

## 우리 나라 시판 식품을 통한 다이옥신 섭취량 평가

김경심 · 김종국\* · 김만영\*\*

전북대학교 환경공학과  
\*전북대학교 공업기술연구소  
\*\*한국소비자보호원 시험검사소

(1999년 12월 20일 접수, 2000년 5월 2일 채택)

## Estimation of Dietary Daily Intake of PCDDs/PCDFs from Korean Retail Food

Kyoung-Sim Kim · Jong-Guk Kim\* · Man-Young Kim\*\*

*Department of Environmental Engineering, Chonbuk National University*  
*\*Research Institute of Industrial Technology, Chonbuk National University*  
*\*\*Department of Analytical Laboratory, Korea Consumer Protection Board*

### ABSTRACT

The main route of exposure of the human population to polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins(PCDDs) and polychlorinated dibenzofurans(PCDFs) is through the diet. However in Korea, there are few studies on PCDDs/PCDFs levels in environmental samples and foods.

The purpose of this study is to analyze concentration of PCDDs/PCDFs in Korean retail foods and to estimate dietary daily intake of them. 9 samples from animal food and 10 samples from plant food were analysed for PCDDs/PCDFs. Concentrations of PCDDs/PCDFs ranged from 0.02(milk) to 5.39(anchovy)pg/g. TEQ levels appeared in order of fish/shellfish, meat, vegetable, cereal, fruit and milk, and these values ranged from 0.0008 to 0.3153pgTEQ/g.

The daily intake of PCDDs/PCDFs via food was calculated to be about 37.7pgTEQ/day and these values are equivalent to 0.75 pgTEQ/kg b.w./day, under consideration of 50kg for body weight. The daily intake of PCDDs/PCDFs via food was lower than that in other countries. From these results, it is important to note that fish/shellfish intake is one of the main sources of PCDDs/PCDFs exposure in Korea.

## 요 약 문

인간은 주로 식품을 통해 다이옥신에 폭로되는 것으로 알려져 있다. 그러나 우리 나라에서는 다이옥신의 섭취량에 대한 조사뿐만 아니라 일반 환경시료 중 다이옥신 잔류 농도에 대한 실태 파악조차도 매우 적은 상황이다.

따라서 본 연구에서는 우리 나라에서 시판되고 있는 식품 중 다이옥신 잔류실태를 조사하고 이 결과를 이용하여 식품을 통한 1일 다이옥신 섭취량을 평가하였다. 10종의 식물성 식품과 9종의 동물성 식품을 대상으로 다이옥신 잔류 농도를 분석한 결과 다이옥신 농도는 0.02(우유)~5.39(멸치) pg/g의 범위였으며 TEQ농도는 0.0008~0.3153 pgTEQ/g의 범위로 개별 식품별 농도는 어패류, 육류, 채소류, 곡류, 과일류, 우유의 순으로 높게 나타났다.

우리 나라 국민의 1일 다이옥신 섭취량은 37.7 pgTEQ/day로서 우리 나라 성인의 평균체중 50kg을 기준으로 환산하면 약 0.75 pgTEQ/kg/day의 다이옥신을 섭취하고 있는 것으로 나타났다. 이들 수치는 외국에 비해 다소 낮은 수준이었고 어패류의 섭취가 다이옥신 폭로의 주요한 경로인 것을 알 수 있었다.

주제어 : 다이옥신, 식품, TEQ농도, 섭취량, Total Diet Study

## 1. 서 론

다이옥신류(PCDDs : Polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins, PCDFs : Polychlorinated dibenzofurans, 이하 다이옥신으로 표기)는 화학물질 제조나 소각 및 연소 등 각종 산업활동 과정에서 비의도적으로 생성되며 대기, 토양, 생물체 등 다양한 환경 매체에 존재하고 있는 것으로 알려져 있다.<sup>1-3)</sup>

동물 실험 결과 이들 물질은 급성독성뿐만 아니라 여러 가지 만성독성을 나타내며 면역독성, 생식계독성, 최기형성, 발암성 등을 나타내는 것으로 알려져 있다.<sup>4,5)</sup> 한편 인간이 다이옥신에 폭로된 사례로서는 미국에서 발생한 공장 폐액으로 인한 사고, 이탈리아 세베소 화학약품공장 폭발사고, 베트남 전쟁에서 고엽제에 의한 폭로 등을 들 수 있으나 아직까지 인간의 건강에 미치는 악영향에 대해서는 명확한 결론이 얻어지고 있지 않다.

그러나 2,3,7,8-TCDD에 폭로된 인간이나 실험 동물의 경우에 관찰된 대표적인 증상으로서는 체중 감소, 간장대사장애, 성호르몬이나 갑상선 호르몬 대사 및 콜레스테롤 등 지질대사에 미치는 영향을 들 수 있으며 이와 같은 다이옥신의 독성 때문에 국제암연구센터(IARC)에서는 2,3,7,8-TCDD에 대

해 발암물질 그룹 I (carcinogenic to humans)로 분류하고 있다.<sup>6)</sup>

한편, 다이옥신은 물리 화학적으로 매우 안정하여 환경 중에서 잘 분해되지 않고 생물체에 농축·축적되기 쉬운 특성 때문에 오염원 주변 지역이나 인근 해역의 각종 환경 매체뿐만 아니라 일반 지역의 농축산물이나 수산물에도 축적되어 있을 가능성이 매우 높다. 또한 인간은 토양, 대기, 물, 식품 등 다양한 경로를 통해 다이옥신에 노출되고 있으나 이들 중 식품이 주된 폭로원인 것으로 알려져 있다.<sup>7,8)</sup>

이와 같이 다이옥신의 강한 독성과 인간에 대한 폭로 특성 때문에 선진 외국에서는 식품을 비롯한 주요 폭로원에 대해 모니터링을 실시해 오고 있으며 이를 통해 다이옥신 1일 평균 섭취량을 조사하고 TDI(Tolerable Daily Intake, 1일 섭취 허용량)를 설정해 관리하고 있다.

선진국에 있어서 다이옥신 섭취량은 미국이 0.3~3.2 pgTEQ/kg/day, 독일이 2.2 pgTEQ/kg/day, 캐나다가 2.3 pgTEQ/kg/day로 이들 중 식품을 통한 섭취량이 전체 섭취량의 90~95%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.<sup>9)</sup> 일본의 경우 다이옥신 연간 발생량은 2,3,7,8-TCDD로 약 5,000g으로서 전체의 95% 정도가 폐기물 소각 공정에서 발생하고 있으며 1일 체내 섭취량은 0.29~3.53 pgTEQ/kg/

day 수준으로 이 중 평균 90% 정도가 식품을 통해 흡수된다고 보고되어져 있다.<sup>6)</sup>

한편 WHO는 1990년부터 적용해오던 1일 허용 섭취량을 10 pgTEQ/kg/day에서 1998년에 1~4 pgTEQ/kg/day로 더욱 강화하였으며 일본의 경우도 1999년 6월에 4 pgTEQ/kg/day로 그 기준을 재검토한 바 있다.

그러나 우리 나라에서는 각종 매체를 통한 다이옥신의 섭취량에 대한 조사뿐만 아니라 일반 환경시료 중 다이옥신 잔류 농도에 대한 실태 파악조차도 매우 적은 상황이며 특히 식품을 대상으로 한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리 나라 시판되고 있는 식품 중 다이옥신 잔류실태를 조사하고 이 결과를 이용하여 식품을 통한 1일 다이옥신 섭취량을 평가하였다.

## 2. 재료 및 실험방법

### 2.1. 실험재료

본 연구의 분석대상 시료는 8개 식품군 19종(식

물성 식품 10종, 동물성 식품 9종)으로서 각각 곡류(쌀, 수입밀, 수입옥수수), 두류(수입콩), 감자류(감자), 채소류(배추, 무우), 과일류(사과, 귤, 수입오렌지), 육류(국내산·수입산 돼지고기, 국내산·수입산 소고기, 닭고기), 우유, 어패류(멸치, 명태, 굴)이다.

선정된 식품들은 1999년 3월, 서울시에 소재한 재래시장 및 대형 식품 할인 매장에서 식품별(육류의 경우 양지, 등심, 갈비 부위)로 서로 다른 3개의 장소에서 각 3점씩 구입하였으며 다이옥신 분석을 위해 껍질과 뼈 등을 제거하고 가식부를 취하여 동일한 중량비로 균일하게 혼합한 후 일정량을 분석용 시료로 사용하였다.

이들 식품을 우리 나라의 개별 식품별 1인 1일당 식품 공급량<sup>10)</sup>과 비교한 결과 식품 총 공급량의 약 62%를 차지하는 것으로 나타났으며 각각의 식품군 별로 대표적인 식품을 선정하였기 때문에 통상적인 식생활로부터 섭취되는 다이옥신 양을 평가함에 있어서 객관성 확보가 가능하다고 판단된다.

본 연구에서 사용된 식품의 1인 1일 평균 공급량과 구입한 시료 및 다이옥신 분석에 사용한 양을 Table 1에 나타내었다. 분석에 사용한 시료량은 각

Table 1. Selected food items and sample amount for dioxin analysis

Food group	Food item	Supply amount <sup>10)</sup>		Total sample amount (g)	Amount for dioxin analysis (g)		
		(g/day/capita)	(%)				
Plant food	Cereals/Grains	Wheat(flour)	92.24	6.23	1,552	52	
		Rice	286.53	19.35	1,698	98	
		Corn	74.37	5.02	2,000	100	
	Potatoes	Potatoes	28.30	1.91	728	274	
	Pulses	Soybean	25.50	1.72	2,000	100	
	Vegetables	Radish	57.16	3.86	1,413	200	
		Chinese cabbages	95.41	6.44	4,439	327	
		Fruits	Apple	28.59	1.93	2,198	202
		Tangerine	27.55	1.86	2,105	300	
		Orange	1.48	0.10	2,013	215	
Animal food	Milk	Milk	108.44	7.32	1,963	300	
		Meat/Poultry	Beef(Domestic)	12.25	0.83	595	53
	Beef(Imported)		8.72	0.59	1,258	52	
	Pork(Domestic)		36.48	2.46	553	50	
	Pork(Imported)		3.38	0.23	2,160	50	
	Chicken		11.73	0.79	1,123	38	
	Fish/Shellfish		Anchovy	13.19	0.89	1,552	21
			Alaskan pollack	8.52	0.58	939	20
		Oyster	0.76	0.05	603	51	
	Total amount		930.60	62.6			

식품의 다이옥신 잔류 예상 농도와 부피를 고려하여 적절한 양으로 조정하였다.

## 2.2. 시약 및 실험방법

### 2.2.1. 시약

분석에 사용된 용매(노르말헥산, 아세톤, 톨루엔, 디클로로메탄, 데칸)는 모두 잔류농약 분석용을 사용하였으며, 특히 노르말헥산과 톨루엔은 유리 기구로 재차 증류하여 사용하였다. 수산화칼륨과 무수황산나트륨은 잔류농약시험용을 사용하였으며, 무수황산나트륨은 400℃에서 4시간 동안 가열하여 정제한 것을 사용하였다.

또한 실리카겔은 PCB 분석용(Wakogel S-1)을 130℃에서 4시간 활성화시켜 사용하였고, 알루미늄은 Merck의 Aluminium oxide 90(0.063~0.200 mm) 염기성, 활성도 I 의 것을 190℃에서 3시간 활성화하여 사용하였으며, 활성탄은 Wako의 다이옥신 분석용 활성탄 내장 실리카겔(Activated carbon-impregnated silicagel)을 사용하였다.

다이옥신의 표준물질은 CIL(Cambridge Isotope Laboratories)의 제품을 사용하였고, 물은 초순수를 헥산으로 2회 세정한 것을 사용하였다.

### 2.2.2. 추출 및 정제방법

시료의 추출 및 정제방법을 Fig. 1에 나타내었다. 구입한 시료는 전처리를 거쳐 균질화한 후 -20℃에서 보관하였으며 식물성 식품인 곡류, 채소류, 과일류는 톨루엔을 용매로 하여 Soxhlet-Dean Stark법에 의해 추출하였고, 동물성 식품인 우유와 어패류, 육류는 1N-KOH로 알칼리 분해법에 의해 추출을 행하였다.<sup>11)</sup> 추출과정을 거친 시료는 농축한 후 분액여두에 옮긴 다음 농황산을 넣고 황산층의 색깔이 없어질 때까지 황산처리를 수회 실시한 다음 세정 및 탈수한 후 농축하여 컬럼 정제를 실시하였다. 실리카겔 컬럼 정제는 활성화시킨 실리카겔 2g을 컬럼에 충전시킨 후 농축한 시료를 주입한 다음 헥산 120ml로 용출한 후 1ml까지 농축하였다. 알루미늄 컬럼정제는 활성화시킨 알루미늄을 컬럼에 충전시킨 후 디클로로메탄/헥산 2% 용액 20ml를 먼저 흘

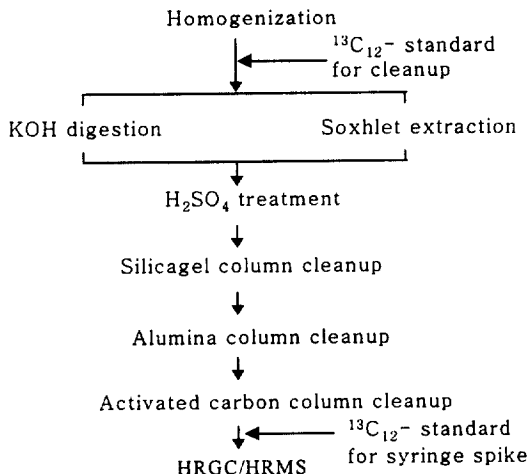


Fig. 1. Sample extraction and cleanup procedure for PCDDs/PCDFs in foods.

려보내 방해물질을 제거한 후 50%용액 30ml로 다이옥신을 용출시켜 100µl까지 농축하였다. 이 농축 시료는 활성탄을 충전시킨 컬럼에 주입하여 디클로로메탄/헥산 25% 용액 30ml를 흘려보낸 후 톨루엔 300ml로 분석 대상물질인 PCDDs/PCDFs를 용출시켜 농축하였다.

## 2.3. 다이옥신 분석 방법

다이옥신 정성 및 정량은 EPA method 1613에 의거하여 수행하였다.<sup>12)</sup>

최종적으로 25µl로 농축한 시료 중 2µl를 HRGC/HRMS(고분해능가스 크로마토그래피/고분해능질량 분석기)에 주입하여, 극미량 화합물의 정량 및 검출에 널리 이용되어지고 있는 EI-SIM(Electron impact-Selected ion monitoring)법으로 분석을 행하였다. Table 2에 본 연구의 다이옥신 분석을 위해 설정한 GC/MS조건을 나타내었으며 Table 3과 4에는 분석 검출한계 및 회수율을 각각 나타내었다.

## 2.4. 1일 다이옥신 섭취량 평가

본 연구에서는 우리나라 국민이 통상적인 식생활을 통해서 폭로되는 다이옥신 양을 추정하기 위하여 Total diet study<sup>13)</sup>를 이용하였다.

Total diet study는 식품 섭취량의 sub-data를

Table 2. GC/MS conditons for determination of PCDDs/PCDFs

GC	Instrument	HP5890II
	Injector	Splitless
	Carrier gas	He, 2.5 ml/min
	Sample volume	2 $\mu$ l
	column	SP2331 60 m $\times$ 0.32 mm ID $\times$ 0.20 $\mu$ m
	Temp. program	120 $^{\circ}$ C(3min) $\rightarrow$ 200 $^{\circ}$ C(10 $^{\circ}$ C/min, 3min) $\rightarrow$ 265 $^{\circ}$ C(3 $^{\circ}$ C/min, 15min)
MS	Instrument	VG Autospec Ultima
	Ionization mode	Electron impact(EI)
	Detection mode	Selected ion monitoring(SIM)
	Ionization voltage	36 eV
	Resolution	>10000

Table 3. Detection limit of food

(unit :  $\mu$ g/g)

	Cereals/Fruits/Vegetables	Meats/Fish/Shellfish	Milk
Tetra~Penta PCDDs/PCDFs	0.004	0.008	0.0001
Hexa~Hepta PCDDs/PCDFs	0.008	0.01	0.0002
OCDD/OCDF	0.03	0.06	0.0007

Table 4. Recoveries of internal standard

Homologue	Isomer	Average(%)	S.D.(%)
TCDF	2,3,7,8	80.1	8.5
PeCDF	1,2,3,7,8	97.6	10.4
	2,3,4,7,8	91.4	11.9
HxCDF	1,2,3,4,7,8	90.7	8.4
	1,2,3,6,7,8	101.4	9.2
	2,3,4,6,7,8	93.9	8.7
HpCDF	1,2,3,7,8,9	85.2	9.0
	1,2,3,4,6,7,8	90.0	7.6
TCDD	1,2,3,4,7,8,9	85.8	8.1
	2,3,7,8	77.6	8.4
PeCDD	1,2,3,7,8	89.6	8.2
HxCDD	1,2,3,4,7,8	94.9	8.6
	1,2,3,6,7,8	93.5	9.5
HpCDD	1,2,3,4,6,7,8	96.9	9.4
OCDD	1,2,3,4,6,7,8,9	96.7	11.2

이용하여 각각의 식품군으로 구분한 다음 식품군에 대해 다이옥신 잔류농도를 분석하고 이 자료를 이용하여 다이옥신의 1인 1일 섭취량을 구하는 방법으로서 통상적인 식생활로부터 실제로 섭취되는 다이옥신을 추정하기 위해서 이미 선진 외국에서 이용되

고 있는 다이옥신 섭취량 평가 방법이다.

먼저 보건복지부의 국민영양조사결과보고서<sup>14)</sup>를 이용하여 각 식품별 섭취량을 산출하였고 식품 중 다이옥신 농도는 본 연구에서 분석한 결과값을 적용하였다. 단, 본 연구에서 분석되지 않은 식품들에 대한 다이옥신 농도는 동 식품군에 대하여 본 연구의 농도값의 평균치를 적용하거나 기존의 문헌상에 제시된 값들을 적용하였고 일부 식품에 대해서는 식품 성분표의 자료를 토대로 지방함량<sup>15)</sup> 등을 고려하여 다이옥신 농도를 적용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 식품 중 다이옥신 농도

본 연구에서 분석한 개별 식품에 대한 다이옥신 잔류농도를 Table 5에 나타내었다. 식품 중 다이옥신 잔류 농도는 0.0008~0.3153 pgTEQ/g의 범위이며 각 식품별로는 어패류 > 육류 > 채소류 > 곡류 > 과일류 > 우유의 순으로 나타났다. 또한 이들 식품에서 검출된 PCDDs/PCDFs의 분포 비율은 Fig. 2에 나

Table 5. Concentration and TEQ level of PCDDs/PCDFs in foods

unit	pg/g			pgTEQ/g
	Food item	PCDDs	PCDFs	
Oranges	0.3328	0.0363	0.3691	0.0050
Apples	0.4870	0.0441	0.5311	0.0072
Tangerine	0.4408	0.0607	0.5015	0.0059
Chinese cabbage	0.6509	0.3884	1.0393	0.0415
Radish	0.6717	0.0871	0.7588	0.0073
Wheat(flour)	0.6991	0.1442	0.8433	0.0187
Potatoes	0.3768	0.0554	0.4322	0.0059
Rice	0.8850	0.0920	0.9771	0.0123
Corn(Imported)	0.8516	0.1021	0.9537	0.0111
Soybean(Imported)	1.4862	0.1273	1.6136	0.0134
Milk	0.0084	0.0124	0.0208	0.0031
Chicken	0.8530	0.2571	1.1101	0.0403
Pork(Imported)	6.0235	0.3083	6.3318	0.0979
Pork(domestic)	0.1055	0.0076	0.1131	0.0010
Beef(Domestic)	0.2056	0.0408	0.2464	0.0100
Beef(Imported)	0.5718	0.0600	0.6317	0.0137
Anchovy	4.1978	1.1953	5.3930	0.3153
Oyster	1.2073	0.8947	2.1020	0.2018
Alaskan pollack	0.1020	0.0070	0.1090	0.0008

탄산 바와 같이 우유를 제외한 모든 식품에서 PCDDs가 PCDFs보다 월등히 높게 나타났으며, 대다수의 식품에서 PCDDs가 전체 다이옥신의 80% 내지는 그 이상을 차지하는 것으로 나타났다.

### 3.1.1. 동물성 식품 중 다이옥신 농도

동물성 식품에서 검출된 다이옥신 총 농도는 0.02~6.33 pg/g의 범위로 우유가 0.02 pg/g으로 가장 낮았고 어패류는 0.11~5.39 pg/g의 범위로 이 중 멸치가 5.39 pg/g으로 가장 높았다. 육류는 0.11~6.33 pg/g의 범위로 수입산 돼지고기가 국내산 돼지고기에 비해 약 60배 가량 높게 나타났으며 명태는 북태평양산으로 국내 연근해산의 것보다 농도가 매우 낮은 것으로 나타났다.<sup>16)</sup>

한편, 이들 식품에서 검출된 다이옥신 농도를 TEQ 농도로 환산한 값을 살펴보면 어패류에서는 멸치가 0.315 pgTEQ/g, 육류에서는 수입산 돼지고기가 약 0.098 pgTEQ/g으로 가장 높게 나타났다. 멸치와 수입산 돼지고기의 다이옥신 농도를 비교한 결과 총 농도는 돼지고기가 높았으나 TEQ 농도로 환산하였을 경우 멸치가 높게 나타났는데 이것은 독성환산계수(I-TEF)가 높은 저염소 화합물에서 멸치의 농도가 육류에 비해 상대적으로 높아 TEQ 농도로 환산하면 TEQ값이 전체적으로 높아진 것으로 판단된다.

### 3.1.2. 식물성 식품 중 다이옥신 농도

식물성 식품의 다이옥신 총 농도는 0.37~1.61 pg/g의 범위를 나타내었다. 이들 개별식품에 대한 농도를 살펴보면 곡류, 두류 및 감자류가 0.43~1.61 pg/g의 범위로 이 중 수입콩의 농도가 가장 높았고 과일 및 채소류는 0.36~1.03 pg/g의 범위로 배추가 가장 높았다.

또한 이들 식품의 다이옥신 농도를 TEQ 농도로 환산한 값을 살펴보면 곡류, 두류 및 감자류의 경우 0.0059~0.0187 pgTEQ/g의 범위로 수입밀이 가장 높고 감자가 가장 낮은 값을 나타내었다. 총 농도의 경우는 수입콩이 가장 높은 농도를 나타내었으나 TEQ로 환산한 경우 수입밀이 가장 높았으며 과일 및 채소류의 경우는 0.005~0.042 pgTEQ/g으로

Fig. 2. Distribution of PCDDs/PCDFs in foods.

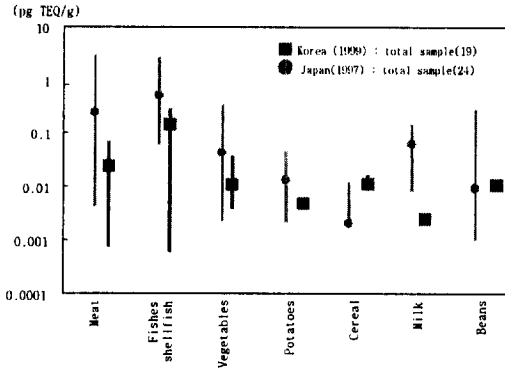


Fig. 3. Comparison of PCDDs/PCDFs concentration in retail foods between Korea and Japan.

배추가 가장 높은 것으로 나타났다.

### 3.1.3. 외국의 농도와 비교

본 연구에서 조사한 우리나라의 시판 식품 중 다이옥신 농도와 일본 후생성이 조사한 다이옥신 농도<sup>13)</sup>를 비교하여 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에 나타난 바와 같이 일본 시판 식품의 경우 우리나라 식품에 비해 평균값이 상대적으로 높았으며 조사된 시료수가 본 연구에서 보다 많기 때문에 다이옥신 농도 폭도 큰 것으로 생각된다. 일본식품과 비교하여 다이옥신 농도가 높은 값을 나타낸 것은 곡류로서 수입 밀과 수입옥수수의 농도가 높았고 특히 쌀의 경우 일본과 비교하여 약 10배 높게 나타나 이에 대한 원인을 규명하는 폭넓은 조사가 시급히 수행되어야 할 것으로 판단된다.

## 3.2. 우리 나라 국민의 다이옥신 1일 섭취량

Table 6에 우리나라 국민의 다이옥신 섭취량 평가에 이용된 개별 식품들과 적용된 농도 값들을 나타내었으며 Table 7에 평균 식품섭취량과 식품군별 다이옥신 농도로부터 산정한 다이옥신 섭취량을 나타내었다.

본 연구에서 산출한 우리나라 국민의 1일 다이옥신 섭취량은 동물성 식품군이 23.6 pgTEQ/day, 식물성 식품군이 14.1 pgTEQ/day으로 총 37.7 pgTEQ/day로 체중 50 kg인 우리나라 성인을 기준으로 환산하면 0.75 pgTEQ/kg/day이다.

Table 8에 본 연구 결과와 최근 세계 각국의 1인 1일 다이옥신 섭취량을 비교하여 나타내었다. 우리나라 국민이 식품을 통하여 섭취하고 있는 다이옥신 양은 우리와 식생활 패턴이 유사한 일본, 이 밖에 비교적 산업이 발달한 유럽 선진국과 비교하면 다소 낮은 수준인 것으로 나타났다.

한편 외국의 다이옥신 섭취량 조사는 정부 주도로 전국에서 많은 시료를 채취하고 분석하여 보다 보편적이고 정확한 데이터를 확보하여 다이옥신 섭취량을 현실적으로 파악하고 이에 대한 대책을 강구하고 있는 것으로 알려져 있다.

반면 우리나라에서는 본 연구이외에 식품을 대상으로 다이옥신 잔류실태를 종합적으로 조사한 연구는 아직까지 수행되고 있지 않은 실정이다. 따라서 식품을 통한 다이옥신 섭취에 대해 종합적인 대책을 수립하고 다이옥신에 의한 인체오염을 줄이기 위해서는 전국을 대상으로 한 다이옥신 섭취량 조사가 시급히 행해져야 할 것으로 판단된다.

## 3.3. 우리 나라 국민의 다이옥신 섭취 특성

우리 나라 국민의 식품을 통한 다이옥신 섭취 특성을 검토하기 위하여 평균 식품섭취량과 식품군별 다이옥신 섭취량을 비교하여 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다.

이들 식품의 섭취량과 다이옥신 섭취량과의 관계를 살펴보면 곡류와 야채는 식품으로서 섭취비율이 각각 22.6%, 26.7%를 차지하고 있으나 다이옥신 섭취비율은 11.5%와 18.7%를 나타내 식품 섭취비율보다 다이옥신 섭취비율이 낮게 나타났다. 어패류는 전체적인 식품으로서 섭취량이 7%에 불과하나 다이옥신 섭취량은 55%를 나타내어 다이옥신의 섭취비율이 식품 섭취비율보다 약 8배 가량 높은 수치를 나타내었고 육류는 식품 섭취비율과 다이옥신 섭취비가 유사한 것으로 나타났다. 다이옥신 섭취비율이 가장 높은 어패류의 경우 생물체의 특성상 오염물질을 체내에 축적하는 경향이 강하고 다단계 생물농축으로 인해 육류에 비해 상대적으로 다이옥신 농도가 높아 같은 양을 먹게 되더라도 다른 식품에 비해 많은 양의 다이옥신을 섭취하게 되는 것으로 나타났다.

Table 6. Concentration of PCDDs/PCDFs in food samples

Food group	Food item	fat content (%)	Dioxin level (pgTEQ/g)	Mean (pgTEQ/g)	Source of value
Cereal, Grains	Wheat flour	1.04	0.0187	0.014	(A)
	Rice	1.10	0.0123		(A)
	Corn	3.80	0.0111		(A)
Vegetables	Radish <sup>(a)</sup>	0.10	0.0073	0.024	(A)
	Chinese cabbage <sup>(b)</sup>	0.20	0.0415		(A)
	Others	-	0.0244		average of (a) and (b)
Fruits	Apple <sup>(c)</sup>	0.12	0.0072	0.006	(A)
	Tangerine <sup>(d)</sup>	0.13	0.0059		(A)
	Orange <sup>(e)</sup>	0.10	0.0050		(A)
	Others	-	0.0060		average of (c), (d) and (e)
Pluses	Soybean	17.06	0.0134	0.013	(A)
Seasonings	Soybean paste	-	0.0134	0.013	application of soybean concentration
Oil and Fats	Soybean oil	100.0	0.0838	0.084	considering fat content of soybean
Potatoes	Potatoes	0.20	0.0059	0.006	(A)
Sugars	Sugar	-	0.0165	0.016	(B) <sup>13)</sup>
Seeds, nuts	Perilla, nuts	-	0.0134	0.013	application of soybean concentration
Seaweeds	Seaweeds	-	0.0244	0.024	average of (a) and (b)
Fish Shellfish	Anchovy	4.10	0.1077	0.276	(A)
	Alaskan pollack	0.70	0.0002		(A)
	Oyster	1.83	0.2018		(A)
	Squid	1.30	0.1200		(B) <sup>16)</sup>
	Hairtail	7.50	0.5200		(B) <sup>16)</sup>
	Mackerel	10.40	0.7800		(B) <sup>16)</sup>
	Yellow tailrunner	1.70	0.1500		(B) <sup>16)</sup>
	Shellfish	2.16	0.3280		(B) <sup>16)</sup>
Meat Poultry	Beef(Domestic)	18.21	0.0100	0.033	(A)
	Beef(Imported)	-	0.0137		(A)
	Pork(Domestic)	8.84	0.0010		(A)
	Pork(Imported)	-	0.0979		(A)
	Poultry	15.16	0.0430		(A)
Oil and Fats(Animal)		100.0	0.1087	0.109	considering fat content of domestic beef
Milk	Milk	3.20	0.0031	0.003	(A)
Eggs	Eggs	10.70	0.0180	0.018	application of average concentration in domestic meats

(A) : values of this study, (B) : reference



Table 7. The daily intake of foods and PCDDs/PCDFs in Korea

Food Group		Food Intake (g/day)	portion (%)	Dioxin level (pgTEQ/g)	Dioxin Intake (pgTEQ/day)	portion (%)
Plant Foods	Cereals/Grains	308.90	28.63	0.014	4.335	11.50
	Vegetables	288.40	26.73	0.024	7.037	18.67
	Fruits	146.00	13.53	0.006	0.879	2.33
	Pluses	34.70	3.22	0.013	0.465	1.23
	Seasoning	29.60	2.75	0.013	0.397	1.05
	Oil/Fats(Vegetables)	7.50	0.70	0.084	0.628	1.67
	Potatoes	21.20	1.97	0.006	0.126	0.33
	Sugars	3.60	0.33	0.016	0.059	0.16
	Seeds	1.40	0.13	0.013	0.008	0.02
	Nuts	0.60	0.06	0.013	0.019	0.05
	Seaweeds	6.60	0.61	0.024	0.161	0.43
<i>Subtotal</i>		848.50	78.65		14.114	37.45
Animal Foods	Fish/Shellfish	75.10	6.96	0.276	20.724	54.99
	Meat/Poultry	67.80	6.28	0.033	2.242	5.95
	Oil/Fats(animal)	0.10	0.01	0.109	0.011	0.03
	Milk	65.60	6.08	0.003	0.203	0.54
	Eggs	21.80	2.02	0.018	0.392	1.04
<i>Subtotal</i>		230.30	21.35		23.573	62.55
Total		1078.8	100.00		37.687	100.00

Fig. 4. Comparison of food and dioxin intake rate from plant foods.

Fig. 5. Comparison of food and dioxin intake rate from animal foods.

Table 8. Dietary daily intake of PCDDs/PCDFs in Korea and other countries<sup>6)</sup>

Nation	Dietary daily intake (pgTEQ/kg/day)	body weight
Korea(this study)	0.75	50kg
U.S.A	0.3~3.2	60kg
Japan	0.26~3.26	50kg
Germany	2.2	60kg
U.K	2.1	60kg
Netherland	2.0	60kg
Canada	2.3	60kg

#### 4. 결 론

시판 식품을 대상으로 다이옥신 잔류 농도를 분석하고 우리 나라 국민이 식품을 통해 폭로되는 다이옥신 섭취량을 평가한 결과 얻은 주요한 결론은 다음과 같다.

대상 시료의 다이옥신 잔류 농도를 분석한 결과 식물성 식품군이 0.0059~0.0415 pgTEQ/g, 동물성 식품군이 0.0031~0.3153 pgTEQ/g의 농도 범위를 나타내었으며 전체적으로 어패류 및 육류의 다이옥신 농도가 높았다. 각 식품별 다이옥신 잔류 농도값을 토대로 한 우리 나라 국민의 하루동안 식품을 통한 1일 다이옥신 섭취량은 37.7 pgTEQ/day로서 우리 나라 성인 평균 체중 50kg을 기준으로 환산하면 약 0.75 pgTEQ/kg/day의 다이옥신을 섭취하고 있는 것으로 나타났다.

각 식품군별로 살펴보면 식품 섭취량의 약 70%가 곡류와 야채 및 과일류인데 반하여 이들 식품으로 인한 다이옥신 섭취량은 30%였고, 어패류와 육류의 경우 식품 섭취량은 약 20%인데 반하여 이들을 통한 다이옥신 섭취량은 전체의 60%를 상회하고 있어 식물성 식품에 비해 동물성 식품을 통하여 더 많은 다이옥신을 섭취하고 있는 것을 알 수 있었다.

또한 본 연구에서 조사한 시판되는 우리 나라 쌀에서 검출된 다이옥신의 농도가 일본 후생성이 조사한 다이옥신 농도를 비교할 경우 약 10배 가량 높게 나타나 이에 대한 원인을 규명하는 폭넓은 조사가 시급히 수행되어야 할 것으로 판단된다.

## 사 사

이 논문은 한국소비자보호원의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. Rappe, C., "Sources of exposure, Environmental concentration and exposure assessment of PCDDs and PCDFs," *Chemosphere*, **27**, 211~225(1993).
2. Zook, D. R. and Rappe, C., "Environmental sources, distribution, and fate of PCDDs, PCDFs and related organochlorines," *Dioxins and Healths*, Schter, A. (Ed.), Pleum Press, New York, pp. 79~114(1994).
3. J. M. Czuczwa and R. A. Hites, "Airborne dioxins and dibenzofurans : sources and fate," *Environ. Sci. Technol.*, **20**, 195~220(1986).
4. Startin, T. R., Rose, M., Wright, C., Parker, I., and Gilbert, J., "Surveillance of British food for PCDDs and PCDFs," *Chemosphere*, **20**, 793~798(1990).
5. 高山幸司, 宮田秀明, "日本における食事經由のダイオキシン關聯物質の攝取量," *食衛志*, **32**, 525~532(1991).
6. 日本環境廳ダイオキシンのリスク評價委員會, *ダイオキシンのリスク評價*(1997).
7. Poiger, H., and Schlatter, C., "Animal toxicology of chlorinated dibenzo-p-dioxins," *Chemosphere*, **12**, 453~462(1983).
8. Whittle, D. M., Segeant, D. B., Hestis, S. Y., and Hyatt, W. H., "Food chain accumulation of PCDD and PCDF congeners in the Great lakes aquatic community," *Chemosphere*, **25**, 181~184(1992).
9. Shara, M. A., and Stohs, S. J., "Biochemical and toxicological effects of 2,3,7,8-

- TCDD congeners in female rats," *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **16**, 599~605 (1987).
10. 한국농촌경제 연구원, 1997년도 식품수급표.
  11. 金鐘國, 水生生物體中のダイオキシン類の分析と生物濃縮に関する研究, 東京大學 博士學位論文, pp. 31~33(1996).
  12. EPA Method 1613.
  13. 日本厚生省生, 平成9年度食品中のダイオキシン類等汚染實態調査報告について(1998).
  14. 보건복지부, 1995년 국민영양결과보고서(1997).
  15. 농촌생활연구소, 식품성분표 제5개정판(1996).
  16. 康允碩, 松田宗明, 河野公榮, 関丙允, 脇本忠明, "다이옥신類を含む有機鹽素系化合物による韓國人の汚染給源(市販魚類について)," *環境化學*, **9**(1), 1~10(1999).