농약과학회지 제16권 제2호 (2012)
Vol. 16, No. 2, pp. 151~162 http://dx.doi.org/10.7585/kjps.2012.16.2.151

Online ISSN 2287-2051
Print ISSN 1226-6183

ORIGINAL ARTICLE / SAFETY

Open Access

# 한국형 총식이섭취조사(Total Diet Study, TDS) 모델 확립을 위한 농약섭취수준에 대한 접근

양앤젤** · 심기훈[1]** · 최옥자[1] · 박종혁 · 도정아[2] · 오재호[2] · 황인균[2] · 심재한*

전남대학교 농업생명과학대학, [1]순천대학교 생명산업과학대학, [2]식품의약품안전청 식품의약품안전평가원

(Received on June 2, 2012. Revised on June 13, 2012. Accepted on June 15, 2012)

# Establishment of the Korean total diet study (TDS) model in consideration to pesticide intake

**An-Gel Yang**, Ki-Hoon Shim[1]**, Ok-Ja Choi[1], Jong-Hyouk Park, Jung-Ah Do[2], Jae-Ho Oh[2], In Gyun Hwang[2] and Jae-Han Shim***

Natural Products Chemistry Laboratory, Biotechnology Research Institute, College of Agriculture and Life Science, Chonnam National University, 77 Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju 500-757, Republic of Korea, [1]Department of Food & Cooking Science, College of Life and Industry Sciences, Shunchon National University, 413 Jungangno Suncheon, Jeollanam-do 540-742, Republic of Korea, [2]Food Chemical Residues Division, National Institution of Food and Drug Safety Evaluation, 187, Ohsong-eup, Cheongwon-gun, Chungcheongbuk-do, 363-700, Republic of Korea

**Abstract**

This study was carried out to establish Korean total diet study (TDS) model for estimating pesticide residue in food samples. In addition, pesticide residues of food samples were monitored by setting the standards of established Korean total diet study model. For monitoring, first step were selection of total 102 species food samples, second step were selection of total 70 species food samples, and third step were selection of total 12 representative diet and 109 species food samples. Ninety-eight pesticides were analyzed using GC-μECD, GC-MS, and LC-MS/MS after QuEChERS sample preparation method. The residue levels in detected food samples were below the maximum residue limit (MRL). Establishment of the Korean total diet study model means providing safe food for consumers, secure the safety of food samples and provide ongoing information to agricultural producers about use of pesticides.

**Key words** Total diet study model, Food list, Market basket approach, Pesticide intake, Risk assessment

## 서 론

농업에 있어서 농약 사용의 목적은 병해충과 잡초 방제 등을 통하여 농산물의 생산량 증대, 품질 향상, 노동력 감소 및 수확기 조절 등을 위한 것으로 현대 농업의 필수적인 영농자재이다(Kim et al., 2008; Lee et al., 2008). 농약을 사용하지 않는 경우 각각의 생산량은 곡류는 29%, 채소류는 44%, 과수는 11%에 그치며 과수는 무농약 재배가 불가능한 것으로 보고되고 있어 농약의 사용이 불가피한 실정이다(Kim et al., 2005). 그러나 살충제나 살균제 같은 농약성분이 함유된 물질들에는 내분비계 교란 추정물질에 해당되는 성분이 포함되어 있고, 이러한 독성 물질들은 주요한 신체 장기에 영향을 미칠 가능성이 크다. 특히 태아, 영유아 및 노인 등의 면역계

*Corresponding author: Tel. +82-62-530-2135
Fax. +82-62-530-0219, E-mail. jhshim@chonnam.ac.kr
**The first two authors are equally contributed to this article

와 신경계에 커다란 영향을 줄 수 있는 것으로 보고되고 있다(Kim et al., 2005; Lee et al., 2005).

농약을 포함한 독성 화학물질이 식품에 잔류하는 수준을 파악하기 위해 국가 차원에서 취할 수 있는 조치에는 몇 가지 방법이 있는데 그 중 첫 번째는 '개별 식품에 대해 모니터링' 하는 방법이고 두 번째는 '전체집단에서 실제적으로 식이를 통한 화학물질들의 섭취량을 추정해 Acceptable Daily Intake (ADI)나 Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI)와 같은 독성학적 참고 값과 비교하여 평가하는 방법'이다. 전자의 방법은 개별 화학물질에 대해서 모니터링 하기 때문에 전체 집단에 대한 평가와 연계가 가능하지 않을 수 있지만 대규모 집단에서의 식이로부터 독성물질 섭취량을 추정하는 후자의 총식이섭취조사(Total Diet Study, TDS) 방법은 집단의 건강과 직접적인 연계가 가능하므로 집단에서의 독성물질 섭취량을 산출하는데 신뢰할 수 있는 방법이다. 따라서 국민의 식생활 안전성 여부에 대한 근본적인 답을 하는데 총식이섭취조사는 필수적인 것이다(Lee et al., 2005).

총식이섭취조사에서 노출량 평가를 위해 사용되는 식품섭취량 산출 방법 중에서 여러 국가에서 가장 많이 사용하는 방법은 market basket approach와 duplicate meal approach이 있다. Market basket approach는 인구 집단에 근거한 평균 식이에 해당하는 식품 또는 식품 집단으로 구분하는 방법이고, duplicate meal approach는 개인의 음식 또는 식사에 사용되는 동일한 재료를 사용하는 방법으로 각각의 방법에 따라 식품섭취량을 산출하여 해당되는 식품을 구매하여 시료로 사용하는 방법이다(Brussaard et al., 2000). 그밖에 individual food item 방법이 있는데 이는 식품 중에 잔류된 위해물질의 양을 개별적인 식이 섭취 데이터와 결합해 위해도를 계산하는 것이다. 이를 통해 ADI나 PTWI 값을 설정하여 위해물질의 섭취 분포를 추정할 수 있다(Brussaard et al., 2000).

미국의 총식이섭취조사는 1961년부터 매년 200~300여 개의 식품을 market basket approach로 수집하여 수집된 식품을 자국민들이 일반적으로 섭취하는 형태로 조리하여 조리된 식품 중 잔류농약, 산업 화학물질, 독소 및 영양성분에 대하여 분석하고 있다(Pennington, 2000). 스웨덴은 market basket approach 및 duplicate meal approach를 각각 사용하여 구매한 식품의 비가식 부위를 제외한 후 조리하여 일반성분, 유해물질 및 무기질 성분에 대하여 분석하였다(Becker, 2000). 이탈리아는 market basket approach로 계절에 따라 4개 지역의 재래시장, 마트 및 대형마트에서 구입한 식품을 조리한 후 영양성분, 무기질 및 유기 오염물질 등에 대하여 분석하였고(Carnovale et al., 2000) 네덜란드는 market basket approach, duplicate meal approach 및 individual food items를 이용하여 모니터링을 실시하였고, 섭취식품에 대하여 오염물질, 변형식품, hexachlorobenzene, nitrate, 살충제 및 영양성분에 대하여 분석하였다(Brussaard et al., 2000). 그 외에 칠레, 일본, 호주, 브라질, 중국, 이란, 노르웨이, 포르투갈, 스페인, 태국 및 터키 등에서도 market basket approach와 duplicate meal approach를 이용하여 섭취식품의 안전성 검사를 실시하였다(Muñoz et al., 2005; Sasamoto et al., 2006, Parr et al., 2006). 이와 같이 세계 여러 국가에서는 자국민의 영양소 섭취 수준과 잔류농약, 중금속, 환경유래 독성물질, 가공 중 생성되는 독성물질, 자연독소 및 의약품 등의 잔류 유해물질 섭취수준을 파악하기 위해 지속적인 모니터링을 실시하여 식품의 안전성을 확보하고 있다.

우리나라에서는 1968년부터 잔류농약의 모니터링을 실시해 왔으며, 식품의약품안전청 및 각 시·도 보건환경연구원에서 식품위생법에 따라 유통농산물의 잔류농약 검사를 매년 실시하고 있다. 그러나 식품의약품안전청에서 조사 연구한 한국인의 대표식단 중 오염물질 섭취량 및 위해도 평가는 2002년과 2004년에 한정하여 섭취된 대표식품 중 잔류농약 섭취량에 관하여 보고하였고, 그 외에는 중금속 또는 독소에 관련된 조사 내용에 국한되어 있다(Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods, 2002; 2003; 2004; 2006; 2007). 국내 유통 농산물의 잔류농약 모니터링은 주로 채소류, 과실류, 종실류 및 곡류 등에서 검사하였으나 전국단위가 아닌 각각의 지역에서 유통되고 있는 식품의 농약 사용에 따른 검출량에 대한 모니터링이 대부분으로 시료의 수, 종류, 수집 장소 및 수집 기간이 서로 다르거나 제한되어 있으므로 이들 결과를 서로 비교하고 연차적 변화추세를 파악하기에 많은 어려움이 있다(식품안전성, 2008).

따라서 본 연구에서는 국내 잔류농약 모니터링 연구 및 국외 총식이섭취조사 연구를 바탕으로 잔류농약 섭취 수준 평가를 위한 한국형 총식이섭취조사 모델을 확립하고 국민들이 섭취하는 대표식품을 대상으로 잔류농약 수준을 평가하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 한국형 총식이섭취조사(Total Diet Study, TDS) 모델 확립

국내에서 농산물, 식품 및 식단에서의 잔류농약에 대한 실태 조사 연구는 계속적으로 진행되어 왔으나, 주관 기관 또는 부서의 일관성이 떨어지고, 잔류농약 모니터링 연구의 대상

식품 선정 및 시료 수집의 기준이 분명하지 않아 식품 내 잔류농약에 대한 데이터베이스를 구축하기가 어렵다. 이러한 이유로 잔류농약의 기준 설정, 무역 분쟁에 따른 대처 방안 미흡 그리고 소비자의 권리 보호 및 건강 책임 등 다양한 부분에서 문제가 발생되고 있다. 그러므로 현시점에서 잔류농약의 총식이섭취조사에 대한 기준이 설정되어야 할 것이다. 따라서 국내 잔류농약 총식이섭취조사에 대한 기준을 다음과 같이 확립하고자 한다.

## 분석대상 식품 선정

본 연구에서의 대표식품 선정 방법은 Lee et al. (2005)의 연구를 참고하여 Fig. 1과 같이 설정하였다. Lee et al. (2005)의 대표식품 선정 기준은 '2001년 국민건강·영양조사'와 '2002년 계절별 영양조사'를 통하여 조사된 식품섭취량 자료를 근거로 다소비 식품 및 다빈도 식품, 에너지 공급 식품, 계절별 식품섭취 양상, 연령에 따른 식품섭취 양상, 중금속, 잔류농약 및 함량이 높을 것으로 추정되는 식품이 반영되도록 선정하는 것이다. 한국형 총식이섭취조사 모델을 확립하기 위한 본 연구에서도 '2005년 국민건강·영양조사(MOHW, 2005)'를 기초로 하여 식품별 섭취량 누적비율 90%까지 포함된 식품을 우선 선택한 후 농약의 잔류성이 낮은 육류 및 그 제품, 난류, 어패류, 해조류 등은 제외하고 분석 대상 식품을 선정하였다. 또한 누적비율 90%까지 포함되지 못한 식품 중 상위 30위에 포함되는 다빈도 식품을 포함시켰고, 계절, 연령, 성별 및 지역별 식품섭취량 누적비율 70% 중 최초 식품 선택에 포함되지 않은 식품을 추가하였다. 이렇게 하여 기본 대표식품을 선정한 후 농산물별 잔류농약 부적합 판정을 받은 식품을 포함하여 총 102종의 식품을 최종 분석대상 대표식품으로 선정하였다(Table 1).

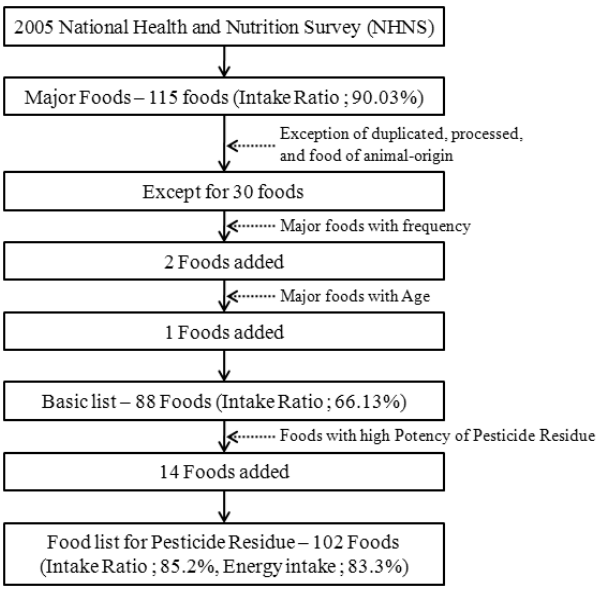


**Fig. 1.** The flow chart elucidating selection process of sample.

또한 선정된 대표식품별로 우리국민이 많이 섭취하는 형태의 조리법에 따라 조리하여 분석함으로써 실제 식품을 섭취하는 상태에서의 농약 함량을 반영하고자 하였다. 식품별

**Table 1.** Representative foods for intake and risk assessment of pesticide in Korean foods (from NHNS data, 2005)

| Factor | Food groups |
|---|---|
| Major foods with intakes | Rice, Korean cabbage kimchi, Beer, Tofu, Onion, Radish, Bean sprout, Ramyeon, Orange, Potato, Apple, Tomato, Leek, Wet noodles, Orange juice, Spinach, Cucumber, Makgeolli, Young pumpkin, Kkakdugi, Melon field, Strawberry, Soybean paste, Fruit carbonated beverage, Soy sauce, Dry noodles, Banana, Young radish kimchi, Carrot, Korean cabbage, Garlic, Soybean red pepper paste, Soybean milk, Watery kimchi made of sliced radishes, Garaetteok, Cabbage, Buckweat noodles/Naegmyeon, Japanese pickled radish, Radish leaves, Lettuce, Green pepper, Glutinous rice, Barley, Mixed multigrain, Soybean oil, Wheat flour, Brown rice, Soybean, Sikhye, small water cress, Watermelon, Biscuit, Green tea beverage, Bread (jam), Coffee mix, Chwinamul, Extracting solutions coffee, Loaf of bread, Snack, Baekseolgi, Chonggakkimchi, Hamburger/sandwiches, Pear, Tomato juice, Bracken, Sesame oil, Coffee beverage, Dongchimi, Scallion, Instant cup Ramyeon, Udon, Sweet potato, Pakimchi, Sesame leaf, Edible shoots of a fatsia, Red pepper powder, Mandarin, Ssamjang, Soft tofu, Mugwort, Grape juice, Oyster mushroom, Bread crumbs, Glutinous rice cake, Stuffed cucumber pickles |
| Major foods with frequency | Sesame, Black pepper |
| Age | Modified milk powder |
| High potency of pesticide residues | Crown daisy, Chard, Chamnamul, Mustard, Pepper leaves, Bireumnamul (amaranthus), Celery, Chicory, Dolnamul (sedum), Young radish leaves, Curled mallow, Butterbur, Wild rocambole, Shepherd's purse |

로 그 식품이 재료로 사용된 양의 기여도가 높았던 음식을 내림차순으로 정리한 후, 전체 사용량 중 1% 이상 사용된 음식에 근거하여 가장 많이 사용된 각 식품의 조리법을 선정하였다. 이러한 방법에 의해 그대로/끓이기/굽기/찌기/삶기/볶기/데치기 등과 같은 단순조리법으로 선정된 대표식품을 조리하였다(Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods, 2002; 2003; 2004; 2006; 2007). 분석대상 식품의 조리법에 따른 분류는 Table 2에 나타내었고 조리된 시료는 마쇄하여 포장한 후 -21℃ 이하 냉동고에서 보관하였다.

## 분석대상 식품 수집

미국의 경우 전국을 4개 지역으로 나누어 1년에 3회에 걸쳐 지역이 중복되지 않도록 수집하는 방식을 취하고 있다. 미국 외에도, 호주, 스웨덴, 뉴질랜드, 체코, 대만, 중국 등이 이런 방식으로 샘플링을 수행하고 있지만 우리나라의 경우, 국토 면적이 다른 나라에 비해 크지 않고, 유통이 매우 발달하여 대부분의 농산물은 서울에서 각 지역으로 분배되기 때문에, 서울 대형 유통매장과 재래시장에서 market basket approach로 수집하였다.

수집 기간은 5~9월 사이로 계절식품에 한해서는 해당 계절에 구매하며 다양성과 관계없이 무작위로 선택하여 구매하며 가공식품의 경우 다소비회사 제품 3가지를 수집 후 혼합하여 분석하였다. 또한 시료 수집에 있어서 조사하고자 하는 항목에 대한 이해도와 시료에 대한 관리 및 기록 등의 책임성과 차후 분석 결과에 대한 신뢰성을 높이기 위해 시료수집 단계의 정확성과 신뢰성을 보장하는 다음과 같은 시료수집 정보표기(labeling)를 작성하였다.

| 상품명 | ex)고추 | 원산지 | ex)청주 | 생산년도 | ex)2012.00.00 |
|---|---|---|---|---|---|
| 수집인 | ex)홍길동 | 구입장소 | ex)농협하나로마트 | 구입일 | ex)2012.00.00 |

## 분석대상 농약

분석 대상 농약은 식품의약품안정청의 '2009년도 식품안전관리지침'의 농산물 부적합 현황(2006~2008)을 참조하여 부적합사례가 있는 농약 98종을 선택하였다. 선정된 농약은 Table 3과 같다.

## 시료 전처리법 및 기기분석

한국형 총식이섭취조사 모델 확립을 위해 시료 전처리법과 GC 분석, LC 분석을 위한 기기 분석법을 확립하였고 이

**Table 2.** A representative cooker methods of food list for intake and risk assessment of pesticide in Korean foods

| Cooking Method | Food lists |
|---|---|
| Uncooked | Korean cabbage kimchi, Beer, Radish, Orange, Apple, Tomato, Leek, Orange juice, Cucumber, Makgeolli, Melon field, Strawberry, Soybean paste, Fruit carbonated beverage, Soy sauce, Banana, Young radish kimchi, Korean cabbage, Soybean red pepper paste, Soybean milk, Watery kimchi made of sliced radishes, Cabbage, Japanese pickled radish, Lettuce, Green pepper, Sikhye, Small water cress, Watermelon, Biscuit, Green tea beverage, Bread (jam), Coffee mix, Extracting solutions coffee, Loaf of bread, Snack, Baeksulgi, Chonggakkimchi, Hamburger/sandwiches, Pear, Tomato juice, Sesame oil, Coffee beverage, Dongchimi, Scallion, Pakimchi, Sesame leaf, Red pepper powder, Mandarin, Ssamjang, Soft tofu, Grape juice, Glutinous rice cake, Stuffed cucumber pickles, Sesame, Black pepper, Crown daisy, Mustard, Celery, Chicory, Dolnamul (sedum), Wild rocambole, Modified milk powder |
| Boiling | Rice, Korean cabbage kimchi, Tofu, Onion, Radish, Bean sprout, Potato, Leek, Young pumpkin, Soybean paste, Soy sauce, Carrot, Korean cabbage, Garlic, Soybean red pepper paste, Garaetteok, Radish leaves, Green pepper, Glutinous rice, Barley, Mixed multigrain, Brown rice, Soybean, Sikhye, Small water cress, Bracken, Scallion, Udon, Sesame leaf, Soft tofu, Crown daisy, Spinach beet, Mallow |
| Broiling | Wheat flour |
| Steaming | Sweet potato |
| Poaching | Wet noodles, Dry noodles, Naegmyeon |
| Roasting | Onion, Potato, Young pumpkin, Carrot, Cabbage, Green pepper, Bracken, Sesame oil, Oyster mushroom, Bread crumbs, Mugwort, Chamnamul, Butterbur, Naengi |
| Blanching | Bean sprout, Spinach, Small water cress, Edible shoots of a fatsia, Pepper leaves, Bireumnamul (amaranthus), Young radish leaves |
| Heating | Soybean oil |
| Recipe | Ramyeon, Instant cup Ramyeon |

는 각각 Park et al. (2011), Yang et al. (2012)에 게재되었다. 이를 요약해 시료 전처리법과 기기 분석법을 설명하자면 다음과 같다. 일정량의 균질화된 시료에 acetonitirle 15 mL와 150 μL acetic acid를 정확하게 가한다. 이때 수분함량이 80% 이상인 경우, 20~80%인 경우, 20% 이하인 경우로 나누어 시료의 양은 각각 10 g, 5 g + 증류수 5 mL, 5 g + 증류수 10 mL 로 하였다. 여기에 6 g의 $MgSO_4$, anhydrous와 1.5 g 의 $NaCOOCH_3$를 가한 뒤 1분간 vortex-shaking 후 3000 rpm에서 5분간 원심분리 하였다. 상등액 6 mL을 취하여 300 mg의 primary secondary amine (PSA), 900 mg의 $MgSO_4$ (지방성 시료는 150 mg의 $C_{18}$ 추가)를 첨가하고 30초간 vortex-shaking 후 3000 rpm에서 5분간 원심분리 하

**Table 3.** Target pesticides for total diet study model in Korea

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Group 1 (GC-μECD) | | | | |
| Alachlor | Bifenthrin | Butachlor | Chinomethionat | Chlorfenapyr |
| Chlorothalonil | Chlorpyrifos | Chlorpyrifos-methyl | Cyflufenamid | Cyhalothrin |
| Cypermethrin | Diazinon | Dichlofluanid | Diniconazole | α-Endosulfan |
| β-Endosulfan | Endosulfan-Sulfate | EPN | Ethoprophos | Fenarimol |
| Fenbuconazole | Fenitrothion | Fenpropathrin | Fenvalerate | Flutolanil |
| Hexaconazole | Indoxacarb | Iprodion | Isoprothioran | Methidathion |
| Oxadixyl | Paclobutrazol | Parathion | Pendimethalin | Permethrin |
| Phenthoate | Pyraclofos | Pyrazophos | Pyridalyl | Quintozen |
| Tebupirimfos | Tetraconazole | Tetradifon | Tolyfluanid | Triflumizole |
| Vinclozolin | Zoxamide | | | |
| Group 2 (GC-MSD) | | | | |
| Fenthion | Fipronil | Fludioxonil | Procymidon | Prothiofos |
| Spirodiclofen | Terbufos | Tolclofos-methyl | Triadimefon | |
| Group 3 (LC-MS/MS) | | | | |
| Acetamiprid | Anilofos | Azoxystrobin | Boscalid | Cabofuran |
| Cadusafos | Carbendazim | Chlorfluazuron | Diethofencarb | Difenoconazole |
| Dimethomorph | Ethaboxam | Etoxazole | Fenobucarb | Fenproximate |
| Flufenoxuron | Fluquinconazole | Fosthiazate | Iprobenfos | Kresoxim-methyl |
| Lufenuron | Mepaniprim | Metabenzthiazuron | Metalaxyl | Methomyl |
| Methoxyfenozide | Napropamide | Oxadiazone | Penccuron | Propamocarb |
| Propiconazole | Pyraclostrobin | Pyridaben | Pyrimethanil | Spiromesifen |
| Tebuconazole | Tebufenozide | Teflubenzuron | Thiacloprid | Thiamethoxam |
| Thifluzamide | Tricyclazole | Thiophanate-methyl | Trifloxystrobin | |

**Table 4.** Analytical conditions of GC/μECD

| Item | Conditions |
|---|---|
| Instrument model | Agilent 7890 A |
| Detector | Electron capture detector |
| Column | Ultra-2 (50 m length × 0.32 mm I.d., 0.17 μm film-thickness) |
| Carrier gas | N2 (2.25 ml/min) |
| Split ratio | 10 : 1 |
| Column oven | 100℃ (1 min)-10℃/min-190℃ (10 min)-5℃/min-220℃ (10 min)-2℃/min-250℃ (0 min)-20℃/min-290℃ (2 min) post run 300℃ (3 min) |
| Injector | 250℃ |
| Detector | 300℃ |

였다. 원심분리 후 상등액 3 mL을 취해 감압농축하여 농축된 시료를 n-hexane/acetone (8:2, v/v) 1 mL로 재용해하여 GC 분석용 시료로 사용하였고 원심분리 후 상등액 1 mL를 취해 LC 분석용 시료로 사용하였다.

선정된 98종의 농약을 3개 group으로 구분하여 group 1은 GC-μECD, group 2는 GC-MSD, group 3은 LC-MS/MS로 분석하였고 분석기기 조건은 Table 4~6에 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### 분석대상 식품 선정의 적합성

총식이섭취조사에서는 소비자의 식생활을 대표할 수 있는 품목을 선정하여 분석을 실시하게 되는데, 이러한 품목을 선정하기 위해 식품수급표나 식품섭취조사 자료를 기초자료로 활용한다. 그러나 식품수급표의 자료는 식품의 공급량에 따른 이용가능성을 의미하는 것이지 실제 국민에 의해 섭취되는 식품의 양을 반영하지는 못하므로 식품섭취량조사 자료를 이용하여야 한다(Lee et al., 2005).

이러한 목적으로 본 연구에서 식품섭취량을 반영하기 위해 사용된 '국민건강 · 영양조사'는 모든 지역의 전 연령 국민을 대상으로 세 계절(여름, 가을, 겨울)에 걸쳐 이루어졌기 때문에 그 원시 데이터는 국내 모든 지역의 전 연령 국민이 1년 동안 섭취하는 식단과 재료식품을 반영한다고 할 수 있다. 따라서 '국민건강 · 영양조사'의 원시자료 데이터베이스는 한국인의 총식이섭취조사 연구의 대표식품 선정을 위한 중요하고도 근본적이며 명확한 근거자료라고 할 수 있다.

또한 '국민건강 · 영양조사'는 3년을 주기로 실시되므로 계속적인 총식이섭취조사를 위해서 대표식품 선정도 3년을 주기로 갱신을 해야 하며, 갱신시 기관 담당자, 관련 전문가 및 생산자 등의 의견 수렴이 필요할 것으로 생각된다.

**Table 5.** Analytical conditions of GC/MSD

| Item | Conditions |
|---|---|
| Instrument model | Agilent 6890 GC / 5973N MSD |
| Column | HP-5MS (30 m× 0.25 mm× 0.25 μL) |
| Column Flow | He 0.8 ml/min (Constant Flow mode) |
| Inj. Temp.& Inj. mode | 250℃ (Splitless mode) |
| Mass Source Temp. | 150℃ |
| Transfer Line Temp. | 300℃ |
| Oven Temp. | 120℃ (5 min)-10℃/min-210℃ (4 min)-15℃/min-300℃ (1 min) post run 300℃ (2 min) |
| Injection vol. | 2 μl |

**Table 6.** Analytical conditions of LC/MS/MS

| Item | Conditions |
|---|---|
| Instrument model | Agilent 1100 Series Capillary LC System with QTARP-3200,<br>Applied Biosystems mass-spectrometer |
| Column | Sun Fire C-18, Particle size 3 μm, ID 2 mm, Length 100 mm |
| Column temperature | 35℃ |
| Mobile phase | Water (A)-5 mM-Ammonium formate, 0.1% formic acid<br>MeOH (B)-5 mM-Ammonium formate, 0.1% formic acid<br>A/B=95/5 to 25/75 1 min to 5/95 over 15 min ; 95/5 for 15.01 min, and equilibration for 10 min |
| Flow rate | 200 μL/min |
| Inject volume | 10 μL |
| Turbo ion Spray probe | 450℃ |
| Ionization voltage | 5500V, positive ion mode |
| GS1, GS2 | 50 V, 60 V |
| Scan spped | 4000 amu/s |
| Dwell time | 10 ms |

## 분석대상 식품 수집의 적합성

'국민건강·영양조사'에서는 식생활 조사와 식품섭취 빈도조사를 통하여 평균 식이에 해당하는 다소비·다빈도 식품에 대한 분석이 가능하고, 가구별 조리내용에 대한 조사인 식품섭취조사 I과 개인별 24시간 회상 조사인 식품섭취조사 II를 통하여 식품 섭취 형태를 분석할 수 있어서 market basket approach와 duplicate meal approach가 모두 가능하다. 그러나 Becker (2000)은 duplicate meal approach가 조사자 또는 조사 집단의 실제 식품섭취에 대한 평가와 조사 기간 내에 섭취되는 모든 식품에 대한 분석이 가능하지만, 조사 대상자의 특정 식품이나 실제 식습관에 대해 과소평가, 부담감 및 조사 대상자 수의 제한성이라는 단점이 있다고 하였다. 따라서 한국형 총식이섭취조사 연구를 위한 식품 시료 수집 방법은 market basket approach가 적합하다.

선정된 대표식품의 수집은 재래시장, 도매시장, 대형마트, 공판장 및 백화점 등 일반인들이 쉽게 구매할 수 있는 장소를 원칙으로 하고, 재래시장 및 도매시장 등에서 20% 이상을 구매한다. 이는 Kim et al. (2005)의 연구에 따라 재래시장 및 도매시장 등에 유통되는 농산물의 부적합이 높기 때문이다. 가공식품의 경우 전국단위로 판매가 되는 3개 이상의 업체 제품을 구매하고, 농수축산물의 원료성 식품은 3개 이상의 지역 제품을 구매하는 것으로 한다. 식품 시료의 수집 시기는 5~9월 사이로 하고, 계절에 따라 제한적으로 생산되는 식품은 생산시기에 수집하며, 품종별 수집이 아닌 식품 항목에 의하여 수집한다. 더 나아가 침투성 농약을 사용하거나 농약잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL) (KFDA, 2011)을 초과한 식품에 대해서는 광주, 대구, 대전, 부산, 울산, 인천 등 전국 광역시 단위의 지역에서 개별적으로 수집하며, 수입식품 및 GMO 관련 식품에 대한 수집 방안도 고려해야 할 것이다.

## 분석대상 농약 선정의 적합성

미국의 총식이섭취조사에서 선정된 식품의 검사 대상은 잔류농약, 산업 화학물질, 영양성분, 방사성 물질, 기타 등으로 그 중 잔류농약은 organohalogen, organophosphorus, N-methylcarbamate, chlorophenoxy acid, pyrethroid 및 substituted urea 등이다(FDA, 2009). 우리나라의 총식이섭취조사에서도 많은 종류의 농약에 대해 분석하는 것이 바람직하지만, 현재 농산물 관리체계는 출하 전에는 농림수산식품부 농산물유통국 총괄에서 모니터링을 실시하고 있고, 출하 후에는 식품의약품안전청 및 보건환경연구원에서 유통 농산물에 대한 잔류성을 검사하고 있다. 따라서 식품을 통한 잔류농약 섭취수준을 평가하기 위한 한국형 총식이섭취조사 연구에서는 농림수산식품부 및 식품의약품안전청 등에서 검사한 후 부적합 판정을 받은 농약에 대해 집중적으로 분석해야 한다. 그렇기 때문에 '식품안전관리지침'의 농산물 부적합 현황(2006~2008)을 참조하여 부적합사례가 있는 농약을 분석대상 농약으로 선정한 것은 한국형 총식이섭취조사 연구를 위해 적합한 선정이라 할 수 있다. 더 나아가 침투성이 있는 thiabendazole (TBZ), benomyl, imazalil, carbofuran, chlorpyrifos, penconazole, metalaxyl, imidaclorid, hexaconazole 등과 사용금지 농약이지만 잔류성이 높은 dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT), aldrin, diedrin 등에 대해서는 단성분 분석을 실시하여 섭취될 수 있는 잔류농약 수준에 대한 안전성을 확보하는 것도 필수적이다.

## 시료 전처리법의 적합성

총식이섭취조사 연구를 위해 식품공전 잔류농약 분석법 4.1.2 다종농약다성분 분석법에 기초하여 추출조건을 확립하고자 대표시료 8가지 식품(백미, 무, 사과, 감자, 맥주, 참깨, 대두, 식용유)에 대해 회수율 실험을 한 결과, GC-μECD 분석대상 45종 중 비지방성 샘플에서는 14종의 농약이, 지방성 샘플에서는 대부분 농약의 회수율이 좋지 않음을 확인 할 수 있었다. 다종농약다성분 분석법을 이용한 지방성 식품 회수율 실험의 경우 액액분배를 통한 지방성분의 제거가 효율적으로 되지 않아 식품시료 물질에 의해 회수율이 높은 것으로 보인다. 따라서 적합한 추출조건을 위해 AOAC official method인 QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe) 분석법을 검토하였다. 다종농약다성분 분석법의 회수율 실험에 이용된 대표시료 8가지에 대해 QuEChERS 분석법으로 회수율 실험을 한 결과, 대부분의 농약에서 70~130%의 회수율을 확인 할 수 있었으며 SD 또한 20% 미만의 값을 보여주었다. 이는 QuEChERS 분석법의 경우 염기에 민감한 농약의 회수율을 높이기 위하여 추출 과정 중 acetic acid buffer를 이용하여 농약의 분해를 보완하였기 때문으로 여겨진다(Lehotay et al., 2005).

따라서 한국형 총식이섭취조사 모델을 위한 시료 전처리법으로는 QuEChERS 분석법을 이용하였다.

## 확립된 한국형 총식이섭취조사 모델

분석대상 농약 선정, 분석대상 식품 선정, 식품 수집 방법, 분석방법 최적화 과정을 통해 확립된 한국형 총식이섭취조사

**Table 7.** Establishment of the total diet study (TDS) model in Korea

| Classification | Summary |
|---|---|
| Food data collection | National Health and Nutrition Survey |
| Food lists | From major food with intake and frequency to choice more than 90%<br>- excepted low pesticide residues foods |
| Purchase of the food products | Supermarket and traditional markets in Seoul<br>- From local market and traditional market to buy more than 20% |
| Preparation of sample | Frozen storage after simple cooking<br>- Cooking methods: Uncooked, Boiling, Broiling, Steaming, Poaching, Roasting, Blanching |
| Pesticide analysis | Multi-residue method for unsuitable on determination tests |
| Type of study | Market basket study |

모델을 Table 7에 나타내었다. 확립된 한국형 총식이섭취조사 모델은 국민들의 식품섭취량을 반영한 대표식품 선정을 위해 3년을 주기로 실시되는 '국민건강 · 영양조사'를 근거자료로 이용하고 식품 선정 시에는 농약의 잔류 가능성이 낮을 것으로 예상되는 식품, 동물성(육류) 식품을 제외하고 선정한다. 선정된 식품 시료의 수집은 재래시장 및 도매시장 등에서 20% 이상을 구매하는 방법으로 5~9월 사이에 실시하고, 계절에 따라 제한적으로 생산되는 식품은 생산시기에 수집하며 market basket approach 방법으로 수집한다. 수집된 식품은 그대로/끓이기/굽기/찌기/삶기/볶기/데치기 등과 같은 단순조리법 중 각 재료식품이 주로 이용되는 조리법에 따라 조리하여 분석한다. 분석대상 농약은 부적합 판정을 받은 농약에 대해서 집중적으로 분석하기 위해 '식품안전관리지침'의 농산물 부적합 현황을 참조하여 부적합사례가 있는 농약을 선정한다. 대표식품 중 잔류농약을 분석하기 위한 추출법으로는 8가지 식품(백미, 무, 사과, 감자, 맥주, 참깨, 대두, 식용유)에 대해 70~130%의 회수율을 보인 QuEChERS 분석법을 이용한다.

## 확립된 한국형 총식이섭취조사 모델에 따른 잔류농약 실태 분석

확립된 한국형 총식이섭취조사 모델을 이용해 본 연구실에서는 잔류농약에 대한 총식이섭취조사 연구를 2009~2011년까지 진행하였다.

1단계(2009년)에는 전 세대에 대한 다소비, 다빈도 식품의 위해도 평가가 이루어졌고, 2단계(2010년)에는 취약계층(영유아 및 청소년 계층, 1~19세)을 중점적으로 다소비, 다빈도 식품을 선정하고 추가적으로 전 세대에 대한 다소비, 다빈도 식품(1단계 선정 식품 중 일부)을 첨가하여 잔류농약의 위해도 평가를 실시하였다. 3단계(2011년)에서는 1, 2단계 연구와 구별되도록 '국민건강 · 영양조사' 자료를 근거로 전 세대에 대한 섭취빈도가 높은 식단을 선정하고 선정된 식단의 재료가 되는 재료식품을 대표 재료식품으로 선정하였다. 또한 잔류농약 제거에 대한 세척과 조리의 효과에 대해 알아보기 위해 선정된 식품을 세척 전/후/조리 후 과정으로 나누어 잔류농약 수준을 평가하였다. 이 모든 단계에서 식품을 선정하는데 있어 농약의 잔류 가능성이 낮을 것으로 예상되는 식품, 동물성(육류) 식품을 제외하였다.

1단계(2009년)에서 선정된 대표식품 102종을 표준조리법에 의해 조리하여 총 124종에서 98종의 농약에 대한 잔류량을 분석한 결과, 풋고추에서는 azoxystrobin, propamocarb, pyridaben 등 3종, 깻잎은 azoxystrobin, carbendazim, diethofencarb 등 3종 그리고 들미나리는 chlorfenapyr, isoprothiolane, tricyclazole 등 3종의 농약이 검출되었다. 그 외에 고춧가루는 azoxystrobin, metalaxyl 등 2종이 검출되었고, 고춧잎은 diniconazole, thiamethoxam 등 2종이 검출되었고, 머위는 fenarimol, 상추는 propamocarb, 딸기는 tetraconazole, 파에서는 tricyclazole, 근대와 애호박에서는 carbendazim 그리고 시금치와 파김치에서는 dimethomorph가 각각 검출되었다. 검출된 농약들은 모두 잔류허용기준(KFDA, 2011) 이하의 잔류량을 보였으나 고춧잎에서 diniconazole, 머위에서 fenarimol, 들미나리에서 chlorfenapyr 및 isoprothiolane 그리고 근대에서의 carbendazim은 잔류허용기준이 설정되어 있지 않았다.

2단계(2010년)에서 선정된 70종의 대표식품을 표준조리법에 의해 조리하여 총 90종의 시료를 분석한 결과, 17종의 식품에서 10종의 농약이 검출되었다. 오이에서 dimethomorph, propamocarb, pyraclostrobin 등 3종, 붉은고추에서는 boscalid,

pyraclostrobin 등 2종, 취나물은 iprodione, 깻잎은 thiamethoxam, 찹쌀, 현미, 잡곡은 tricyclazole, 수박은 fosthiazate, 비름, 두릅은 metalaxyl, 무청, 샐러리, 얼갈이배추는 dimethomorph, 풋고추는 fluquinconazole, 복숭아는 boscalid, 머위는 pyraclostrobin, 파슬리는 difenoconazole이 각각 검출되었다. 2단계 역시 잔류량은 모두 잔류허용기준(KFDA, 2011) 이하의 잔류량을 보였으나 metalaxyl (두릅), pyraclostrobin (머위), dimethomorph (무청, 샐러리), metalaxyl (비름), difenoconazole (파슬리)는 소면적 작물들로 검출된 해당 작물에 대해 잔류허용기준(KFDA, 2011)이 설정되어 있지 않았다.

국민들이 실제 섭취하는 형태의 대표식단 12종과 대표식품 109종에 대한 98종 농약의 잔류량을 분석한 3단계(2011년) 연구 결과 10종의 식품에서 8종의 농약이 검출되었다. 이는 생강에서의 fosthiazate, trifloxystrobin, 유색미에서의 fenobucarb, iprobenfos, 풋고추에서의 acetamiprid, trifloxystrobin, 현미에서의 fenobucarb, propiconazole, 시금치, 취나물, 깻잎에서의 azoxystrobin, 머위에서의 lufenuron, 붉은고추에서의 acetamiprid, 찰현미에서의 fenobucarb 등이다. Fosthiazate (생강), lufenuron (머위), trifloxystrobin (생강)은 검출된 해당 작물에 대해 잔류허용기준(KFDA, 2011)이 설정되어 있지 않았다. 또한 세척과 조리 효과에 따른 식품 중의 잔류량에 대한 연구 결과는 Yang et al. (2012)의 논문에 보고되었다. 그 결과를 요약하자면 총 34종의 세척 전 시료 중 10종의 시료에서 잔류농약이 검출되었고, 총 34종의 세척 후 시료에서는 6종이 검출되었다. 그리고 총 41종의 조리 후 시료에서는 5종에서 잔류농약이 검출되었다. 그 중 대표적으로 풋고추와 생강에서 세척 전/후, 조리 후의 trifloxistrobin 잔류량을 살펴보면 풋고추의 경우 세척 전 시료에서는 평균 0.064 mg/kg, 세척후 시료에서는 0.051 mg/kg, 조리법에 따른 끓임 후 시료에서는 0.023 mg/kg, 볶음 후 시료에서는 0.030 mg/kg가 검출되었다. 또한 생강의 세척전 시료에서는 0.005 mg/kg의 잔류량이 검출되었고 세척 후와 볶음 후 시료에서는 trifloxistrobin에 대한 잔류량이 검출 되지 않았다. 이러한 결과를 토대로 세척전의 단계에서 검출된 농약이 있는 대표식품의 경우 대부분이 세척과 조리과정을 거친 후에는 잔류량이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

## 잔류농약 농도에 따른 위해성 평가

농약이 검출된 식품으로부터 노출되는 위해도를 평가하기 위해 식품의약품안전청에서 선정한 1일 섭취허용량(Acceptable Daily Intakes, ADI)를 활용하였으며(KFDA, 2012), 잔류농약에 대한 1일 추정섭취량(Estimated Daily Intakes, EDI)은 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{1일 추정섭취량, EDI (μg/kg bw/day)} = \frac{\text{농약잔류량(μg/g)} \times \text{식품 1일섭취량(g/day)}}{\text{성인평균체중(kg)}}$$

위의 식으로 계산된 1일 추정섭취량(EDI)과 1일 섭취허용량(ADI)에 체중의 대표값으로 Codex 극동지역 평균 체중인 55 kg을 곱하여 1인 1일 추정섭취량(EDI * 55 kg)과 1인 1일 섭취허용량(ADI * 55 kg)을 구하여 1인 1일 추정섭취량/1인 1일 섭취허용량 * 100(%) 로 %ADI를 산출하였다. 산출한 %ADI는 Table 8과 같다.

%ADI를 통한 각각의 농약의 위해성을 살펴보면, 모두 1일 섭취허용량의 1% 미만으로 식이를 통한 잔류농약의 위해성은 안전한 수준임을 알 수 있다.

한국형 총식이섭취조사 모델은 국민들의 식품섭취량을 반영하기 위해 '국민건강·영양조사'를 근거 자료로 활용하고 식품 선정 시 농약의 잔류 가능성이 낮을 것으로 예상되는 식품, 동물성(육류) 식품을 제외한다. 시료는 market basket approach 방법으로 5~9월 사이에 재래시장 및 도매시장 등에서 20% 이상을 수집하고, 계절에 따라 제한적으로 생산되는 식품은 생산시기에 수집한다. 수집된 식품은 그대로/끓이기/굽기/찌기/삶기/볶기/데치기 등과 같은 단순조리법 중 각 재료식품이 주로 이용되는 조리법에 따라 조리한다. 분석대상 농약은 부적합 판정을 받은 농약에 대해서 집중적으로 분석하기 위해 '식품안전관리지침'의 농산물 부적합 현황을 참조하여 부적합사례가 있는 농약을 선정한다. 대표식품 중 잔류농약을 분석하기 위한 추출법으로는 8가지 식품(백미, 무, 사과, 감자, 맥주, 참깨, 대두, 식용유)에 대해 70~130%의 회수율을 보인 QuEChERS 분석법을 이용한다.

이렇게 한국형 총식이섭취조사 모델을 확립함은 소비자들에게 안전한 먹거리 제공, 농산물의 안전성 확보 및 농산물 생산자들의 농약 사용에 대한 지속적인 정보 제공의 역할을 할 수 있는 자료를 제공하게 될 것이다. 확립된 한국형 총식이섭취조사 모델을 이용한 지속적인 모니터링을 통하여 대표식품의 조리 시 식품 사용량, 조리 온도 및 시간 등의 조리법에 대한 표준화와 중량 변화율에 대한 기준설정 역시 필요한 과제이다. 또한 대표식품의 조리 전후 차이와 동일 식품의 조리방법에 따른 잔류농약 섭취수준에 대한 연구도 지속되어야 한다. 더불어 검사자가 관심이 가는 식품 또는 농약 항목과

타 국가 및 기관에서 조사되어 부적합 판정을 받은 항목에 대해서는 매년 지속적인 모니터링을 통하여 조리하여 섭취하는 식품에 대한 안전성을 확보해야 할 것이다.

더 나아가 식품선정, 식품수집, 각각의 조리법의 확립은 잔류농약에 대한 총식이섭취조사 이외에 동물용 의약품, 중금속, 산업 화학물질, 독소 등 위해물질의 섭취수준 조사를 통한 총식이섭취조사에도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

**Table 8.** The %ADI for risk assessment of detection pesticides

| NO | Pesticide | Acceptable Daily Intakes, ADI (mg/kg b.w. day) | ADI * 55 kg (mg/person/day) | Estimated Daily Intakes, EDI (mg/kg b.w. day) | EDI * 55 kg (mg/person/day) | %ADI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2009 (1st step) | | | |
| 1 | Azoxystrobin | 0.100 | 5.500 | 0.0000284 | 0.001562 | 0.0284 |
| 2 | Carbendazim | 0.030 | 1.650 | 0.0000183 | 0.001006 | 0.0611 |
| 3 | Chlorfenapyr | 0.003 | 0.165 | 0.0000089 | 0.000489 | 0.2982 |
| 4 | Diethofencarb | 0.004 | 0.220 | 0.0000038 | 0.000209 | 0.0962 |
| 5 | Dimethomorph | 0.200 | 11.000 | 0.0000796 | 0.004378 | 0.0398 |
| 6 | Diniconazole | 0.002 | 0.110 | 0.0000002 | 0.000011 | 0.0096 |
| 7 | Fenarimol | 0.010 | 0.550 | 0.0000035 | 0.000192 | 0.0354 |
| 8 | Isoprothiolane | 0.016 | 0.880 | 0.0000089 | 0.000489 | 0.0559 |
| 9 | Metalaxyl | 0.080 | 4.400 | 0.0000063 | 0.000346 | 0.0078 |
| 10 | Propamocarb | 0.100 | 5.500 | 0.0000132 | 0.000726 | 0.0132 |
| 11 | Pyridaben | 0.005 | 0.275 | 0.0000063 | 0.000346 | 0.1254 |
| 12 | Tetraconazole | 0.004 | 0.220 | 0.0000053 | 0.000291 | 0.1323 |
| 13 | Thiamethoxam | 0.006 | 0.330 | 0.0000007 | 0.000038 | 0.0111 |
| 14 | Tricyclazole | 0.030 | 1.650 | 0.0000023 | 0.001270 | 0.0769 |
| | | | 2010 (2nd step) | | | |
| 1 | Boscalid | 0.040 | 2.200 | 0.0000001 | 0.0000039 | 0.0002 |
| 2 | Difenoconazole | 0.010 | 0.550 | 0.0000000 | 0.0000000 | 0.0000 |
| 3 | Dimethomorph | 0.200 | 11.000 | 0.0012821 | 0.0705144 | 0.6410 |
| 4 | Fluquinconazole | 0.005 | 0.275 | 0.0000005 | 0.0000292 | 0.0106 |
| 5 | Fosthiazate | 0.001 | 0.055 | 0.0000003 | 0.0000154 | 0.0280 |
| 6 | Metalaxyl | 0.080 | 4.400 | 0.0000009 | 0.0000473 | 0.0011 |
| 7 | Propamocarb | 0.400 | 22.000 | 0.0000154 | 0.0008465 | 0.0038 |
| 8 | Pyraclostrobin | 0.030 | 1.650 | 0.0000662 | 0.0036383 | 0.2205 |
| 9 | Thiamethoxam | 0.018 | 0.990 | 0.0000043 | 0.0002382 | 0.0241 |
| 10 | Tricyclazole | 0.030 | 1.650 | 0.0000037 | 0.0002052 | 0.0124 |
| | | | 2011 (3rd step) | | | |
| 1 | Acetamiprid | 0.071 | 3.905 | 0.0000008 | 0.0000435 | 0.0011 |
| 2 | Azoxystrobin | 0.200 | 11.000 | 0.0000241 | 0.0013233 | 0.0120 |
| 3 | Fenobucarb | 0.012 | 0.660 | 0.0000014 | 0.0000754 | 0.0114 |
| 4 | Fosthiazate | 0.001 | 0.055 | 0.0000000 | 0.0000011 | 0.0020 |
| 5 | Iprobenfos | 0.035 | 1.925 | 0.0000003 | 0.0000138 | 0.0007 |
| 6 | Lufenuron | 0.014 | 0.770 | 0.0000001 | 0.0000061 | 0.0008 |
| 7 | Propiconazole | 0.070 | 3.850 | 0.0000001 | 0.0000050 | 0.0001 |
| 8 | Trifloxystrobin | 0.040 | 2.200 | 0.0000013 | 0.0000710 | 0.0032 |

## 감사의 글

본 연구는 식품의약품안전청 국가 잔류농약 안전관리 연구 사업 (09072잔류약997) 중 잔류농약의 총식이섭취량 조사에 대한 일부 연구결과로 지원에 감사드립니다.

## >> Literature Cited

Becker, W. Total diet studies-Examples from Sweden (2000) J. Food Comp. Anal. 13:545~549.

Brussaard, J. H., K. F. M. A Hulshof and M. R. H Löwik (2000) Total diet studies in the Netherlands. J. Food Comp. Anal. 13:561~565.

Carnovale, E., M. Cappelloni, G . Lombardi-Boccia and A. Turrini (2000) Total diet studies in Italy. J. Food Comp. Anal. 13:551~556

Food and Drug Administration (2009) Food Safety. Total Diet Study-Analytes and Analytical Methods. Available from: http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/FoodContaminantsAdulteration/TotalDietStudy/default.htm, Accessed Oct, 15

Kim, J. P., G. L. Gang, Y. S. Tang, H. H. Lee, J. K. Chung and E. S. Kim (2005) A survey on pesticide residues of commercial agricultural products in Gwangju area. J. Food Hyg Safety. 29:165~174.

Kim, M. R., M. A. Na, W. Y. Jung, C. S. Kim, N. K. Sun, S. E. Chae, E. M. Lee, Y. G. Pak, J. A. Byun, J. H. Eom, R. S. Jung and J. H. Lee (2008) Monitoring of pesticide residues in special products. Korean J. Pestic Sci. 12:323~334.

Korea Food and Drug Administration (2002) Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Korean Health Industry Development Institute, Ohsong, Republic of Korea.

Korea Food and Drug Administration (2003) Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Korean Health Industry Development Institute, Ohsong, Republic of Korea.

Korea Food and Drug Administration (2004) Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Korean Health Industry Development Institute, Ohsong, Republic of Korea.

Korea Food and Drug Administration (2006) Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Korean Health Industry Development Institute, Ohsong, Republic of Korea.

Korea Food and Drug Administration (2007) Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Korean Health Industry Development Institute, Ohsong, Republic of Korea.

Korea Food and Drug Administration (KFDA). (2011). Maximum residue limits of pesticide. Ohsong, Republic of Korea. Available from http://fse.foodnara.go.kr/residue/mrl/mrl_search.jsp.

Korea Food and Drug Administration (KFDA). (2012). Pesticide residue database. Ohsong, Republic of Korea. Available from http://fse.foodnara.go.kr/residue/index.jsp

Lee, E. Y., H. H. Noh, Y. S. Park, K. W. Kang, S. Y. Jo, S. R. Lee, I. Y. Park, T. H. Kim, Y. D. Jin and K. S. Kyoung (2008) Monitoring of pesticide residues in agricultural products collected from market in Cheongju and Jeonju. Korean J. Pesti. Sci. 12:357~362.

Lee, H. S., B. H. Kim, Y. A. Jang, S. O. Park, C. H. Oh, J. Y. Kim, H. Y. Kim, S. Y. Chung, Y. S. Sho, J. H. Suh, E. J. Lee and C. I. Kim (2005) Developing food list for risk assessment of contaminants in Korean foods. Korean J. Food Sci. Techonl. 37:1~11.

Lehotay, S. J., Mastovska, K. and Yun, S. J. (2005) Evaluation of two fast and easy methods for pesticide residue analysis in fatty food matrixes. J. AOAC Int. 88:630~638.

Ministry of Health and Welfare (2009) 2005 National Health and Nutrition Examination Survey by Season. Korea Centers for Disease and Prevention. Available from http://knhanes.cdc.go.kr, Accessed Agu, 21

Muñoz, O., J. M. Bastias, M. Araya, A. Morales, C. Orellana, R. Rebolledo and D. Velez (2005) Estimation of the dietary intake of cadium, lead, mercury, and arsenic by the population of Santiago (Chile) using a Total Diet Study. Food Chem. Toxicol. 43:1647~1655.

Park, J. Y., J. H. Choi, A. M. Abd El-Aty, B. M. Kim, J. H. Oh, J. A. Do, K. S. Kwon, K. H. Shim, O. J. Choi, S. C. Shin and J. H. Shim (2011) Simultaneous multiresidue analysis of 41 pesticide residues in cooked foodstuff using QuEChERS: comparison with classical method. Food Chemistry, 128:241~253.

Parr, R. M., N. K. Aras and G. V. Iyengar (2006) Dietary intakes of essential trace elements: Results from total diets studies supported by the IAEA. J. Radioanal. Nucl. Chem. 270:155~161.

Pennington, J. A. T (2000) Total diet studies-experiences in the United States. J. Food Comp. Anal. 13:539~544.

Sasamoto, T., F. Ushio, N. Kikutani, Y. Saitoh, U. Yamaki, T. Hashimoto, S. Horii, J. I. Nakagawa and A. Ibe (2006) Estimation of 1999-2004 dietary daily intake of PCDDs, PCDFs and dioxin-like PCBs by a total diet study in metropolitan Tokoy, Japan. Chemosphere 64:634~641.

Yang, A., J. H. Park, A. M. Abd El-Aty, J. H. Choi, J. H. Oh, J. A. Do, K. Kwon, K. H. Shim, O. J. Choi and J. H. Shim (2012) Synergeistic effect of washing and cooking on the removal of multi-classes of pesticides from various food samples. Food Control, 28:99~105.

이서래 (2008) 식품 안전성. pp.147, 자유아카데미, 대한민국.

# 한국형 총식이섭취조사(Total Diet Study, TDS) 모델 확립을 위한 농약섭취수준에 대한 접근

양앤젤[**] · 심기훈[1**] · 최옥자[1] · 박종혁 · 도정아[2] · 오재호[2] · 황인균[2] · 심재한[*]

전남대학교 농업생명과학대학, [1]순천대학교 생명산업과학대학, [2]식품의약품안전청 식품의약품안전평가원

**요 약** 본 연구에서는 분석대상 농약의 선정, 분석대상 식품의 선정, 분석대상 식품의 수집, 추출방법의 최적화를 통해 잔류농약 섭취 수준 평가를 위한 한국형 총식이섭취조사(Total Diet Study, TDS) 모델을 확립하였다. 또한 총식이섭취조사 모델 확립을 위해 필요한 각각의 항목에, 기준을 설정하여 확립된 모델에 의한 잔류농약 수준을 모니터링 하였다. 모니터링은 1단계에서는 총 102종의 대표식품, 2단계에서는 총 70종의 대표식품, 3단계에서는 12종의 대표식단과 109종의 대표식품을 대상으로 98종 농약에 대해 GC-μECD, GC-MSD, 그리고 LC-MS/MS를 이용하여 분석을 실시하였다. 그 결과 검출된 농약들은 모두 잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL) 이하의 잔류량을 보였으나 검출된 잔류농약이 해당 작물에 대해 잔류허용기준이 설정되어 있지 않은 경우도 있었다. 한국형 총식이섭취조사 모델을 확립함은 소비자들에게 안전한 먹거리 제공, 농산물의 안전성 확보 및 농산물 생산자들의 농약 사용에 대한 지속적인 정보 제공의 역할을 할 수 있는 자료를 제공하게 될 것이다.

**색인어** 총식이섭취조사 모델, 식품 목록, 시장바구니 방법, 잔류농약섭취, 위해도 평가