생성될 수 있는 B(a)P 및 기타 PAHs 함량과 생성원인을 알아보고 생성량을 최소화 하는 동시에 그 생성원인을 제거할 수 있는 방법을 모색하여 가장 안전하고 적당한 조리조건을 확립할 필요가 있다고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 유지와 유지를 다량 함유한 식품을 180~200°C에서 튀김을 할 때 생성되는 B(a)P 및 기타 PAHs 함량과 그때 유지에서 일어나는 산패도를 경시적으로 측정하여 임의의 산패도에 도달한 유지 및 튀김식품 내의 B(a)P와 기타 PAHs 양을 예측하고 그 결과 B(a)P와 기타 PAHs 생성을 최소로 할 수 있는 가열온도나 시간 등을 조사하여 튀김 및 유지의 적절한 가열온도, 시간, 횟수를 제시하고자 하는데 그 목적이 있다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 시료 전처리

본 실험에 사용한 대두유 및 생닭은 시중에서 구입하였고 튀김유, 닭튀김 및 폐유는 닭튀김 체인점에서 구입하였다. 실험실에서 제조한 닭튀김은 1회 분량을 400 g으로 하여 180±5°C, 200±5°C에서 20분 간격으로 튀겨내면서 5, 10, 15, 20회 튀김과 튀김기름을 시료로 취하여 사용하였다.

2. 실험방법

1) 이화학적 특성

유지의 이화학적 특성 즉 산값(Acid Value, AV), 굴절률(Refractive Index, RI), 및 공액이중산값(Conjugated Diene Value, CDNV)은 A.O.C.S.¹⁸⁾법에 의하여 측정하였다.

2) 다환방향족 화합물의 검출

(1) 추출과 정제

① 유지류¹⁹⁻²²⁾

유지류 중의 PAHs 추출 및 정제방법은 전보²³⁾와 같다.

② 닭튀김¹⁹⁻²²⁾

sample 50 g을 meat grinder에 갈아서 round flask에 옮겨 넣고 여기에 aqueous-methanolic 1.5N KOH(methanol-water, 9 : 1, v/v) solution 150 ml를 가하고 Na₂S·9H₂O 2 g과 2.5 ppm pyrene internal standard solution 0.5 ml 가하여 3시간 동안 환류 냉각기를 통하여 환류시키면서 검화하였다. Round flask에 검화된 sample 용액을 glass wool로 여과하여 갈색 분액여두에 담고 잔존해 있는 round flask내의 검화된 sample을 전량 회수하기 위하여 methanol : water(4 : 1, v/v)용액 80 ml로 반복 세척하여 처음의 갈색 분액여두에 담고 여기에 cyclohexane 150 ml를 2번 차례로 가하여 3분간 진탕시킨 후 분리된 상층의 cyclohexane 300 ml를 회수하여 여기에 methanol : water(1 : 1, v/v) 50 ml를 넣고 3분간 진탕시켰다. 이때 분리된 하층을 버리고 상층에 80 ml의 물을 넣고 cyclohexane을 세척하였다. 이하 실험방법은 유지류로부터 polycyclic aromatic hydrocarbons을 추출 및 정제하는 방법과 동일하였다.

(2) HPLC에 의한 분석

① 기기 및 분석조건

Table 1. Conditions for PAHs analysis by High Performance Liquid Chromatography(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 µl
Detector:	UV-VIS Detector
Wavelength:	254 nm
Integrator:	Varian 4400, U.S.A

모든 초자기구는 갈색 용기를 사용하였으며 사용한 기기와 분석 조건은 Table 1과 같았다.

② 표준품

Pyrene [Pyr], Benz(a)anthracene [B(a)A], Chrysene [Ch], 7,12-Dimethylbenz(a)anthracene [DMBA], Benzo(e)pyrene [B(e)P], Perylene [Per], Benzo(a)pyrene [B(a)P], Dibenz(a,h)anthracene[DBA], 3-Methylcholanthrene [3-MC] 등 9가지를 Sigma社에서 구입하여 사용하였다.

표준품을 각각 1.0 mg씩 dichloromethane 10 ml에 용해시켜 stock solution을 만든 후 이들을 acetonitrile : dichloromethane(9 : 1, v/v)으로 희석시켜 working solution으로 만든 후 이를 HPLC에 주입하였다. 2.5 ppm pyrene internal standard solution도 위와 같은 방법으로 만들었다.

III. 결과 및 고찰

1. 회수율

가열하지 않은 대두유와 frying 하지 않은 닭고기에 9종의 다환 방향족 탄화수소 표준품이 포함된 2.5 ppm 표준용액 1.0 ml씩을 첨가한 것과 첨가하지 않은 것의 다환방향족 화합물의 함량을 측정하여 회수율을 산정하였으며 그 결과 대두유는 54.4~92.1%, 닭고기는 54.0~105.3%였다.

2. 실험실에서 제조한 닭튀김 및 튀김유

(1) 닭튀김의 다환방향족 탄화수소 함량의 변화

180±5°C, 200±5°C에서 튀겨낸 닭의 B(a)P와 기타 PAHs 농도변화는 Table 2에 나타나 있는 바와 같이 튀김전 생닭의 PAHs함량은 Pyr 2.165, B(a)A 2.169, Ch 1.262, DMBA 0.541, B(e)P 0.945, Per 1.295, B(a)P 0.073, DBA 0.300, 3-MC 0.547 µg/kg이었다. 180±5°C에서 20 회째 튀긴 닭튀김에서 Pyr과 DMBA를 제외한 7가지 PAHs가 튀기기 전보다 모두 증가했다. DMBA는 가열 초기에 모두 파괴되었으며 Pyr은 5, 10, 15회 까지 감

Table 2. Polycyclic aromatic hydrocarbon content of the chicken fried in the soybean oil at laboratory

(Unit: µg/kg)

Frying temp. & frequency(times)	180±5℃					200±5℃			
	0	5	10	15	20	5	10	15	20
PAHs.									
Pyr	2.165	1.429	1.340	0.985	1.333	1.005	1.250	2.166	2.608
B(a)A	2.169	2.145	2.470	2.540	2.620	2.134	1.634	2.134	2.634
Ch	1.112	1.672	1.657	1.388	1.500	1.079	1.106	1.707	1.909
DMBA	0.541	1.005	n.d	n.d	n.d	t	n.d	n.d	n.d
B(e)P	0.945	0.068	0.755	1.077	1.061	0.843	0.500	0.790	0.977
Per	1.295	0.629	1.310	0.565	1.500	1.055	0.756	0.555	1.496
B(a)P	0.073	0.079	t	0.094	0.256	0.080	0.091	0.111	0.166
DBA	0.300	1.364	0.317	t	0.511	t	0.079	0.750	0.300
3-MC	0.547	0.552	0.660	0.160	0.560	0.500	0.770	0.837	0.061

t: trace, n.d.: not detected

Table 3. Polycyclic aromatic hydrocarbon content of the soybean oil used for frying chicken

(Unit: µg/kg)

Frying temp. & frequency(times)	180±5℃					200±5℃			
	0	5	10	15	20	5	10	15	20
PAHs.									
Pyr	1.093	0.967	1.497	1.774	1.771	0.897	2.017	1.714	1.568
B(a)A	0.986	0.862	2.351	2.221	2.678	0.399	3.021	3.777	4.270
Ch	1.147	0.545	1.531	1.401	1.125	0.233	1.505	2.182	4.512
DMBA	1.101	t	n.d	n.d	n.d	t	n.d	n.d	n.d
B(e)P	0.664	0.418	0.759	0.931	t	t	0.111	0.152	0.288
Per	1.135	0.632	1.036	1.831	1.212	0.111	0.353	0.471	3.625
B(a)P	0.146	0.178	0.209	0.431	0.129	0.145	0.182	0.259	0.388
DBA	1.053	t	0.188	0.229	0.129	t	1.752	2.512	3.213
3-MC	0.052	t	0.101	0.132	0.085	t	0.145	0.142	0.718

t: trace, n.d.: not detected

소했으나 20회에서 약간 증가해서 1.333 µg/kg이었다. 발암성이 강한 3-MC와 DBA는 다른것과는 달리 15회에서 3-MC는 0.160 µg/kg으로 DBA는 극미량으로 급격히 감소했다. 200±5℃에서 튀긴 닭튀김의 PAHs농도는 Pyr, B(a)A, Ch, B(e)P, Per, B(a)P 등은 20회째 닭튀김에서 증가하였으며 3-MC는 10, 15회째 닭튀김에서 증가하여 각각 0.770, 0.835 µg/kg 이었으나 20회 닭튀김에서는 0.061 µg/kg으로 감소하였다. B(a)P은 튀김횟수가 증가할수록 0.080, 0.091, 0.111, 0.166 µg/kg으로 증가하였고 DMBA는 역시 다른 튀김유에서와 마찬가지로 초기부터 파괴되어 검출되지 않았다. 본 실험에서 튀긴 닭튀김중 180±5℃에서 튀긴 5, 10, 15, 20회 닭튀김을 각 100g씩 총 400g(단백질 약 82.8g)을 매일 섭취한다고 가정할 때 발암성 B(a)P는 0.09 µg/day을 섭취하는 결과가 되므로 이전의 보고들^{24,25)}에 의하면 발암을 일으킬 만한 위험수준은 아니나 PAHs 화합물은 닭튀김 이외 여러식품을 통해서, 또 대기 및 식수를 통해서도 섭취되므로 보다 안전한 조리방법을 선택할 필요가 있으며 특히 지방은 B(a)P흡수를 촉진하기 때문에 지방을 이용하여 식품을 조리할 때는 PAHs생성이 최소화 될 수 있는

방법을 선택해야 할 필요가 있다고 생각된다.

(2) 닭튀김유의 다환방향족 탄화수소 함량의 변화

180±5℃, 200±5℃에서 닭튀김을 한 튀김 기름의 B(a)P와 기타 PAHs의 농도변화는 Table 3에 나타나 있듯이 신선한 대두유의 PAHs 함량은 Pyr 1.093, B(a)A 0.986, Ch 1.147, DMBA 1.101, B(e)P 0.664, Per 1.135, B(a)P 0.146, DBA 1.053, 3-MC 0.052 µg/kg함유되어 있었다. 180±5℃에서 닭을 튀긴 튀김유를 PAHs함량 변화는 5회에서는 거의 변화가 없었으며 10, 15회에서는 서서히 상승하였으나 20회에서는 B(a)A만 증가하였다. Pyr은 20회에서는 1.771 µg/kg으로 증가하여 가열 초기보다 증가하였으며 B(a)A도 5, 10, 15, 20회에서 각각 0.862, 2.351, 2.221, 2.678 µg/kg으로 초기 0.986 µg/kg보다 증가하였다. B(e)P도 10, 15회에서 0.759, 0.931 µg/kg으로 증가하였으나 20회에서는 감소하였으며 Per, B(a)P도 10, 15회에서 증가하다가 20회에서는 약간 감소하였다.

200±5℃에서 닭을 튀긴 튀김유의 PAHs농도는 180±5℃에서와는 달리 튀김횟수 증가할수록 대부분의 PAHs가 증가하는 경향을 나타냈다. 가열 초기값이 1.093

Table 4. Physico-chemical characteristics of the frying oil taken during the frying and the discarded frying oil from market fried chicken houses

Rancidity	samples	A	B	C	D	E	AVE
Acid value	FOTF	0.27 ± 0.001	0.50 ± 0.005	0.54 ± 0.010	0.54 ± 0.007	0.45 ± 0.006	0.46
	FODF	0.86 ± 0.003	1.07 ± 0.002	2.34 ± 0.001	1.40 ± 0.002	1.09 ± 0.007	1.35
Refractive index	FOTE	1.4711	1.4711	1.4714	1.4711	1.4710	1.4711
	FODF	1.4696	1.4705	1.4715	1.4680	1.4704	1.4700
Conjugated diene value	FOTF	0.40	0.74	0.90	0.38	0.72	0.63
	FODF	0.55	1.13	1.55	0.88	1.07	1.04

FCM: Fried chicken from Market

FOTF: Frying oil taken during the frying

FODF: Frying oil discarded after the frying

Table 5. Polycyclic aromatic hydrocarbon content of the fried chicken, frying oil taken during the frying and discard frying oil from market fried chicken house

(Unit: µg/kg)

Fried chicken house PAHs	FCM						FOTE					FODF						
	A	B	C	D	E	AVE	A	B	C	D	E	AVE	A	B	C	D	E	AVE
Pyr	1.237	0.691	1.666	2.132	2.662	1.678	0.152	1.351	1.023	0.688	1.312	0.977	0.766	0.692	1.562	1.072	1.840	1.186
B(a)A	1.701	1.058	1.339	1.670	1.402	1.434	0.212	0.405	0.965	0.778	0.868	0.646	0.410	0.666	0.623	0.900	0.600	0.640
Ch	1.549	0.858	0.933	1.514	1.130	1.197	1.321	0.916	1.234	1.444	1.508	1.285	0.924	0.887	1.011	1.038	1.223	1.017
DMBA	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	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	0.362	0.190	0.891	0.735	0.617	0.559	t	0.073	t	t	t	0.015	0.052	0.083	0.111	t	t	0.049
Per	n.d	n.d	n.d	t	t	n.d	t	0.655	n.d	0.733	0.693	0.416	0.321	0.752	0.367	0.445	0.407	0.458
B(a)P	0.344	0.340	t	0.676	0.824	0.437	t	1.389	t	0.147	0.160	0.339	0.106	0.080	0.914	0.076	0.113	0.258
DBA	0.556	0.246	t	0.639	0.393	0.367	t	t	n.d	0.082	0.216	0.060	0.123	0.562	0.111	0.173	0.226	0.239
3-MC	0.101	0.089	t	0.088	n.d	0.056	t	t	n.d	t	0.166	0.033	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

t: trace, n.d: not detected AVE: average

FCM: Fried chicken from market

FOTE: Frying oil taken during the frying

FODF: Frying oil discarded after the frying

µg/kg이었던 Pyr과 매우 유사한 양상으로 증가하였고 가열초기 0.986 µg/kg이었던 것이 20회째에서는 4.270 µg/kg으로 무려 4배 가량이 증가되었다. Ch도 초기 1.147 µg/kg이었으나 20회째 튀김유에서는 4.512 µg/kg으로 4배 정도 증가하였고 Per, B(a)P, DMBA, 3-MC도 가열 초기값이 1.135, 0.146, 1.053, 0.052 µg/kg인데 20회째 튀김유에서는 3.625, 0.338, 3.213, 0.718 µg/kg으로 각각 3.1배, 2.6배, 3.1배, 13.8배로 증가하였다. 이러한 현상은 Soos¹⁹⁾의 결과 분석에서 처럼 닭고기 속의 여러 PAHs가 기름으로 옮겨 가든가 또는 닭의 여러성분이 열분해하여 PAHs를 생성하는 것으로 생각할 수 있다.

(3) 산패도의 변화

닭튀김 기름의 산패도 변화는 Table 4에 제시되어 있다. 닭튀김 기름의 산값은 초기 0.21이었으나 180±5°C

에서 5, 10, 15, 20회 닭을 튀긴 튀김유는 0.30, 0.27, 0.38, 0.551이었으며, 이때 B(a)P함량은 0.178, 0.209, 0.431, 0.129 µg/kg이었다. 200±5°C에서 닭튀김을 한 10, 15, 20회 튀김유의 산값이 0.46, 0.53, 0.56로 증가함에 따라 B(a)P, Ch, DBA, Per, 3-MC, B(a)P, B(e)P 등의 함량도 증가하는 경향을 나타냈다. 특히 B(a)P함량은 산값이 증가함에 따라 비례적으로 증가하였다.

180±5°C에서 튀김을 한 닭튀김유의 굴절률은 1.4716~1.4695였으며 200±5°C에서 20회 튀김을 한 닭튀김유의 굴절률은 1.4697로 상당히 증가하였다.

닭튀김유의 공액이중산값(CDNV)은 180±5°C에서 5, 10, 15, 20회로 튀김횟수가 증가했을 때 닭튀김유의 CDNV는 0.42, 0.42, 0.43으로 거의 변화가 없었으며 200±5°C에서 닭튀김을 한 5, 10, 15, 20회 닭튀김유의

CDNV는 0.44, 0.45, 0.45, 0.45였다.

3. 시판 닭튀김 및 튀김유

(1) 시판 닭튀김의 다환방향족 탄화수소 함량의 변화 무작위로 닭튀김 체인점 5집을 선정하여 구입한 닭튀김의 B(a)P 및 기타 PAHs의 함량을 측정된 결과 Table 5와 Fig. 1에 제시되어 있다.

평균 PAHs 함량을 보면 Pyr은 평균 1.678 µg/kg으로 9개의 PAHs중 가장 많은 것으로 나타났으며 가장 낮은 체인점은 B로 0.691 µg/kg이었고 체인점 E는 2.662 µg/kg으로 가장 많은 것으로 나타났다. 그러나 실험실에서

제조한 닭튀김에서는 0.985~2.608 µg/kg으로 체인점 닭튀김보다 많은 것으로 측정되었다. B(a)A도 체인점 닭튀김에서는 평균 1.434 µg/kg인 반면 실험실에서 제조한 닭튀김에서는 1.634~2.634 µg/kg으로 실험실에서 제조한 닭튀김에서 더 많이 함유되어 있었고 Ch도 평균 1.197 µg/kg로 실험실에서 제조한 닭튀김보다 낮았다. 가열에 의해 쉽게 파괴되는 것으로 나타나는 DMBA는 역시 검출되지 않았고 B(e)P, Per과 발암성이 강한 DBA와 3-MC도 각각 평균 0.559, 극미량, 0.367, 0.056 µg/kg으로 실험실에서 제조한 닭튀김에서보다 적게 검출되었으나 B(a)P은 평균 0.437 µg/kg으로 실험실에서 제조한 닭튀

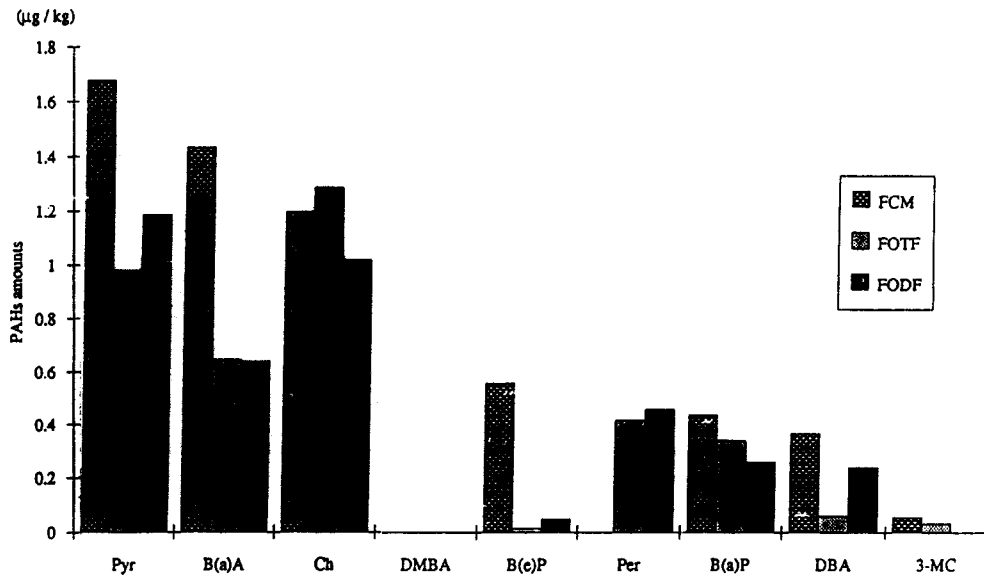


Fig. 1. Average PAHs amount in the fried chicken(FCM), frying oil taken during the frying(FOTF), and discarded frying oil(FODF) from market fried chicken houses.

Table 6. Physico-chemical characteristics of the frying oil taken during the frying and the discarded frying oil from market fried chicken houses

Rancidity	samples	A	B	C	D	E	AVE
Acid value	FOTE	0.27 ± 0.001	0.50 ± 0.005	0.54 ± 0.010	0.54 ± 0.007	0.45 ± 0.006	0.46
	FODF	0.86 ± 0.003	1.07 ± 0.002	2.34 ± 0.001	1.40 ± 0.002	1.09 ± 0.007	1.35
Refractive index	FOTF	1.4711	1.4711	1.4714	0.4711	0.4710	1.4711
	FODF	1.4696	1.4705	1.4715	1.4680	1.4704	1.4700
Conjugated diene value	FOTF	0.40	0.74	0.90	0.38	0.72	0.63
	FODF	0.55	1.13	1.55	0.88	1.07	1.04

FCM: Friend chicken from Market
 FOTF: Frying oil taken during the frying
 FODF: Frying oil discarded after the frying

김에서 보다 많이 검출되었다.

이렇게 실험실에서 제조한 닭튀김에서 B(a)P 이외의 PAHs 함량이 더 많이 검출된 것은 튀김에 사용한 생닭에 PAHs가 많이 함유되어 있었기 때문으로 생각되며 반면 PAHs는 가열할 때 여러유기물의 열분해에 의해 생성되는 동시에 파괴되기 때문에 시판 닭튀김은 고온에서 장시간 가열된 기름과 또는 여러번 사용된 기름으로 튀김을 함으로써 PAHs 함량은 감소될 수 있고 또 단일 또는 혼합하여 사용된 기름의 종류에 따라 각 구성성분이 다르므로 이러한 성분상의 차이에 의해 PAHs 함량이 감소될 수도 있기 때문에 시판 닭튀김의 PAHs 함량이 적게 검출된 것으로 생각되어진다. 시장의 각 닭튀김 체인점에서 사용되는 튀김유는 대부분 대두유 였으나 다른 유지를 혼합하여 사용하기도 하였다. 따라서 사용된 유지의 구성성분 및 PAHs 함량 등에 따라 또 사용된 생닭의 구성성분과 PAHs 함량에 따라 튀김을 할 때 B(a)P 및 PAHs의 생성량은 달라질 수 있다고 생각되어진다.

(2) 시판 닭튀김유의 다환방향족 탄화수소 함량의 변화

체인점 닭튀김유의 PAHs 농도는 Table 5와 Fig. 1에서 보는 바와 같이 PAHs의 평균함량은 Pyr 0.977, B(a)A 0.646, Ch 1.285, B(e)P 0.015, Per 0.416, B(a)P 0.339, DBA 0.060, 3-MC 0.033 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 B(a)P이외의 모든 PAHs가 실험실에서 제조한 튀김유에서 보다 더 적었으나, 발암성이 큰 B(a)P는 체인점 닭튀김유에서 더 많이 검출되었다. 또한 체인점에서 닭튀김을 하고 버린 폐유 중의 평균 PAHs함량은 Pyr 1.186, B(a)A 0.640, Ch 1.017, B(e)P 0.049, Per 0.458, B(a)P 0.258, DBA 0.239 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었고, DMBA와 3-MC역시 검출되지 않았으며 B(e)P도 체인점 D와 E의 2집 닭튀김에서는 검출되지 않았다. Pyr, B(e)P, Per, DBA는 현재 닭튀김에 사용하고 있는 튀김유에서 보다 폐유에 더 많이 함유되어 있었으며 B(a)P는 실험실에서 제조한 튀김유의 평균 함량보다 체인점에서 구입한 튀김유와 폐유에서 더 많이 검출되었다.

(3) 시판 닭튀김유의 산패도

체인점에서 무작위로 구입한 닭튀김유의 산패도는 Table 6에 나타나 있다. 현재 닭튀김에 사용하고 있는 튀김유의 평균산값은 0.46으로 실험실에서 제조한 닭튀김유의 산값 0.30~0.56과 비슷했으나 체인점의 폐유산값은 1.35로 상당히 산패가 진행되어 있었다.

현재 닭튀김에 사용하고 있는 닭튀김유의 굴절률은 각각 1.4711, 1.4711, 1.4714, 1.4711, 1.4710으로 평균 1.4711이었고, 폐유는 각각 1.4696, 1.4705, 1.4715, 1.4680, 1.4704로 평균 1.4700이었다. 공액이중산값은 체인점에서 사용중인 닭튀김유가 평균 0.63, 폐유가 평균 1.04로 실험실에서 제조한 20회 닭튀김유의 CDNv 0.43, 0.45보다 상당히 높았다. 이와 같이 체인점에서 구입한 닭튀김유의 평균산패도는 실험실에서 제조한 닭튀김유보다 상당히 산패가 진행되어 있었다.

IV. 요약

튀김을 하는 동안 튀김유 및 닭튀김 중의 다환방향족 탄화수소는 함량의 변화와 산패도의 변화를 측정된 결과는 다음과 같았다.

180 \pm 5 $^{\circ}\text{C}$ 와 200 \pm 5 $^{\circ}\text{C}$ 에서 튀김을 한 닭튀김과 튀김유의 B(a)P 및 PAHs 함량은 대부분 튀김을 하는 과정에서 증가하거나 감소했으나 180 \pm 5 $^{\circ}\text{C}$ 에서 20회 튀김 닭의 PAHs함량은 Pyr과 DMBA를 제외하고는 모두 증가했고 200 \pm 5 $^{\circ}\text{C}$ 에서 튀김 20회 닭튀김에서는 DMBA, DBA, 3-MC외의 PAHs함량은 증가했다. 닭튀김유의 PAHs 함량은 180 \pm 5 $^{\circ}\text{C}$ 의 튀김유에서는 주로 10, 15회 튀김유에서 PAHs함량이 상승했고 200 \pm 5 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 튀김횟수가 증가할수록 증가하는 경향이었으며, 튀김유의 산패도 변화와 튀김유의 PAHs함량 변화와는 상호관계가 없는 것으로 나타났다. 반면 닭튀김 체인점에서 구입한 닭튀김의 평균 PAHs함량은 실험실에서 제조한 닭튀김의 PAHs함량보다 낮으나 체인점의 닭튀김유 및 폐유 중의 B(a)P함량은 실험실에서 제조한 튀김유의 함량보다 많았다.

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.L., & Mayneord, W.V.; *Proc. R. Soc. London, Ser. B* III, 455 (1932).
5. Mei-Teim, L., & Sandi, E.; *Residue Rev.*, 65, 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 in the interstitial 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 complexations and glass capillary gas chromatography, *J. Chrom.*, 237, 263-72 (1982).
9. Tilgner, D.J.; Food in a carcinogenic environment, *Food Manuf.*, 87, 47-50 (1970).
10. Aaenni, E.D. & Fischbach, H.; Trace polycyclic aromatic hydrocarbons analysis, the contribution of chemistry to food supplies, IUPA, Butterworth, London, 209-25.
11. Jose M. Concon., Food toxicology in two parts, part A; principles and concepts, *Marcell Dekker, INC.* (1988).
12. Halaby, G.A., & Fageron, I.S.; Polycyclic aromatic hydrocarbons in heat-treated foods-pyrolysis of some li-

- pids, beta-carotene, and cholesterol. SOS/70 proceedings. *3rd International Congress of Food Science and technology*, 1970, 820-29 (1971).
13. Grimmer, G.; Are carcinogenic substance produced when foods are heated?, *Brot und Geback*, **24**, 8, 157-9 (1970).
 14. Soos, K.; Occurrence of 3,4-benzopyrene content in fats and heat-induced changes in its concentration, *Acta Alimentaria* **8**, 2, 181-8 (1979).
 15. Lijisky, W., and P. shubik; The detection of polycyclic aromatic hydrocarbons in liquid smoke and some foods.; *Toxicol. Appl. Pharmacol.* **7**: 337-43 (1965).
 16. Lijinsk, 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. A.O.C.S.; Official and Tentative Methods, 3rd. American Oil *Chemists Society Illinois*, (1978) 27. G. Grimmer, 7-H. Bohnke; polycyclic aromatic hydrocarbon profile analysis of high-protein foods, oils, and fats by Gas Chromatography, *JAOAC*, **58**, 4 (1975).
 19. G. Grimmer, 7 H. Bohnke; polycyclic aromatic hydrocarbon profile analysis of high-protein foods, oils, and fats by Gas Chromatography, *JAOAC*, **58**, 4 (1975).
 20. Hirotaka O., Shinjiro H., Ryoichi T., & Mitsuru U.; Dietary intakes of polycyclic aromatic hydrocarbons, *J. Food Hyg. Soc. Japan*, **25**, 1 (1984).
 21. Yukio, S., Hiroshi, S., Mitsuhatu T., & Misuru U.; Determination of benzopyrene in foods, *JAOAC*, **61**, 1 (1978).
 22. Hirotaka O., Shinjiro H., & Takashi, K.; Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in marine sample by High-Performance Liquid Chromatography, *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, **26**, 613-20 (1981).
 23. 김인숙, 안명수, 장대경; 유지 가열시 Benzo(a)pyrene 생성에 관한 연구(I), -대두유 가열시-, 한국조리과학회지, **9** 4 (1993).
 24. Grimmer, G.; *Pharm. Ztg.*, **127**, 1 (1982).
 25. Walking, H.W.; Lipids and Their oxidation, Avi Publishing Co. Inc., Westport, Conn. (1962).