

식품 중 폴리염화비페닐 위해평가

백옥진 · 서정혁 · 박희라 · 오금순¹ · 홍세령² · 이현경³ · 김미혜*

식품의약품안전처 식품위해평가부 오염물질과, ¹건강기능식품기준과,
²상명대학교 교양대학, ³상명대학교 공업화학과

Risk Assessment of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) through Food Intake for the Korean Population

Ockjin Paek, Junghyuk Suh, Heera Park, Keumsoon Oh¹, Selyung Hong², Hyunkyung Lee³, and Meehye Kim*

Food Contaminants Division

¹Functional Food Standard Division, Ministry of Food and Drug Safety

²College of General Studies

³Department of Industrial Chemistry SangMyung University

Abstract Polychlorinated biphenyls (PCBs) have been studied during the past few decades because of their potential impacts on the environment and human health. PCBs are toxic environmental pollutants and persistent organic pollutants (POPs). This study was carried out to assess the dietary exposure and risk to PCBs for the general Korean population through food intake. Various samples (n=389) covering 28 kinds of food were collected from 5 cities in Korea. The PCB content was not detected-182.4 µg/kg (mean of 5.4 µg/kg) in the food. The mean dietary exposure of PCBs for the general population was 9.54 ng/kg bw/day with an intake of 0.19% of tolerable daily intake (TDI) (5 µg/kg bw/day). Therefore, the level of overall dietary exposure to PCBs for the Korean population through food intake is below the recommended TDI levels.

Keywords: PCBs, food, risk assessment

서 론

폴리염화비페닐(polychlorinated biphenyls, PCBs)은 산업폐기물 등으로 환경에 유입되는 오염물질 중 하나로 1970년대 초까지 Aroclor, Clophen, Phenoclor, Kaneclor 등 상업적으로 제조·판매 되어 사용하다가 그 독성이 알려져, 1979년부터 생산, 판매 금지된 대표적인 잔류성 유기오염물질(persistent organic pollutants, POPs)이다(1).

PCBs의 인체노출은 90% 이상이 식품을 통해 발생하는 것으로 보고되고 있으며(1) 특히, 수산물 섭취 증가에 따라 어류를 통한 노출이 큰 비중을 차지하고 있다(2,3). Moon 등(4)은 어류를 포함한 수산물 중 PCBs 오염도를 조사하여 우리나라 사람들의 어류 섭취를 통한 PCBs 노출량을 산출하였고, Baars 등(5,6)은 식품 중 PCBs의 오염도를 조사하여 어류 및 어류가공품이 PCBs의 주요 기여도를 나타낸다고 보고하였다. 어류에 대하여 미국, 중국 등은 총 PCBs 또는 indicator PCBs 7종으로 관리하고 있으며,

EU는 다이옥신 유사 PCBs를 포함하여 다이옥신류 기준으로 관리하고 있다(7). 우리나라는 2009년에 본 연구결과를 토대로 어류 중 indicator PCBs 7종에 대한 기준규격을 설정하여 관리·운영하고 있다(8).

PCBs는 이를 함유하고 있는 산업폐기물로부터의 누출 및 배출에 의해 환경 중으로 유입되어 다른 환경 매체로 이동하고 지질에 대한 용해도가 높기 때문에 먹이사슬의 높은 단계에서 매우 높은 농도로 축적되어 인체에 크게 영향을 미치므로 환경부에서는 PCBs의 제조·사용금지 조치 후, 폐기물 등에 대한 법적 관리기준을 설정하여 PCBs의 오염을 사전 예방적 관점에서 관리하고 있다(9). 또한, PCBs 오염현황을 파악하기 위해 PCBs의 주요 배출원인 변압기 실태조사 및 환경 중 모니터링을 실시하고 있다.

식품의약품안전처는 환경으로 유입될 수 있는 PCBs의 안전성을 평가하기 위해, 수산물, 농산물 등 국내유통식품을 대상으로 5년 동안(2004-2008년) 그 오염실태를 조사하였다. 조사결과 국내 유통 식품의 PCBs 오염도는 국제기준보다 낮은 수준으로 안전성에는 문제가 없었다. 그러나, PCBs를 포함한 식품오염물질은 기준치 초과여부에 따라 행정규제 또는 무역마찰을 야기할 수도 있기 때문에 식품을 수입하고 있는 국내 현실을 고려하여 실제 노출을 반영한 위해성을 정확하게 평가하는 것은 국민건강 보호 차원에서 매우 중요하다. 본 연구는 식품공전에 확립된 분석법을 이용하여 국내 유통 중인 식품 중 PCBs 오염도를 측정하고 우리나라 전체국민의 식품섭취량 및 체중을 고려하여 실제 노출을 반영한 위해성을 평가하였다.

*Corresponding author: Meehye Kim, Food Contaminants Division, Food Safety Evaluation Department, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongwon, Chungbuk 363-951, Korea
Tel: 82-43-719-4251
Fax: 82-43-719-4250
E-mail: meehkim@korea.kr
Received September 26, 2012; revised March 19, 2013;
accepted March 19, 2013

재료 및 방법

조사대상 선정 및 검체 수거

PCBs 오염도 측정을 위한 대상 식품 선정은 ‘2005년도 국민건강영양조사-영양조사부분-결과처리 및 통계분석 보고서’(10)의 연령별 섭취자료를 근거로 국민들이 많이 섭취하는 다소비·다빈도 식품을 우선적으로 선정하였으며, PCBs의 지용성인 특성을 고려하여 동물성 식품인 식육류, 우유류, 알류 등을 포함시켰다. 더불어 우리나라 국민들이 가장 많이 섭취하는 식물성 식품인 곡류 1종(쌀)을 포함하여 총 28품목의 식품을 선정하였다. 국내유통 검체수거를 위해 서울특별시 및 4대 권역(대구, 광주, 부산, 강릉 지역)의 재래시장, 대형할인마트를 중심으로 품목별로 총 389건의 식품을 2004-2008년 2월-5월에 구입하였다(Table 1). 지역별로 각 2곳에서 구입된 시료를 혼합하여 분석용 시료로 사용하였다.

시약 및 초자

본 연구에 사용한 모든 시약은 잔류농약 및 PCBs 분석급 시약을 구입하여 사용하였고, 증류수는 증류 장치(Barnstead International, Dubuque, IA, USA)에 의해 18.2 MΩ 수준으로 정제된 것을 사용하였다. PCBs 표준물질로는 EC-4189, BP-MS, EC-4909, EC-4902, EC-4905, EC-4914, EC-4050 (Cambridge Isotope Laboratories, Andover, MA, USA)을 사용하였다. 시약은 디클로로메탄, n-헥산, 노난 (dioxins용, Wako Pure Chemical Inc. Osaka, Japan), 메탄올, 아세톤, 톨루엔(GC-MS용, Burdick & Jackson Co., Muskegon, MI, USA), 황산(조미량분석용, Wako Pure chemical Inc., Osaka, Japan), 무수황산나트륨(잔류농약분석용, Wako Pure Chemical), 1 M 수산화나트륨 용액(Wako Pure Chemical)을 사용하였다. Glass wool 및 cellulose thimble (Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA)은 톨루엔으로 3시간 동안 Soxhlet 추출하여 건조시킨 후에 사용하였다. 회수율 등을 확인하기 위한 인증표준물질(CRM, Certified Reference Materials)로 NRC (National Research Council, Canada)의 어류시료(Carp-2, Certificated Reference Material, VRC·CNRC, Canada)를 구입하여 사용하였다. 시료 전처리 시 사용한 모든 용기는 메탄올 및 디클로로메탄으로 각각 세척하여 건조한 다음 사용하였다.

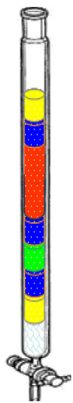
oratories, Andover, MA, USA)을 사용하였다. 시약은 디클로로메탄, n-헥산, 노난 (dioxins용, Wako Pure Chemical Inc. Osaka, Japan), 메탄올, 아세톤, 톨루엔(GC-MS용, Burdick & Jackson Co., Muskegon, MI, USA), 황산(조미량분석용, Wako Pure chemical Inc., Osaka, Japan), 무수황산나트륨(잔류농약분석용, Wako Pure Chemical), 1 M 수산화나트륨 용액(Wako Pure Chemical)을 사용하였다. Glass wool 및 cellulose thimble (Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA)은 톨루엔으로 3시간 동안 Soxhlet 추출하여 건조시킨 후에 사용하였다. 회수율 등을 확인하기 위한 인증표준물질(CRM, Certified Reference Materials)로 NRC (National Research Council, Canada)의 어류시료(Carp-2, Certificated Reference Material, VRC·CNRC, Canada)를 구입하여 사용하였다. 시료 전처리 시 사용한 모든 용기는 메탄올 및 디클로로메탄으로 각각 세척하여 건조한 다음 사용하였다.

GC/MS를 이용한 PCBs 측정

시료는 크게 고체와 액체로 구분하여 고체시료는 가식부 20g을 취하여 수분을 제거하여 Soxhlet 추출장치에 넣고 조지방을 추출한 후 추출용액을 농축하고 산성실리카겔 칼럼 및 다층실리카겔 칼럼(Fig. 1)으로 정제하여 전처리 하였고, 액체시료인 우유의 경우는 옥산산칼륨 2g을 넣어 균질혼합하고, 액·액 추출

Table 1. Description of food items sampled in market, purchased in five different cities in Korea

| Food Group | Items | Region | | | | | | Total |
|---------------------------|------------------|--------|-------|---------|---------|-----------|---------------|-------|
| | | Seoul | Busan | Deajeon | Gwangju | Gangneung | Miscellaneous | |
| Cereals | Rice | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | - | 13 |
| | Chicken | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | - | 23 |
| Meats | Beef | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 29 |
| | Pork | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 28 |
| Eggs | Egg | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | - | 23 |
| Milk & dairy products | Milk | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | - | 14 |
| | Butter | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 5 |
| | Cheese | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 10 | 28 |
| Fish | Flatfish | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 5 |
| | Hairtail | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | - | 23 |
| | Anchovy (dry) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | - | 10 |
| | Pacific mackerel | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | - | 23 |
| | Pacific saury | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 5 |
| | Turbot | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 5 |
| | Tuna | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | - | 10 |
| | Snapper | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 5 |
| | Alaska pollack | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | - | 15 |
| | Butterfish | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 5 |
| | Conger eel | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 5 |
| | Spanish mackerel | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | - | 23 |
| | Rockfish | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 5 |
| | Eel | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | - | 23 |
| Yellow croaker | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | - | 20 | |
| Shellfish & miscellaneous | Squid | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 5 |
| | Oyster | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | - | 13 |
| | Clam | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 5 |
| | Mussel | 1 | 1 | 1 | - | - | - | 3 |
| | Crab | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | - | 18 |
| Total | | 81 | 81 | 67 | 78 | 64 | 18 | 389 |



| | |
|--------------------------|----|
| Sodium sulfate anhydrous | 2g |
| Activated silica gel | 2g |
| Acid silica gel | 5g |
| Activated silica gel | 1g |
| Basic silica gel | 3g |
| Activated silica gel | 1g |
| Sodium sulfate anhydrous | 1g |

Fig. 1. multi-layer silica gel column for cleanup in PCBs analysis.

(liquid-liquid extraction) 후 지방분해, 정제 및 농축과정으로 전처리 하였다.

PCBs 분석을 위해서 캐필러리 칼럼 Ultra 2 (50 m×0.25 mm×0.33 μm)가 부착된 가스크로마토그래피(Agilent 6890N, Hewlett-Packard Co., Palo Alto, USA)와 질량분석기(Agilent 5973N, Hewlett-Packard)를 사용하여 동위원소 희석법으로 분석하였다.

분석법 검증

검출한계(LOD, limit of detection)와 정량한계(LOQ, limit of quantitation)는 3 s, 10 s 수준에서 결정하였다. 회수율 실험(recovery test)은 동위원소희석법을 이용하여 인증표준물질을 이용한 방법(11) 및 2011년 노르웨이 보건청(Norwegian Institute of Public Health)에서 실시하는 2011년도 식품 중 잔류성 유기오염물질(persistent organic pollutants, POPs)에 대한 실험실간 밸리데이션(Interlaboratory Comparison on POPs in Food 2011)에 참가하여 진행하였다. 인증표준물질(CRM)은 어류시료(carp-2)를 사용하였다.

식품섭취로 인한 PCBs 위해평가

위해평가(risk assessment, RA)는 식품위생법 시행령 제4조 3항(대통령령 제21847호, 2009.11.26 개정) 및 Codex의 “식품안전성 위해평가역할에 관한 원칙(Statement of Principle Relating to the Role of Food Safety Risk Assessment)”에 따라 위험성확인(hazard identification), 위험성결정(hazard characterization), 노출평가(exposure assessment), 위해도결정(risk characterization)의 과정으로 구체화하여 수행하였다. 노출량 산출을 위한 식품섭취량 및 평균 체중은 2005년도 보건복지부 국민건강영양조사 제3기의 식품별

1인 1일 평균 섭취량 및 체중자료를 활용하였다. PCBs 오염도 자료는 식품의약품안전처가 수행한 연구사업 결과(2004년-2008년)를 활용하였다. PCBs 검출량, 식품섭취량 및 체중을 고려하여 노출량을 산출하고 일본의 일일섭취한계량(tolerable daily intake, TDI: 5 μg/kg bw/day) (12)으로 비교하여 위해성 평가를 하였다.

본 연구에서 분석결과가 검출한계 미만(<LOD)인 경우는 불검출 결과를 middle bound (MB, LOD/2)로 처리하였다(13). 식품 중 PCBs 노출량 평가는 결정론적 방식(deterministic approach)에 따라 수행하였으며, 식품별 평균 PCBs 함량만을 사용하였다. 식품섭취량과 체중은 질병관리본부에서 발간한 ‘국민건강영양조사 3기 (2005년)’ 자료를 활용하였고, 체중은 55 kg을 사용하였다(10). 식이를 통한 PCBs 노출량으로부터 식습관, 인종적 특성 및 지역적 특성 등을 고려하여 일본에서 제시한 TDI 대비 위해도(%)를 산출하여 노출수준의 위해정도를 확인하였다.

위해도(%)=(식품섭취를 통한 PCBs 노출량/일일섭취허용량)×100

결과 및 고찰

분석법 검증

PCBs 검출한계와 정량한계는 각 동족체에 대해 0.1 및 1.0 μg/kg이다. 분석대상 PCBs (Table 2)는 GC-MS를 이용하여 분석하였으며, 검량선(calibration curve)은 1-250 μg/kg 사이의 농도에서 R²값이 0.999 이상으로 나타나 우수한 직선성(linearity)을 보여주었다. 또한, 각 동족체에 대한 회수율(percent recovery) 결과는 68.6-120.0%로 나타났다. 인증표준물질인 어류시료(Carp-2)를 이용하여 회수율을 측정 한 결과, 동족체 PCB 별로 74.2±4.1-119.6±7.0%이었으며 반복 측정에 따른 CV (coefficient of variation)는 10% 미만이었다 또한, POPs 물질에 대한 국제 실험실간 밸리데이션에서 모짜렐라치즈, 연어, 계란에 대하여 |Z| Score가 0.18, 0.30, 0.34 값으로 양호한 결과를 나타내었다.

식품 중 PCBs 함량

국내 유통되는 전체 식품의 오염도 조사결과 62종 PCBs의 검출량은 N.D.-182.4 μg/kg(평균 5.4 μg/kg) (Table 2)이고 그 중 어류의 검출량은 조사된 전체식품 오염도의 45.7%를 차지하고, 우유 및 유제품은 17.6%, 기타수산물은 13.4%, 육류는 11.2%, 알류는 10.9%, 곡류는 1.2% 순으로 나타났다(Fig. 2). 오염도 기여가 높았던 어류의 경우 PCBs 검출량은 N.D.-182.4 μg/kg (평균 8.2 μg/kg) 수준이었으며, 조사된 어류의 오염도는 갈치(25.10 μg/kg), 삼치(14.53 μg/kg), 가자미(14.11 μg/kg), 붕장어(13.73 μg/kg),

Table 2. List of PCB congeners for analysis

| PCBs congeners | IUPAC numbers |
|----------------------------|--|
| Monochlorinated biphenyls | 1, 3 |
| Dichlorinated biphenyls | 4, 8, 10, 15 |
| Trichlorinated biphenyls | 18, 19, 22, 28, 33, 37 |
| Tetrachlorinated biphenyls | 44, 49, 52, 54, 70, 74, 77, 81 |
| Pentachlorinated biphenyls | 87, 95, 99, 101, 104, 105, 110, 114, 118, 119, 123, 126 |
| Hexachlorinated biphenyls | 128, 138, 149, 151, 153, 155, 156, 157, 158, 167, 168, 169 |
| Heptachlorinated biphenyls | 170, 171, 177, 178, 180, 183, 187, 188, 189, 191 |
| Octachlorinated biphenyls | 194, 199, 201, 202, 205 |
| Nonachlorinated biphenyls | 206, 208 |
| Decachlorinated biphenyls | 209 |

Table 3. Concentration of PCBs in food as µg/kg wet weight in Korea.

| Food items | | | PCBs | | | |
|---------------------------|------------------|---------|---------|------------------|--------|----------------------|
| | | No. (+) | Average | Min. | Max. | % of + ²⁾ |
| Cereals | Rice | 13(9) | 0.210 | ND ¹⁾ | 0.580 | 69.2 |
| Meats | Chicken | 23(18) | 2.461 | ND | 11.01 | 78.3 |
| | Beef | 28(22) | 2.078 | ND | 8.502 | 78.6 |
| | Pork | 29(22) | 1.572 | ND | 9.487 | 75.9 |
| Eggs | Egg | 23(18) | 1.975 | ND | 5.459 | 78.3 |
| Milk & dairy products | Milk | 5(5) | 6.491 | 3.769 | 8.512 | 100.0 |
| | Butter | 14(11) | 0.383 | ND | 1.879 | 78.6 |
| | Cheese | 28(26) | 2.633 | ND | 11.02 | 92.9 |
| Fish | Flatfish | 5(5) | 14.11 | 2.366 | 32.12 | 100.0 |
| | Hairtail | 23(23) | 25.10 | 0.009 | 182.4 | 100.0 |
| | Anchovy (dry) | 10(10) | 3.383 | 0.001 | 11.31 | 100.0 |
| | Pacific mackerel | 23(23) | 11.22 | 0.002 | 40.87 | 100.0 |
| | Pacific saury | 5(5) | 13.64 | 4.638 | 24.66 | 100.0 |
| | Turbot | 5(5) | 0.006 | 0.003 | 0.009 | 100.0 |
| | Tuna | 10(10) | 3.001 | 0.002 | 9.835 | 100.0 |
| | Snapper | 5(5) | 4.376 | 0.896 | 7.079 | 100.0 |
| | Alaska pollack | 15(15) | 0.744 | 0.001 | 4.059 | 100.0 |
| | Butterfish | 5(4) | 1.508 | ND | 5.080 | 80.0 |
| | Conger eel | 5(5) | 13.73 | 11.627 | 14.78 | 100.0 |
| | Spanish mackerel | 23(23) | 14.53 | 0.007 | 56.66 | 100.0 |
| | Rockfish | 5(0) | ND | ND | ND | 0.0 |
| | Eel | 23(23) | 4.700 | 0.001 | 24.07 | 100.0 |
| | Yellow croaker | 20(20) | 12.42 | 0.006 | 51.80 | 100.0 |
| Shellfish & miscellaneous | Squid | 5(5) | 0.016 | 0.002 | 0.069 | 100.0 |
| | Oyster | 13(10) | 1.205 | ND | 2.085 | 76.9 |
| | Clam | 5(5) | 6.216 | ND | 10.38 | 100.0 |
| | Mussel | 3(0) | ND | ND | ND | 0.0 |
| | Crab | 18(18) | 4.661 | ND | 20.23 | 83.3 |
| Total | | | 5.443 | ND | 182.40 | 85.4 |

¹⁾ ND, not detected,
²⁾ +, positive sample

꽁치(13.64 µg/kg), 조기(12.42 µg/kg), 고등어(11.22 µg/kg) 순으로 나타났다. 동종체별 검출수준을 살펴보면, hexaCBs (26.8%), pentaCBs (16.3%), heptaCBs (12.4%)의 순으로 검출되었다(Fig. 3). 2010년 European Food Safety Authority (EFSA) 보고서에 따르면 (15), NDL-PCBs 오염도는 전체 식품 중 육류 및 그 가공품의 경우 2.88-4.64 µg/kg, 어류의 경우 23.4-223.0 µg/kg, 알류 및 그 가공품은 16.7 µg/kg 수준으로 본 연구에서 조사된 PCBs의 오염도 보다 높은 것으로 나타났다.

식품 섭취에 따른 PCBs 위해성 평가

본 연구에서 조사된 28품목 국내유통 식품에 대하여 전체인구 집단의 섭취량 및 체중을 고려하여 식이섭취를 통한 PCBs 노출 평가를 수행하였다. 평균 오염도가 가장 높았던 갈치의 경우, 전체 인구집단의 평균 노출량은 1.0 ng/kg bw/day이고, 돼지고기의 평균 노출량은 1.4 ng/kg bw/day로 낮은 수준이었다. 전체 식품 섭취를 통한 우리나라 일반국민의 PCBs 노출량은 9.539 ng/kg bw/day로 TDI 대비 0.19% 수준이며, 전체 인구집단의 극단 섭취 집단(high intake group; P95)의 경우, 전체식품을 통한 노출량은 28.30 ng/kg bw/day로 TDI의 0.57% 수준으로 낮았다. 다만, 일일

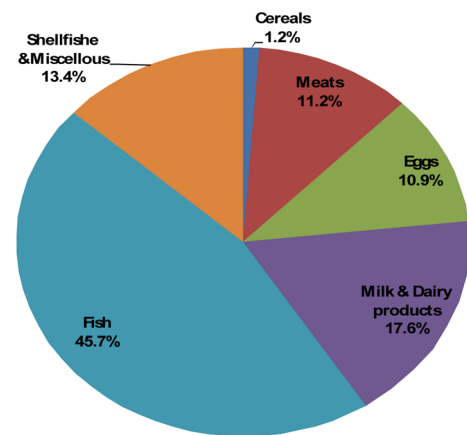


Fig. 2. Contribution to the levels of PCBs in Food.

섭취량의 경우, 24시간 회상법을 기초로 한 자료를 토대로 하고 있어 극단 섭취집단의 경우, 실제 노출량보다 높게 평가될 수 있다. 조사된 전체 식품의 PCBs 노출기여율을 살펴보면, 어류가

Table 4. Daily dietary exposure and risk of PCBs by Food intake

| Food Items | | Con. of PCBs (ng/g) | Food intake (g/day) | | Daily intake (ng/kg bw/day) | | % TDI of PCBs | |
|---------------------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | | Mean | P95 ¹⁾ | Mean | P95 | Mean | P95 |
| Cereals | Rice | 0.210 | 205.7 | 404.7 | 0.785 | 1.545 | 0.016 | 0.031 |
| Meats | Chicken | 2.461 | 15.2 | 38.7 | 0.680 | 1.732 | 0.014 | 0.035 |
| | Beef | 2.078 | 37.2 | 120.4 | 1.405 | 4.549 | 0.028 | 0.091 |
| | Pork | 1.572 | 17.8 | 56.8 | 0.509 | 1.623 | 0.010 | 0.032 |
| Eggs | Egg | 1.975 | 25.3 | 67.4 | 0.909 | 2.420 | 0.018 | 0.048 |
| Milk & dairy products | Milk | 6.491 | 0.1 | 0.4 | 0.012 | 0.047 | 2.360×10 ⁻⁴ | 9.441×10 ⁻⁴ |
| | Butter | 0.383 | 66.5 | 131.6 | 0.463 | 0.916 | 0.009 | 0.018 |
| | Cheese | 2.633 | 0.6 | 2.0 | 0.029 | 0.096 | 0.001 | 0.002 |
| Fish | Flatfish | 14.11 | 0.9 | 2.9 | 0.231 | 0.744 | 0.005 | 0.015 |
| | Hairtail | 25.10 | 2.2 | 6.8 | 1.004 | 3.103 | 0.020 | 0.062 |
| | Anchovy | 3.383 | 3.8 | 12.0 | 0.234 | 0.738 | 0.005 | 0.015 |
| | Pacific mackerel | 11.22 | 5.8 | 20.9 | 1.183 | 4.264 | 0.024 | 0.085 |
| | Pacific saury | 13.64 | 1.2 | 3.1 | 0.298 | 0.769 | 0.006 | 0.015 |
| | Turbot | 0.006 | 2.1 | 5.6 | 2.291×10 ⁻⁴ | 6.109×10 ⁻⁴ | 4.582×10 ⁻⁶ | 1.222×10 ⁻⁵ |
| | Tuna | 3.001 | 2.0 | 5.3 | 0.109 | 0.289 | 0.002 | 0.006 |
| | Snapper | 4.376 | 0.4 | 1.0 | 0.032 | 0.080 | 6.365×10 ⁻⁴ | 0.002 |
| | Alaska pollack | 0.744 | 3.3 | 14.6 | 0.045 | 0.197 | 8.928×10 ⁻⁴ | 0.004 |
| | Butterfish | 1.508 | 0.2 | 0.3 | 0.005 | 0.008 | 1.097×10 ⁻⁴ | 1.645×10 ⁻⁴ |
| | Conger eel | 13.73 | 0.6 | 2.8 | 0.150 | 0.699 | 0.003 | 0.014 |
| | Spanish mackerel | 14.53 | 0.6 | 1.6 | 0.159 | 0.423 | 0.003 | 0.008 |
| | Rockfish | ND | 0.1 | 2.7 | 9.091×10 ⁻⁷ | 2.455×10 ⁻⁵ | 1.818×10 ⁻⁸ | 4.909×10 ⁻⁷ |
| | Eel | 4.700 | 0.6 | 2.5 | 0.051 | 0.214 | 0.001 | 0.004 |
| Yellow croaker | 12.42 | 3.5 | 10.8 | 0.790 | 2.439 | 0.016 | 0.049 | |
| Shellfish & miscellaneous | Squid | 0.016 | 4.3 | 18.5 | 0.001 | 0.005 | 2.502×10 ⁻⁵ | 1.076×10 ⁻⁴ |
| | Oyster | 1.205 | 0.8 | 2.7 | 0.018 | 0.059 | 3.505×10 ⁻⁴ | 1.183×10 ⁻³ |
| | Clam | 6.216 | 2.3 | 6.6 | 0.260 | 0.746 | 0.005 | 0.015 |
| | Mussel | ND | 0.3 | 1.3 | 2.727×10 ⁻⁶ | 1.182×10 ⁻⁵ | 5.455×10 ⁻⁸ | 2.364×10 ⁻⁷ |
| | Crab | 4.661 | 2.1 | 7.0 | 0.178 | 0.593 | 0.004 | 0.012 |
| Total | | | | | 9.539 | 28.300 | 0.191 | 0.566 |

¹⁾95th percentile

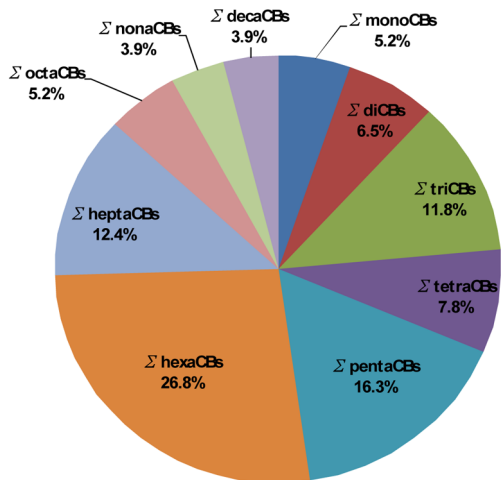


Fig. 3. Congener group contribution (%) to the levels of PCBs in fish.

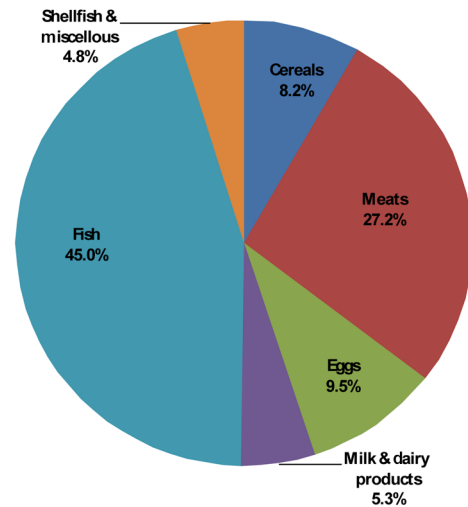


Fig. 4. Contribution ratio of dietary exposure to PCBs by food intake.

45.0%로 기여율이 높았으며, 육류 27.2%, 알류 9.5%의 기여율을 나타냈다(Fig. 4). 노출량에 따른 위해도는 노출기여율이 높은 어류는 TDI 대비 0.09%이고 육류 중 돼지고기는 TDI 대비 0.03%, 알류는 TDI 대비 0.02% 였다. 본 연구에서 조사된 식품 섭취로 인한 PCBs 위해도는 TDI 대비 0.19%로 낮은 수준이었으며, 우리나라 전체 일반 국민이 식품섭취로 인한 PCBs 위해가능성은 건강상 위해우려 수준은 아니다. 그러나 어류 및 육류는 어린이를 포함한 전 인구의 다소비·다빈도 식품이므로 국민건강보호 차원에서 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 어류를 포함한 식품에서 PCBs 오염도 조사하고, 우리나라 전체 국민이 식품을 통해 노출되는 PCBs 수준 및 안전성을 평가하였다. 국내유통 식품 중 PCBs 오염도 실태조사를 위해 다소비·다빈도 식품 28개 품목을 선정하고 검체 382건을 구매하였고, 식품 중 PCBs 오염도 조사를 한 결과, 62종 PCBs의 검출량은 N.D.-182.4 µg/kg (평균 5.4 µg/kg)이었고, 본 연구에서 조사된 PCBs의 오염도는 다른 문헌보다 상대적으로 낮거나 유사한 수준이었다. 노출 및 위해성 평가를 위해 식품별 섭취를 통한 PCBs 노출량을 산출한 후, 일본에서 설정한 TDI 값 대비 위해도를 평가하였다. 식품 섭취를 통한 전체국민의 평균 PCBs 노출량은 9.54 ng/kg b.w./day로 TDI 대비 0.19% 수준이었다. 따라서 국내 유통 식품을 통한 전체국민의 PCBs 평균 노출수준은 인체노출안전기준보다 낮은 위해도를 보임으로써, 우리나라 국민은 식품에 존재하는 PCBs에 대하여 건강상 위해 수준이 낮은 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 식품의약품안전청의 연구개발비(09071모니터193)로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- World Health Organization (WHO). Polychlorinated biphenyls: Human health aspects. Concise International Chemical Assessment Document 55. Publications of the World Health Organization. Geneva, Switzerland. pp. 15-22 (2003)
- European Food Safety Authority (EFSA). Results of the monitoring of non dioxin-like PCBs in food and feed. EFSA Journal doi:10.2903/j.efsa.2010.1701 (2010)
- Jiang QT, Lee TKM, Chen K, Wong HL, Zheng JS, Giesy JP, Lo KKW, Yamashita N, Lam PKS. Human health risk assessment of organochlorines associated with fish consumption in a coastal city in China. Environ. Pollut. 136: 155-165 (2005)
- Darnerud PO, Atuma S, Aune M, Bjerselius R, Glynn A, Grawé KP, Becker W. Dietary intake estimations of organohalogen contaminants (dioxins, PCB, PBDE and chlorinated pesticides e.g. DDT) based on Swedish market basket data. Food Chem. Toxicol. 44: 1597-1606 (2006)
- Moon HB, Ok G. Dietary intake of PCDDs, PCDFs and dioxin-like PCBs, due to the consumption of various marine organisms from Korea. Chemosphere. 62: 1142-1152 (2006)
- Baars AJ, Bakker MI, Baumann RA, Boon PE, Freijer JI, Hoogenboom LAP, Hoogerbrugge R, van Klaveren JD, Liem AKD, Traag WA, de Vries J. Dioxins, dioxin-like PCBs and non-dioxin-like PCBs in foodstuffs: occurrence and dietary intake in the Netherlands. Toxicol Lett. 151: 51-61 (2004)
- European Union (EU). Commission Regulation No 1259/2011; maximum levels for dioxins, dioxin like-PCBs and non dioxin-like PCBs in foodstuffs. Official Journal of the European Union. pp. L320/18-L320/23 (2011)
- Korea Food and Drug Administration. Food Code. Available from: <http://www.kfda.go.kr>. Accessed Feb. 18, 2013.
- Ministry of Environment, Persistent Organic Pollutants Control Act, Enforcement Ordinance partial revision Antilles. Available from: http://ivy1.epa.gov.tw/Dioxin_Toxic_Instruction/ap1/ManagePollute.asp. Accessed May 27, 2011.
- Korea Centers for Disease Control & Prevention. Korea Health Statistics 2008: Korea National Health and Nutrition Examination Survey. Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea (2008)
- U.S. Environmental Protection Agency Office of Water, Method 1613; tetra-through Octa-Chlorinated Dioxin and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS, US EPA Office of Water, Washington, DC, USA (1994)
- Food Hygiene Association. Food Hygiene Law Codes: Heisei 16 version. New Japan Law Press, Tokyo, Japan. pp. 2266-2267 (2003)
- Arnold D, Barylko-Pikielna N, Bruggemann J, Kom LE, Kumpulainen J, Schelenz RFW, Sherlock J, Vlachonikolis L. Report on a workshop in the frame of GEMS/Food-EURO. p. 5. In: GEMS/Food-EURO Second Workshop. May 25-26, Kulmbach, Federal Republic of Germany (1995)
- European Food Safety Authority (EFSA). Scientific Report of EFSA. Results of the monitoring of non dioxin-like PCBs in food and feed. Available from: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/1701.htm>. Accessed July 30, 2010.