

## 국내의 조리 식품 중 과불화화합물의 잔류 수준

신재호 · 고영림<sup>1</sup> · 박나연<sup>1</sup> · 방선아<sup>2</sup> · 임초롱 · 김판기<sup>3</sup> · 김정환<sup>2,\*</sup>  
을지대학교 시니어헬스케어학과, <sup>1</sup>을지대학교 보건환경안전학과,  
<sup>2</sup>을지대학교 식품산업외식학과, <sup>3</sup>용인대학교 산업환경보건학과

## Levels of perfluorinated compounds in prepared foods in Korea

Jae-Ho Shin, Younglim Kho<sup>1</sup>, Nayoun Park<sup>1</sup>, Sunah Bang<sup>2</sup>, Cho Rong Lim,  
Pan-Gyi Kim<sup>3</sup>, and Jung Hoan Kim<sup>2,\*</sup>

Department of Senior Healthcare, BK21 Plus Program, Graduate School, Eulji University

<sup>1</sup>Department of Health, Environment & Safety, Eulji University

<sup>2</sup>Department of Food Technology & Service, Eulji University

<sup>3</sup>Department of Occupational and Environmental Health, Yongin University

**Abstract** Perfluorinated compounds (PFCs) are linked to adverse effect on human healths, therefore, the aim of this study was to determine the levels of PFCs in prepared food. One hundred and fifty-one samples of six prepared food groups were purchased from retail food establishments in Korea. Twelve PFCs were detected in the sample, the accuracy ranged between 80.8-119.4% and precision ranged between 2.2-2.89% high and low concentrations in PFCs spiked samples. The detection frequency of perfluoro-pentanoic acid (PFPeA) was and perfluorooctanoic acid (PFOA) above the limit of detection, which was 84.1 and 82.8%, respectively, but positive detection frequency of perfluorooctanesulphonic acid (PFOS) was as shown as low as 29.1%. Residual PFOA levels in most of the samples were higher than the PFOS levels. The average concentration of total PFCs in the samples was  $1.68 \pm 1.79$  ng/g, and PFPeA and PFOA were the predominant PFCs.

**Keywords:** Perfluorinated compounds, LC-MS/MS, Prepared food

## 서 론

과불화화합물(Perfluorinated Compounds, PFCs)은 탄화수소 사슬의 수소가 불소로 치환된 화합물로서 전기음성도가 큰 불소가 탄소원자와 강한 공유결합을 하고 있는데, 물과 기름에 반발하는 독특한 특성으로 인해, 방수와 방유 기능을 필요로 하는 일상용품에는 물론 산업분야에서 널리 사용되어 왔으며 식품 조리용 후라이팬, 종이포장재 등에도 이용되었다(1,2). 그러나 이들 화합물들은 자연계 또는 폐수 처리과정 등에서 분해되어야 함에도 불구하고, 과불화화합물의 분자 구조가 갖는 열화학적 안정성 때문에 산, 염기에 의한 분해는 물론, 광분해, 생물대사에 의한 분해가 어려워 토양, 물, 대기 환경으로 배출되어 오랜 기간 잔류하여, 그 일부는 분해되지 않고 잔류성유기오염물질(POPs, persistent organic pollutants)로 남아, 환경 내에 오염원으로 작용하며 독성을 띤다(2,3). 여러 연구에 따르면 인간의 생활환경은 물론, 오염원이 전혀 존재하지 않는 극지방이나 대양에서도 PFCs가 검출되었으며(1,3), 인체 혈액 및 다양한 식품에서도 잔류가 확인되었다(4-6).

최근에는 분석법의 발전에 의하여 정량이 가능한 PFCs의 종류가 20여 종에 이르며(7), 이중 인체에 영향이 큰 대표적인 PFCs는 PFOA (Perfluorooctanoic acid)와 PFOS (Perfluorooctane sulfonate)로 알려져 있다(8). PFOS와 PFOA의 인체내 반감기는 연구에 따라 2-9년으로 보고되었으며(9-12), 긴 반감기로 인한 인체내의 축적으로 심각한 피해를 유발할 수 있다. 특히 PFOA는 전립선암과 방광암을 유발하고, PFOS는 동물시험에서 간독성을 일으키는 것으로 확인되어, 현재 전세계적으로 스톡홀름협약에 따라 관리, 규제되고 있다(13,14).

인체의 주요 노출경로로써 PFOA는 먹는 물을 통한 노출이 많은 것으로 보고되었으며(15), PFOS는 어류 및 수산식품에서의 농도가 상대적으로 높았고(9,10), 식이를 통한 PFCs의 1일 노출 수준은 0.89-100 ng/kg bw로 추정되었다(11).

해외의 연구를 보면 미국(16), 캐나다(11), 스웨덴(17), 스페인(18) 및 영국(19) 등에서 농산물, 수산물, 축산물 등의 PFCs잔류 수준이 보고된 바 있다. 그러나 국내의 경우 해양과 하천(20,21)과 인체노출(22)에 있어서의 PFCs노출 수준에 대한 연구가 있을 뿐 식품에 관한 연구결과는 아직도 미흡한 실정이다. 또한 식품의 조리, 가공과정 중 PFCs농도의 변화 연구에서는 생선류의 경우 perfluorinated acids의 농도가 낮아지며, PFOS의 검출율이 높았다(23). 따라서 원료 식품은 물론 가공식품에 대한 PFCs의 노출에 대한 연구가 필요하다.

이에 본 연구에서 국내에서 유통되는 일부 조리식품을 대상으로 PFCs의 잔류 수준을 파악하고자 하였으며, 향후 국내 유통 식품에의 PFCs의 관리에 관한 기초자료를 제시하고자 하였다.

\*Corresponding author: Jung Hoan Kim, Department of Food Technology and Services, Eulji University, Seongnam, Gyeonggi 13135, Korea

Tel: 82-31-740-7218

Fax: 82-31-740-7349

E-mail: peterkim@eulji.ac.kr

Received June 15, 2016; revised August 31, 2016;

accepted September 1, 2016

## 재료 및 방법

### 대상시료

본 연구의 대상시료는 2012 국민건강통계(24)에서 다소비식품으로 나타난 식품 중 조리식품의 형태로 소비가 많은 김밥, 어묵(반찬 어묵볶음, 어묵 꼬치, 국물 등 포함), 라면, 빵류, 제육볶음 및 닭튀김을 대상으로 하였으며, 서울, 부산, 인천, 경기, 및 충청북도의 중고교 인근 음식점에서 총 151점을 시료로 채취하였다. 시료는 음식물이 배식되는 형태로 수거하였고 국물이 있는 식품의 경우 국물까지 모두 수거하였으며, 채취된 시료는 분석 전까지 냉동고에서  $-70^{\circ}\text{C}$ 로 보관하였다.

### 시약 및 표준물질

12종의 PFCs 표준물질과 추출효율 보정 등의 용도로 이용된 내부표준물질은 Wellington Laboratories Inc. (Guelph, ON, Canada)에서 구입하였다. 시료의 전처리분석에 사용된 증류수, 메탄올, acetonitrile 및 methyl tert-butyl ether (MTBE)는 Honeywell Burdic & Jackson 사(Morris Plains, NJ, USA)에서 구입하였으며, tetrabutylammonium hydrogen sulfate, sodium carbonate 및 sodium bicarbonate는 Sigma-Aldrich사(St Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 일회용품을 비롯한 다양한 실험실 용기와 용매들은 과불화화합물이 검출될 수 있으므로, 전처리 및 분석에 사용되는 모든 제품은 PFCs의 검출 여부를 확인하고 사용하였다.

### 시료의 전처리

동결화된 시료 1g에 내부표준물질혼합액 20  $\mu\text{L}$ 와 protease와 lipase를 각각 350  $\mu\text{L}$ 를 넣고 잘 섞어준 후,  $37^{\circ}\text{C}$  배양기에서 16 시간동안 반응시켰다. 이후 5N 황산 2 mL를 첨가하여  $50^{\circ}\text{C}$  배양기에서 2시간 반응시킨 후, MTBE 5 mL로 액체-액체 추출하였다. 이후, 8,000 rpm에서 5분간 원심분리하여 상층액만 분리, SPE로 농축시키고, 아세토니트릴 200  $\mu\text{L}$ 로 용매를 재조정하여, LC-MS/MS시스템에 3  $\mu\text{L}$ 를 주입하여 정량분석을 수행하였다.

### LC-MS/MS 분석 조건

본 연구에서 12종의 PFCs를 정량분석하기 위해 고성능 액체 크로마토그래피(Agilent 1100 series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)-텐덤질량분석기(API 4000, Applied Biosystems, Foster City, CA, USA)를 이용하였다. 분석대상물질의 분리는

YMC-ODS 컬럼(2.0 $\times$ 150 mm, 3.0  $\mu\text{m}$ , Waters Co., Milford, MA, USA)으로 수행되었으며, 이동상은 0.02% formic acid와 5 mM ammonium acetate 수용액(A)과 메탄올(B)을 경사용매조성법으로 이용하였다. 분석대상물질의 정량분석은 ESI (electrospray ionization) 음이온 모드에서 MRM (multiple reaction monitoring) 방식으로 수행하였다.

### 분석법 검증

분석법 검증을 위해 본 연구에서는 0.05 ng/mL (저농도), 0.2 ng/mL (중농도) 및 1 ng/mL (고농도)에서 회수율(recovery)을 측정하여 정확도를 평가하였으며, 정밀도는 세가지 농도 수준에서 반복 분석으로 얻어진 분석 값의 상대표준편차(RSD) 값으로 평가하였다. 검출한계는 표준물질의 농도를 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 5.0, 및 10.0 ng/mL로 조제하여 LC-MS/MS로 분석하여 검정곡선을 만들고 이때 산출된 회귀식의 y절편 표준편차와 기울기의 비율에 대한 3.3배 값으로 얻었다(25).

## 결과 및 고찰

### 식품 시료 중 PFCs 분석법 검증

분석이 가능한 12종류의 PFCs, 즉, Perfluorohexanoic acid (PFHxA), Perfluoroheptanoic acid (PFHpA), Perfluorooctanoic acid (PFOA), Perfluorononanoic acid (PFNA), Perfluorodecanoic acid (PFDA), Perfluoroundecanoic acid (PFUnDA), Perfluorododecanoic acid (PFDoDA), Perfluorohexane sulfonate (PFHxS), Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorobutane sulfonic acid (PFBS), Perfluoropentanoic acid (PFPeA), Perfluorotridecanoic acid (PFTriDA) 및 Perfluorotetradecanoic acid (PFTeDA)의 정확도, 정밀도 및 검출한계(limit of detection, LOD)는 Table 1에서 보는 바와 같다. 분석의 정확도는 회수율로 평가하였는데, PFBS를 제외한 모든 PFCs의 회수율은 82.2-119.4%였으며, 정밀도는 2.2-28.9%였으며, 고농도에서의 정확도와 정밀도가 특히 안정적인 것으로 나타났다. PFCs의 LOD는 PFBS의 경우 0.03 ng/g으로 가장 낮았으며, PFHxA는 0.22 ng/g으로 가장 높았다. 조리식품의 PFCs 실태를 조사했던 기존 연구의 경우, Tittlemier 등(5)은 6종의 PFCs의 LOD가 0.5-6 ng/g 수준이었으며, Ericson 등(26)은 8종의 LOD가 0.001-0.65 ng/g, Ostertag 등(11)은 0.21-0.97 ng/g으로 본 연구에 비하여 LOD가 높았다.

**Table 1. Accuracy, precision, and limit of detection (LOD) of PFCs analysis in food samples**

Compounds	Accuracy (%)			Precision (%)			LOD (ng/mL)
	Low	Middle	High	Low	Middle	High	
PFHxA	84.7	111.7	119.4	28.9	7.9	8.6	0.220
PFHpA	94.9	98.6	95.0	7.7	7.3	5.8	0.060
PFOA	107.7	101.9	98.1	4.5	3.5	3.3	0.100
PFNA	105.9	106.6	99.5	10.4	7.8	5.8	0.110
PFDA	102.4	110.3	108.0	8.9	11.2	3.3	0.100
PFUnDA	82.2	103.0	107.9	26.5	8.2	4.3	0.050
PFDoDA	101.9	108.0	107.7	11.1	14.7	4.6	0.100
L-PFHxS	101.1	109.3	102.0	6.2	4.2	6.7	0.110
L-PFOS	80.8	104.9	109.6	20.1	12.7	2.2	0.035
L-PFBS	196.5	135.0	131.1	51.5	25.2	6.7	0.030
PFPeA	111.5	102.6	100.9	23.3	5.3	3.4	0.200
PFTriDA	102.7	92.9	90.0	5.7	6.2	7.7	0.050

**Table 2. Positive rates (%) of PFCs residue in prepared foods in Korea**

PFCs	Kimbab (n=26)	Fried chicken (n=30)	Ramen (n=26)	Bread (n=25)	Fish pastes (n=17)	Stir-fried pork (n=27)	Total (n=151)
PFHxA	26.9	46.7	30.8	20.0	23.5	37.0	31.79
PFHpA	69.2	60.0	61.5	64.0	35.3	66.7	60.93
PFOA	88.5	73.3	76.9	88.0	88.2	85.2	82.78
PFNA	57.7	40.0	23.1	44.0	52.9	48.1	43.71
PFDA	53.8	26.7	11.5	32.0	58.8	29.6	33.77
PFUnDA	73.1	63.3	38.5	60.0	70.6	59.3	60.26
PFDoDA	65.4	46.7	11.5	36.0	58.8	37.0	41.72
L-PFHxS	11.5	16.7	23.1	20.0	11.8	14.8	16.56
L-PFOS	26.9	33.3	30.8	24.0	35.3	25.9	29.14
PFBS	46.2	36.7	46.2	20.0	47.1	37.0	39.74
PFPeA	88.5	86.7	88.5	88.0	76.5	81.5	84.11
PFTTrDA	26.9	16.7	19.2	12.0	11.8	25.9	20.53

**Table 3. Concentrations (ng/g) of PFCs in prepared foods in Korea**

PFCs	Kimbab (n=26)		Fried chicken (n=30)		Ramen (n=26)		Bread (n=25)		Fish pastes (n=17)		Stir-fried pork (n=27)		Total (n=151)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
PFHxA	0.16	0.44	0.26	0.4	0.18	0.32	0.15	0.46	0.11	0.27	0.18	0.43	0.18	0.39
PFHpA	0.18	0.22	0.12	0.23	0.08	0.14	0.12	0.2	0.08	0.13	0.18	0.41	0.13	0.25
PFOA	0.44	0.52	0.36	0.67	0.24	0.64	0.37	0.51	0.28	0.33	0.44	0.85	0.36	0.62
PFNA	0.11	0.13	0.07	0.11	0.04	0.1	0.13	0.17	0.1	0.15	0.09	0.17	0.09	0.14
PFDA	0.06	0.06	0.03	0.05	0.02	0.05	0.05	0.08	0.06	0.06	0.06	0.15	0.04	0.09
PFUnDA	0.09	0.07	0.07	0.07	0.04	0.07	0.07	0.1	0.09	0.07	0.1	0.18	0.07	0.1
PFDoDA	0.1	0.1	0.06	0.08	0.02	0.06	0.07	0.12	0.08	0.08	0.09	0.17	0.07	0.11
PFHxS	0.01	0.04	0.04	0.1	0.05	0.12	0.06	0.14	0.04	0.16	0.03	0.09	0.04	0.11
PFOS	0.01	0.03	0.02	0.05	0.02	0.06	0.02	0.04	0.01	0.02	0.03	0.06	0.02	0.05
PFBS	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.14
PFPeA	0.79	0.78	0.53	0.48	0.48	0.39	0.89	1.19	0.69	0.91	0.59	0.73	0.64	0.77
PFTTrDA	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.05	0.33

**식품 시료 중 PFCs의 잔류수준**

PFCs는 식품의 경우 식품재료 자체의 오염 뿐만 아니라, 식품의 제조가공, 조리 과정에서도 노출될 수 있다(27). 분석한 시료의 PFCs물질별 검출률과 평균 잔류 수준은 Table 2와 3에서 보는 바와 같다. 전체 6종류의 151점 모두에서 적어도 한 종류 이상의 PFCs가 검출한계 이상으로 잔류하는 것으로 확인되었는데, PFCs 물질별로는 PFPeA (84.1%)와 PFOA (82.8%)의 검출율이 높았으며, 평균 농도는 각각 0.64 및 0.36 ng/g으로 총 PFCs농도 1.68 ng/g의 38.1%와 21.4%를 차지하였다. 시료 종류별로도 PFPeA와 PFOA의 검출률과 잔류수준은 모두 높게 나타났다.

반면 PFHxA (16.6%), PFTTrDA (20.5%) 및 PFOS (29.1%) 등은 낮은 검출률을 보였다. 시료별로는 김밥의 경우 PFHxS가 11.5%, 닭튀김은 PFHxS와 PFTTrDA가 각 11.67%, 라면은 PFDA와 PFDoDA가 각 11.5%, 빵류는 PFTTrDA가 12.0%, 어묵류는 PFHxS와 PFTTrDA가 각 11.8%, 제육볶음은 PFHxS가 14.8%로 20% 미만의 검출률을 보였다. 12종의 PFCs 중 PFPeA, PFOA 및 PFHxA를 제외한 9종은 각각 0.02-0.13 ng/g으로 총PFCs의 10% 미만의 낮은 수준을 보였다.

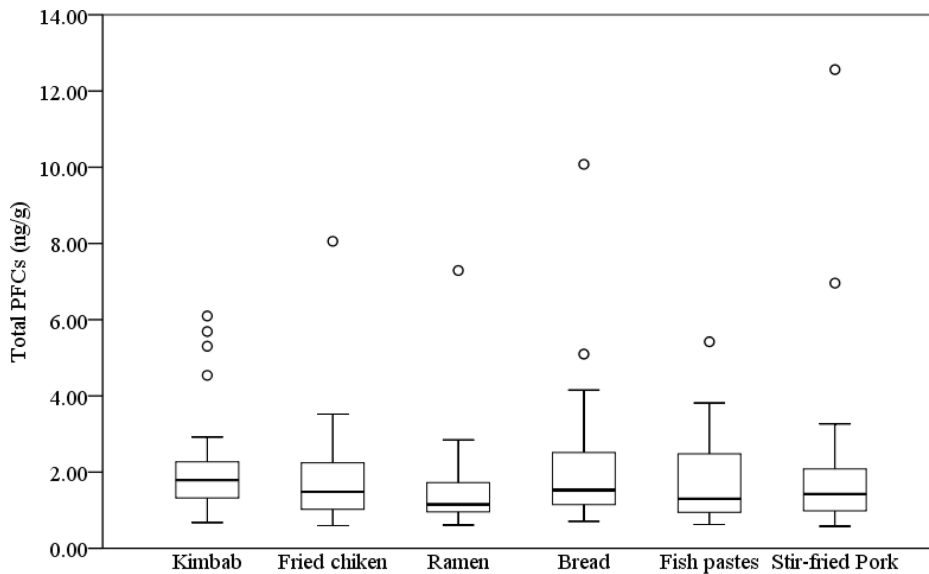
국외의 연구결과와 비교하면, roast beef와 전자렌지용 팝콘에서 PFOA가 2.6 및 3.6 ng/g 잔류한 것으로 보고된 바 있으며(5), 미국의 총식이조사 대상의 시료 31점 중 17점에서 PFOA가 검출되었고, 잔류수준은 0.02-1.8 ng/g이며 이중 버터(1.07 ng/g), 올리

브유(0.8 ng/g)에서 높았는데, PFOA는 식품의 가공과 포장에 기여하는 것으로 추정하였다(16).

2001-2010년까지의 외국에서 보고된 PFOS의 잔류 실태를 분석한 결과에 따르면, 가금육과 수산물에서의 검출률은 각각 29.6%와 24.5%로 다른 식품에 비하여 높았으며, 다른 식품의 경우 0-22.8%로 본 연구에 비하여 낮았으나 잔류수준은 0.45-3.97 ng/g으로 본 연구의 0.01-0.03 ng/g에 비해 현저히 높았다(12). 그러나 본 연구에서 검출률이 높은 점은 위의 연구들에 비하여 LOD가 낮았기 때문으로 직접적으로 비교할 수 없는 결과로 사료되었다. 특히 Tittlemier 등(5)은 1998년부터 2004년까지 캐나다에서 수거한 육류, 가금육, 수산식품, 냉동식품, 패스트푸드 및 전자렌지 조리용 팝콘시료로부터 대부분 PFOS와 PFOA를 검출하였으며, 그 농도는 0.5-4.5 ng/g으로 보고하고 있는데 이는 본 연구의 결과에 비하여 매우 높은 수준이었다.

Haug 등(28)은 생물농축에 의해 동물성 식품에서 PFOS의 분포율이 높다고 하였으나 본 연구의 경우 다양한 원료식품을 사용한 조리식품 시료이므로 시료 종류간 차이가 나타나지 않았다. 다만 L-PFOS의 잔류가 확인된 시료 중에는 가장 높았던 시료는 제육에서 0.370 ng/g수준으로 검출된 경우였으며, 분석 시료 중에서 1점에서만 검출되었던 빵과 라면에서도 그 농도가 0.316 ng/g과 0.308 ng/g으로 높았다.

검출한계 이하로 나타난 PFCs에 대하여 검출한계의 1/2을 적



**Fig. 1. Box plot of total of PFCs in food samples (median, 25th and 75th percentile, minimum and maximum).** The results are summarized as a boxplot showing the median, quartiles, maximum and minimum distances, and outliers (circles) at each residue position.

용하여 산출한 시료별 총 PFCs 농도는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 시료 종류별로 김밥류가 1.98 ng/g으로 가장 높았으며, 빵(1.94 ng/g) 및 제육(1.81 ng/g)이 높게 나타난 반면, 라면은 1.17 ng/g으로 상대적으로 낮은 농도로 검출되었다. 시료별 총 PFCs 농도 분포에서는 제육 시료의 농도 범위가 가장 넓은 편이었는데, 총 PFCs의 최고농도는 12.617 ng/g이었다. 빵의 경우 최고 10.132 ng/g까지 검출되었다.

본 실험의 결과와 시료의 종류는 다르지만, Ostertag 등(11)은 캐나다에서 유통되는 주요 조제식품(composite food) 시료의 PFCs 노출정도에 대하여, 가공육(cold cuts)은 평균 5.01 ng/g로 가장 높았고, 가공치즈(2.12 ng/g), 햄류(0.52 ng/g), 치즈(0.71 ng/g), 피자류(0.73 ng/g) 등으로 보고한 바 있는데, 시료별 평균 검출 수준의 차이가 큰 것으로 나타났다. 다만, Ostertag 등(11)은 PFOA와 PFOS를 비롯한 5종의 PFCs를 분석하였으며, Haug 등(28)은 10종의 PFCs를, Tittlemier 등(29)은 5종의 PFCs만을 정량분석하여 보고하는 등 본 연구의 12종에 비해 PFCs 분석 물질의 수가 적었던 점을 고려하면 시료의 총 PFCs의 농도를 비교하는 데는 한계가 있다.

본 연구는 중교교 주변의 조리식품을 대상시료로 분석한 결과로, 원료식품의 오염도를 평가하지 않아 식품별 또는 조리 과정에서의 PFCs 농도 변화 패턴을 추적할 수 없었다. 그러나, 본 실험에서 조사된 조리식품에서의 과불화화합물의 농도는 이용가능한 외국의 연구결과와 비교할 때, 낮은 수준임을 알 수 있었다.

## 요 약

국내에서 유통되는 조리식품 6종류, 151점의 시료를 수집하여 LC-MS/MS를 이용해 PFCs 잔류 수준을 측정하였다. 총 12종의 PFCs를 분석하였으며, PFBS를 제외한 PFCs의 회수율은 82.2-119.4%였으며, 정밀도는 2.2-28.9%였다. PFCs물질별로는 PFPeA(84.1%)와 PFOA(82.8%) 검출률이 높았고, PFOS의 검출률은 29.1%였으며, 대부분의 시료에서 PFOA가 PFOS보다 잔류 수준이 높은 경향을 보였다. 시료의 총 PFCs의 평균 농도는  $1.68 \pm 1.79$  ng/g이었으며, PFPeA와 PFOA의 비중이 높았다.

## 감사의 글

본 연구는 2014년 식품의약품안전평가원의 연구개발비(과제번호 14162위해기653)로 수행되었으며 이에 감사드립니다. 또한, 이 논문은 교육부와 한국연구재단의 BK21플러스 사업의 장학지원을 받아 수행된 연구결과입니다(31Z20130012916).

## References

- Giesy JP, Kannan K. Perfluorochemical surfactants in the environment. *Environ. Sci. Technol.* 36: 147A-152A (2002)
- Domingo JL. Health risks of dietary exposure to perfluorinated compounds. *Environ. Int.* 40: 187-195 (2012)
- Yamashita N, Taniyasu S, Petrick G, Wei S, Gamo T, Lam PKS, Kannan K. Perfluorinated acids as novel chemical tracers of global circulation of ocean waters. *Chemosphere* 70: 1247-1255 (2008)
- Fromme H, Tittlemier SA, Vlkel W, Wilhelm M, Twardella D. Perfluorinated compounds-Exposure assessment for the general population in western countries. *Int. J. Hyg. Environ. Health.* 212: 239-270 (2009)
- Tittlemier SA, Pepper K, Seymour C, Moisey J, Bronson R, Cao XL, Dabeka RW. Dietary exposure of Canadians to perfluorinated carboxylates and perfluorooctane sulfonate via consumption of meat, fish, fast foods, and food items prepared in their packaging. *J. Agr. Food Chem.* 55: 3203-3210 (2007)
- Lee ES, Kim HY, Sim WJ, Lee JH, Oh JE. Evaluation of pretreatment method for analysis of perfluorinated compounds in human blood and breast milk samples. *J. Korean Soc. Environ. Analysis* 14: 45-54 (2011)
- Vassiliadou I, Costopoulou D, Kalogeropoulos N, Karavoltos S, Sakellari A, Zafeiraki E, Dassenakis M, Leondiadis L. Levels of perfluorinated compounds in raw and cooked Mediterranean finfish and shellfish. *Chemosphere* 127: 117-126 (2015)
- Suja F, Pramanik BK, Zain SM. Contamination, bioaccumulation and toxic effects of perfluorinated chemicals (PFCs) in water environment: A review paper. *Water Sci. Technol.* 60: 1533-1544 (2009)
- Benford D, de Boer J, Carere A, di Domenico A, Johansson N, Schrenk D, Schoeters G, de Voogt P, Dellatte E. Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their

- salts. *EFSA Journal*. 653: 1-131 (2008)
10. Krrman A, Harada KH, Inoue K, Takasuga T, Ohi E, Koizumi A. Relationship between dietary exposure and serum perfluorochemical(PFCS) levels-A case study. *Environ. Int.* 35: 712-717 (2009)
  11. Ostertag SK, Chan HM, Moisey J, Dabeka R, Tittlemier SA. Historic dietary exposure to perfluorooctane sulfonate, perfluorinated carboxylates, and fluorotelomer unsaturated carboxylates from the consumption of store-bought and restaurant foods for the Canadian population. *J. Agr. Food Chem.* 57: 8534-8544 (2009)
  12. van Asselt ED, Rietra RPJJ, Rmkens PFAM, van Der Fels-Klerx HJ. Perfluorooctanesulphonate (PFOS) throughout the food production chain. *Food Chem.* 128: 1-6 (2011)
  13. Fei C, Olsen J. Prenatal Exposure to perfluorinated chemicals and behavioral or coordination problems at age 7 years. *Environ. Health Persp.* 119: 573-578 (2011)
  14. Yeung LWY, Yamahita N, Taniyasu S, Lam PKS, Sinha RK, Borole DV, Kannan K. A survey of perfluorinated compounds in surface water and biota including dolphins from the ganges river and in other waterbodies in India. *Chemosphere* 76: 55-62 (2009)
  15. Harada K, Saito N, Sasaki K, Inoue K, Koizumi A. Perfluorooctane sulfonate contamination of drinking water in the Tama river, Japan: Estimated effects on resident serum levels. *B. Environ. Contam. Tox.* 71: 31-36 (2003)
  16. Schecter A, Colacino J, Haffner D, Patel K, Opel M, Ppke O, Birnbaum L. Perfluorinated compounds, polychlorinated biphenyls, and organochlorine pesticide contamination in composite food samples from Dallas, Texas, USA. *Environ. Health Persp.* 118: 796-802 (2010)
  17. Berger U, Glynn A, Holmstrm KE, Berglund M, Ankarberg EH, Trnkvist A. Fish consumption as a source of human exposure to perfluorinated alkyl substances in Sweden-analysis of edible fish from Lake Vattern and the Baltic Sea. *Chemosphere* 76: 799-804 (2009)
  18. Llorca M, Farr M, Pic Y, Barcel D. Development and validation of a pressurized liquid extraction liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for perfluorinated compounds determination in fish. *J. Chromatography A.* 1216: 7195-7204 (2009)
  19. Clarke DB, Bailey VA, Routledge A, Liloyd AS, Hird S, Mortimer DN, Gem M. Dietary intake estimate for perfluorooctanesulphonic acid(PFOS) and other perfluorocompounds (PFCs) in UK retail foods following determination using standard addition LC-MS/MS. *Food Addit. Contam.* 27: 530-545 (2009)
  20. Cho CR, Eom I, Kim EJ, Kim S, Choi K, Cho H, Yoon J. Evaluation of the Level of PFOS and PFOA in Environmental Media from Industrial Area and Four Major River Basin. *J. Korean Soc. Environ. Anal.* 12: 296-306 (2009)
  21. Cho CR, Cho JG, Eom IC, Lee BC, Kim SJ, Choi KH, Yoon JH. Bioconcentration of perfluorinated compounds in Fish from Gulpo Stream. *J. Environ. Toxicol.* 25: 229-240 (2010)
  22. Guruge KS, Taniyasu S, Yamashita N, Wijeratna S, Mohotti KM, Seneviratne HR, Kannan K, Yamanaka N, Miyazaki S. Perfluorinated organic compounds in human blood serum and seminal plasma: A study of urban and rural tea worker populations in Sri Lanka. *J. Environ. Monit.* 7: 371-377 (2005)
  23. Del Gobo L, Tittlemier SA, Diamond M, Pepper K, Tague B, Yeudall F, Vanderlinden L. Cooking decreases observed perfluorinated compound concentrations in fish. *J. Agr. Food Chem.* 56: 7551-7559 (2008)
  24. KCDCP. Korea Health Statistics 2012: The Fifth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V-3). Korea Centers for Disease Control and Prevention. p. 475 (2013)
  25. Food and Drug Administration (Center for Veterinary Medicine). Validation of Analytical Procedures: Methodology, Recommended for Implementation at Step 7 of the VICH GL2 Process on 22 October 1998 by the VICH Steering Committee. Washington, DC, USA (1999)
  26. Ericson I, Marti-Cid R, Nadal M, Van Bavel B, Lindstrm G, Domingo JL. Human exposure to perfluorinated chemicals through the diet: Intake of perfluorinated compounds in foods from the Catalan (Spain) market. *J. Agr. Food Chem.* 56: 1787-1794 (2008)
  27. Jogsten IE, Perell G, Llebaria X, Bigas E, Marti-Cid R, Krrman A, Domingo JL. Exposure to perfluorinated compounds in Catalonia, Spain, through consumption of various raw and cooked foodstuffs, including packaged food. *Food Chem. Toxicol.* 47: 1577-1583 (2009)
  28. Haug LS, Salihovic S, Jogsten IE., Thomsen C, van Bavel B, Lindstrm G, Becher G. Levels in food and beverages and daily intake of perfluorinated compounds in Norway. *Chemosphere* 80: 1137-1143 (2010)
  29. Tittlemier SA, Pepper K, Edwards L. Concentrations of perfluorooctanesulfonamides in Canadian total diet study composite food samples collected between 1992 - 2004. *J Agr. Food Chem.* 54: 8385-8389 (2006)