

## 식품중 잔류농약에 의한 인체피폭 평가에서의 문제점

이미경\* · 이서래\*

### Problems in the Dietary Exposure Assessment of Pesticide Residues

Mi-Gyung Lee and Su-Rae Lee

#### Abstract

The demand of safety assessment for pesticide residues in foods is growing in Korea. In order to assess the actual dietary exposure toward pesticide residues, the problems in utilization of pesticide residue data were reviewed and optimization of food factors applicable to Korean population was conducted. The problems and current status in setting pesticide residue tolerance-domestic and foreign-in foods were also argued.

The conclusion is summarized as follows:

- (1) Anticipated residue estimates(ARE) calculated from field trial residue data, the percentage of crop treated, and the effects of cooking or processing should be utilized for dietary exposure assessment in a real sense.
- (2) Average daily intake of total foods per person in Korea was 1,104g in 1970's and 1,240g in 1980's. Much variation was observed between the two decades by food commodities.
- (3) Pesticide residue tolerances in Korea have been established at relatively lower levels in comparison with FAO/WHO or western countries. More extensive studies and data accumulation as related to tolerance setting are called for in future for the sake of health protection and smooth interstate trade.

---

\*이화여자대학교 식품영양학과

Department of Food & Nutrition, Ewha Woman's University, Seoul 120-750, Korea

## I. 서 론

식품중 유독성분에 의한 위해가능성은 그 화학물질의 고유한 독성과 식사를 통한 섭취량에 의해 결정된다. 이러한 사고방식은 독성의 발현이 유독물질의 용량에 의존한다는 Paracelsus의 고전적 독성학 원리에 근거한 것이다<sup>1)</sup>. 즉 유독물질에 의한 위험은 그 물질의 독성과 노출의 곱( $\text{risk} = \text{toxicity} \times \text{exposure}$ )에 의하여 결정된다. 그러므로 아무리 독성이 강한 화학물질이라 할지라도 노출이 '영'(zero exposure)이면 위험을 또한 '영'(zero risk)이 되는 것이다.

식품중 잔류농약에 의한 위해평가를 위해서는 인체피폭평가와 농약의 독성학적 자료가 요구된다. 식품중 농약잔류량 데이터와 식품소비량으로부터 인체피폭량을 계산하고 이 값을 독성학적 기준치인 인체허용 1일 섭취량(ADI)과 비교하여 위해성을 평가한다. 또한 발암성물질에 대해서는 정량적 위해평가(quantitative risk assessment)에서 처럼 인체피폭량에 종양유발능계수(Q\*)를 곱한 값과 '무시될 수 있는 위험기준(negligible risk standard)'을 비교하여 위해성을 평가하기도 한다<sup>2)</sup>.

1987년 미국 학술원-국가연구심의회(NAS-NRC; National Academy of Sciences-National Research Council)에서는 EPA(Environmental Protection Agency)의 요청에 따라 식품을 통한 종양유발성 농약의 위해가능성을 정량적 위해평가법에 의해 산출하였다. 이때 NRC는 위험의 과소평가를 막으려는 의도하에 보수적인 평가방법을 택하였는데 그 결과 위험성이 지나치게 과장된 결과를 얻게 되었다<sup>3)</sup>. 이에 따라 규제기관인 EPA는 현실적인 농약사용패턴과 실제적인 농약잔류수준을 고려하지 않았다는 점에서 농약산업계의 신랄한 비판을 받게 되었고 인체피폭량 자료의 중요성이 새롭게 부각되었다<sup>4)</sup>.

식품중의 잔류농약 문제는 어느나라나 자국민의 건강을 보호한다는 측면에서 뿐만 아니라 앞으로 농산물의 국제교역에서 보다 빈번한 마찰이 예상되므로 그에 대처한 자료의 축적이 요구되고 있다.

우리나라에서도 국산 및 수입식품에 대한 잔류농약 허용기준이 계속 확대되어 나갈 것으로 전망되며 이때 합리적인 기준 설정과 그에 따른 위해평가가 이루어져야 할 것이다.

이러한 맥락하에 본 고에서는 유독성분의 인체피폭평가에 있어서 (1) 농약잔류량 데이터의 활용문제 (2) 한국인을 위한 식품계수의 최적화 (3) 식품중 잔류허용기준의 국내의 현황과 그 문제점을 검토하는 동시에 (4) 기준 설정 및 위해평가에서의 새로운 시도를 다음과 같이 제시해보고자 한다.

## II. 식품중 농약잔류량 데이터 (pesticide residue data in foods)의 활용문제

인체피폭평가에 필요한 농약잔류량 데이터는 법적 규제치인 허용량(maximum residue limit; MRL, tolerance), 포장시험에 의한 잔류자료(field trial residue data), 유통식품에 대한 모니터링 자료, 식이섭취 총량조사 자료(total diet study data)가 이용될 수 있다. 그러나 이때 사용되는 자료에 따라 위해평가 결과는 크게 달라질 수 있다. 예를 들면 1987년 NRC의 종양유발성 농약에 대한 종양유발 위해도 평가와 그 후 1988년에 캘리포니아대학교 연구진이 재평가한 연구결과의 비교로부터 그 사례를 찾아볼 수 있다(표 1).

농약잔류량 데이터로 NRC는 미국정부의 허용량을, 캘리포니아대학교 연구진은 FDA의 1987년 total diet study 자료를 적용한 결과 NRC의 추정에서는 '무시될 수 있는 위험기준( $10^{-6}$ )'을 7가지 농약이 모두 초과하였지만 캘리포니아대학교 연구진의 추정에서는 permethrin만이 그 기준을 초과하였을 뿐만 아니라 그 위험성에 있어서도 NRC의 추정치가 4,600 ~ 100,000배나 높게 나타났다.

NRC의 과장된 위해평가 결과는 이론적 잔류농약 최고섭취량(theoretical maximum residue contribution; TMRC)을 인체피폭량으로 사용한 것에 기인된다. 본래 TMRC는 다음의 가정하에서 계산된 것

표 1. 다른 잔류수준에 근거한 농약의 발암 가능성<sup>6)</sup>

(단위: 인구 100만당 추가 암발생율)

농약성분	NRC 추정 (허용량 기준)	Univ.Calif. 추정 (FDA 잔류수준 기준)		
		6-11개월	14-16세남자	60-65세여자
Acephate	37	0.017	0.021	0.032
Linuron	1520	0.328	0.098	0.131
Captan	474	0.045	0.020	0.056
Permethrin	421	2.13	0.90	1.215
Chlorothalonil	237	<0.002	<0.024	0.002
Parathion	15	0.012	0.001	0.003
Folpet	324	0.027	0.010	0.034

이다<sup>6)</sup>.

- ① 모든 해당작물중에는 허용량 수준으로 농약성분이 잔류된다.
- ② 모든 해당작물에 그 농약이 100% 사용된다.
- ③ 잔류수준이 저장, 운반 조리가공중에 감소되지 않는다.

그러나 이러한 가정하에 평가된 위험수준은 실제로 소비자에게 미치는 위험성이 아니다. 농약잔류량 데이터의 적용에 있어서 이상적인 인체피폭 평가방법은 섭취직전의 음식물중 잔류량을 측정하는 것이다. 다시말해 식이섭취 총량조사(total diet study 또는 market basket survey)가 이루어져야 한다. 그러나 경제적, 시간적 요건이 충족되지 못하기 때문에 위해평가가 요구되는 모든 농약에 대해 이러한 식이섭취 총량조사를 수행하기는 매우 어렵다. 더우기 새로운 농약의 도입시에는 극히 제한된 자료만이 있기때문에 이로부터 위험성을 추정하는 것은 거의 불가능하다.

인체피폭 평가를 가능한 한 식품소비시의 실제 잔류량 수준에서 평가해보고자 하는 생각하에 도입된 개념이 예상잔류추정치(anticipated residue estimates; ARE)이다. ARE로부터 인체피폭량을 계산한 값이 예상잔류농약 섭취량(anticipated residue contribution; ARC)인데 일반적으로 이 값은 TMRC보다 두세자릿수 낮은 값으로 실제 섭취량에 보다 근접한 추정치가 된다.

예상잔류추정치는 농산물의 소비시 음식중에 실제 잔류하는 농약잔류량에 대한 추정치이다. 이때 예상 잔류량의 추정을 위해서는 포장시험 잔류자료, 농약이 사용된 농작물의 비율, 그리고 저장, 운반, 조리가공중의 잔류농약 제거율 등이 고려되고 있다<sup>7)</sup>.

(1) 포장시험 잔류자료(field trial residue data)

EPA에서는 포장시험 잔류자료를 근거로 하여 식품중 농약의 허용량을 설정한다. 포장시험 잔류자료는 기후적, 지리적 특성때문에 통계적 분포를 나타내게 된다. 농약라벨에 따라 농약을 사용했을 때 잔류치가 허용량을 초과하지 않고 인체노출을 과장되게 평가하여 안전성을 확보코자 하는 의도하에 일반적으로 99 또는 99.9 백분위값(percentile value)에서 허용량을 채택한다. 따라서 위해평가에는 허용량을 사용하기 보다는 포장시험 잔류자료로부터 95 백분위값이나 평균치를 이용하는 것이 실제로 소비되는 식품중의 실제 잔류량에 접근할 수 있다.

(2) 농약이 사용된 농작물의 비율

농작물에 사용되는 농약사용량은 주기적으로 변하고 특히 살균제의 사용량은 기후조건에 따라 크게 변하므로 데이터 축적에 어려움이 있다. 그러나 허용된 작물에 특정농약을 100% 사용하는 일은 거의 없으므로 이용가능한 자료로부터 농약이 사용된 농작물의 비율을 고려하는 것이 잔류농약의 실제섭취량에 보다 가까워 질 수 있다.

(3) 저장, 운반, 조리가공중의 잔류량 감소

표 2. 유통경로 동안 채소중 chlorothalonil 잔류량의 감소변화<sup>6)</sup>

	Celery (ppm)	Cabbage (ppm)	Tomato (ppm)	Cucumber (ppm)	Average residue(%)
Tolerance	15.0	5.00	5.00	5.00	100.0
Average Residues*	4.07	1.54	2.12	0.69	28.5
Field Residues	2.30	0.79	0.87	0.17	13.0
Packing House	1.26	0.75	0.01	0.01	6.1
Grocery Store	0.48	0.11	ND	ND	1.5
Restaurant	0.12	-	ND	ND	0.4

\*From field trial data conducted to establish tolerances

ND: <0.01 ppm

식품원료중 잔류농약은 시간이 경과함에 따라 소실되며 수세, 다듬기, 데치기, 가열 등 조리가공중에 많은 양이 제거되는 것으로 알려지고 있다<sup>8)</sup>. 따라서 그러한 제거율을 고려하지 않은 인체피폭평가는 실제섭취량과 거리가 먼 결과를 초래할 수 밖에 없다. 보다 현실적인 인체피폭평가가 이루어지기 위해서는 조리가공에 의한 잔류농약의 제거율에 관한 정보가 이용될 수 있어야 한다. 그러나 현재로서는 농약성분의 종류, 식품의 종류, 그리고 조리가공 방법에 따른 자료가 부족한 실정이므로 이 분야에 대한 체계적인 연구가 절실히 요구되고 있다.

농작물의 수확직후 농장출하(farm gate)에서부터 소비단계에 이르기까지 농약잔류량의 변화를 추적해본 사례연구<sup>6)</sup>를 보면 인체피폭평가에 허용량을 사용하는 것이 얼마나 과장된 결과를 초래하는지 알 수 있다. 이 연구에서는 앞에서 언급한 포장시험 잔류자료, 농약이 사용된 농작물의 비율, 그리고 저장, 운반, 조리가공중의 잔류농약 제거율을 이용하여 예상잔류추정치와 예상잔류농약 섭취량을 계산하였다. 그리고 FDA surveillance data를 이용하여 계산한 섭취량과 비교하였다.

BRAVO 500(수화제, a.i., 40.4% chlorothalonil)을 토마토, 오이, 셀러리, 양배추에 사용하여 농장에서 수확직후로부터 포장공장(packing house), 식료품가게, 식당에서 셀러드로 조리되어 소비자에게 이용될 때까지 chlorothalonil의 잔류량을 추적하였다. 여기에서는 재배자가 BRAVO 라벨의 사용방법에 준하여

표 3. Chlorothalonil의 식이섭취량 평가<sup>6)</sup>

Compound-Commodity	µg/kg/day	% of TMRC
Tolerance	10.3	100.0
Average Residues <sup>+</sup>	2.7	26.4
Washing/Peeling/Processing	0.5	4.9
Reduction by non-application <sup>++</sup>	0.2	1.9

<sup>+</sup>From field trial data conducted to establish tolerances

<sup>++</sup>Reduction of residue by acreage not treated with the pesticide

적정량의 농약을 직접 사용하였고 가장 짧은 수확전살포금지기간(preharvest interval)에서 정상적으로 성숙된 농작물을 수확하였다. 포장공장에서 수세, 등급매김, 다듬기, 포장, 등의 간단한 가공조작이 가해졌다. 그 결과는 표 2, 3과 같다.

허용량, 포장시험 잔류자료로부터의 평균 잔류치(average residues)와 수확직후의 잔류치(field residues), 포장공장에서 출하직전에(packing house), 식료품가게의 판매대 위에 진열될 때, 그리고 레스토랑의 셀러드에서 각각 채취해서 chlorothalonil 함량을 분석하였다. 그 결과 식품중 chlorothalonil은 소비시에 허용량의 극히 일부(0.4%)만이 잔류됨을 알 수 있었다(표 2).

표 2의 결과로부터 식이 섭취량을 평가해 본 결과가 표 3이다. Chlorothalonil의 1인당 하루 섭취량은 0.20 µg/kg b.w./day로 FDA surveillance data와

농작물에 사용된 농약의 비율로부터 계산한 0.07 µg/kg/day와 유사한 결과를 나타냈다. 이와같은 사례 연구는 예상잔류추정치에 의한 인체피폭평가를 통해 실제적인 위해평가를 할 수 있는 가능성을 제시해 주고 있다.

식품중의 농약잔류량은 농장출하에서 부터 식탁에 올라갈 때까지 상당한 감소를 가져오므로 이러한 감소율을 감안한 인체피폭평가가 이루어져야 한다. 현재 미국 EPA에서는 농약의 허용량 설정시 그러한 잔류량 감소 자료를 이용하여 인체피폭평가를 시도 하고 있다. 먼저 TMRC에 의한 위해평가를 한 다음 문제성이 있으면 포장시험 잔류자료나 농약이 사용된 농작물의 비율을 고려해보고 조리가공중에 일어나는 제거율에 관한 자료가 있는한 이것을 감안하여 위 해평가를 한 다음 그래도 위해가능성이 문제시 되는 경우에는 농약의 사용허가를 보류하고 있다.

### III. 한국인을 위한 식품계수 (food factor)의 최적화<sup>9)</sup>

유해물질의 인체피폭평가에 필수적인 식품계수는 어떤 특정집단이 하루동안에 전형적인 식사를 통해 소비하는 개개 식품의 양이다. 식품계수는 식생활 패턴에 따라 달라지는 값이므로 인체피폭 평가시 대상집단에 따라 고유하게 적용되어야 한다.

미국 EPA에서는 식품소비량 자료로 USDA Nationwide Food Consumption Survey 자료를 이용한다. 이 자료는 복합식품(composite food dishes, 조리된 식사라는 뜻)으로 주어지기 때문에 EPA에서는 이것을 농산물 원료로 환산한 다음 1인당 1일 평균소비량으로 하여 인체피폭량을 평가하고 있다<sup>7)</sup>.

국내에서는 현재까지 유해물질의 기준설정이나 인체피폭평가에 있어서 합의된 식품계수를 이용하지 못하였고 연구자마다 다른 값을 사용하여 왔다. 그리하여 저자들은 국민영양조사보고서<sup>10)</sup>와 식품수급 표<sup>11)</sup> 그리고 기타통계자료<sup>12)</sup>를 활용하여 한국인을 위한 식품계수의 최적화를 시도하였다.

보건사회부가 매년 실시하는 국민영양조사보고에

표 4. 곡류의 1인당 1일 소비량 계산근거 (1980년대, g)

종 류	섭취량	공급량	보정치
쌀	353.7	350.3	—
보리쌀	14.1	20.4	—
밀(가루)	25.8	87.5	56.7
옥수수	0.9	45.9	23.4
기 타	0.2	1.9	1.1
곡류합계	394.7	506.0	449.0

표 5. 과일류의 1인당 1일 소비량 계산근거 (1980년대, g)

종 류	섭취량	공급량	보정치
사 과	39.9	31.1	—
배	9.2	5.8	7.5
감	9.4	3.9	6.7
포 도	?	5.5	2.8
복숭아	?	6.0	3.0
귤	4.9	16.5	10.7
참 외	?	6.3	3.2
수 박	?	13.9	7.0
딸 기	?	3.9	2.0
기 타	3.4	3.8	—
과일류 합계	62.0	96.7	86.2

표 6. 한국인의 식품군별 평균소비량(1인당 1일 g 수)

식품군	1970년대	1980년대
곡 류	483	449
두 류	28	54
감자류	78	55
과일류	56	86
채소류	230	268
육 류	28	52
우유류	7	35
어패류	50	75
유지류	7	18
해조류	2	3
조미료	33	25
음 료	102	120
합 계	1,104	1,240

근거하여 식품군별 및 식품종류별 평균섭취량을 1970년대와 1980년대로 나누어 계산하였고 그 값에 문제가 예상되는 식품에 대해서는 공급량자료에 의하여 보완하였다. 즉 섭취량이 공급량의 50%에 미달하거나 50%를 초과하는 경우에는 섭취량과 공급량의 두 값을 산술평균한 보정치를 소비량으로 하였다. 그 결과는 표 4 ~ 6과 같다.

#### IV. 식품중 잔류허용기준(residue tolerance in foods)의 국내외 현황과 문제점

식품중에 잔류하게 되는 농약으로부터 국민의 건강을 보호하기 위한 규제조치의 한가지 수단은 식품중 잔류허용기준의 설정이다. 그 기준치는 국민의 건강을 해치지 않으면서 병해충을 방제할 수 있을 만큼의 유효한 농약사용을 허가하는 수준으로 설정되어야 한다. 나라마다 식품 소비패턴이 다르고 농산물 생산에 요구되는 농약의 종류와 양이 각기 다르기때문에 잔류허용기준치에는 차이가 나타날 수 있다. 예컨대 허용기준치에서의 차이는 표 7에서 그 예를 볼 수 있는데 한국이나 일본은 미국에 비해 낮은 수준으로 설정되어 있음을 볼 수 있다. 농산물의 수출입시에 발생할 수 있는 무역마찰을 사전에 방지하기 위해서는 자국이나 타국의 허용기준치나 기준 설정방식에 대한 정확한 이해가 요구된다.

식품중 잔류농약의 허용기준치로서 FAO/WHO<sup>15)</sup>에서는 '최대잔류한도(maximum residue limit;

MRL)'를 설정하여 세계 각국이 이를 받아들여도록 권고하고 있다. 이에 따라 각 나라들은 FAO/WHO의 MRL를 참고로 하여 자국의 고유한 법적규제치를 설정하여 운용하려는 추세에 있다. 한편 미국<sup>16,17)</sup>에서는 '허용량(tolerance)'으로 명시하여 식품중 잔류농약을 규제하고 있다.

식품중 잔류농약의 허용기준 설정을 위해서는 기본적으로 포장시험에 의한 농작물중 잔류데이터와 독성학적 기준치인 ADI 값, 그리고 농약성분의 식이섭취량을 계산하기 위한 개별 식품소비량에 관한 정보가 필요하다.

FAO/WHO는 MRL를 설정하기 위해 각 나라에 'GAP(good agricultural practice)'하에서의 포장시험을 근거로 한 '실제잔류한도(practical residue limit; PRL)' 자료를 제출하도록 요구한다. GAP란 '사람의 건강에 전혀 해를 미치지 않으면서 농작물의 병해충을 방제하는데 필요한 최소한의 농약을 사용한다는 원칙하에 공식적으로 사용허가된 농약사용법(농약라벨)에 따른 농약사용으로 농작물을 재배함'을 의미한다. 농약라벨에 준하여 농약을 사용하였을 때 가장 높은 값의 농약잔류량이 반영되도록 최대 사용량(maximum application rate), 최대 사용빈도(maximum number of applications), 가장 짧은 살포금지기간(shortest preharvest time)으로 포장시험이 수행되어야 한다.

그 다음 PRL와 식품 소비량에 의해 이론적 최고 섭취량(TMRC)을 계산하고 그 값이 ADI 값보다 낮은

표 7. 국제기구와 몇 나라에서의 농약 잔류허용기준치의 비교<sup>13)</sup>

Pesticide	Commodity	Tolerance (MRL, ppm)			
		FAO/WHO <sup>14)</sup>	U S A	Japan	Korea
Diazinon	lettuce	0.7	0.7	0.1	0.1
Captan	apple	—	25	5.0	5.0
Malathion	strawberry	1	8	0.5	0.5
Carbaryl	potato	0.2	0.2	0.1	0.2
2,4-D	citrus	2	5	—	0.5
Thiabendazole	apple	10	10	3	—
Chloropropam	potato	—	50	—	2

수준이면 PRL이 MRL로서 무리없이 채택된다. FAO/WHO에서는 MRL을 설정할 때 나라마다 다른 GAP에 따라 각기 다른 값으로 제출된 PRL의 타당성을 검토하게 되는데 일반적으로 높게 나온 PRL 값을 채택하게 된다.

미국 EPA에서는 수확직후 농장출하시 원료 농산물(raw agricultural commodity; RAC)중에 잔류할 수 있는 농약의 최대한도로서 허용량을 정의하고 있고 농약의 오용이나 남용의 방지를 통해 식품공급원의 안전성을 확보하기 위한 수단으로써 운용하고 있다. 여기에서 주목해야 할 점은 FAO/WHO에서도 마찬가지로이지만 RAC 즉 비가식부위까지를 모두 포함하여 잔류허용기준을 적용하고 있다는 점이다. 이와 달리 국내에서는 잔류허용기준의 적용을 가식부위에 국한하여 적용하고 있을 뿐만 아니라 그 기준 설정에 있어서도 타국과 조금 다른 방식을 취하고 있다.

국내에서는<sup>18,19)</sup> 식품위생법에 근거하여 보건사회부와 농림수산부의 협의하에 농산물중 잔류허용기준을 설정하고 있다. 설정방식에서 다른 나라와 구별되는 차이점은 유통식품중 잔류농약의 모니터링 자료를 사용하여 그 기준을 설정한다는 점이다. 이때 설정과정을 보면 먼저 ADI 값을 이용하여 '이론적 농약잔류 허용량' [ $ADI(mg/kg/day) \times$  평균체중  $\div$  농산물 섭취량(0.83 kg)]을 계산한다. 이 값에 보정계수 [ $1 - (\text{식품계수}\% \div 100)$ ]를 곱하여 섭취량에 따른 식품별 잔류허용량을 다시 계산한다. 이와같이 보정한 값을 모니터링 자료(검색시료중 특이하게 높은 값을 제외한 최고 잔류량)와 비교하여 보다 낮은 값을 잔류허용량으로 채택한다(보정계수의 이론적 근거가 무엇인지 문제를 제기하고 싶다. 위의 방법이라면 단순히 잔류허용량을 낮추는 결과만을 가져온다).

한 작물에 같은 목적을 위해 여러가지 농약의 사용이 가능할 뿐만 아니라 시간이 경과됨에 따라 식품중 잔류농약은 소실된다. 따라서 모니터링 조사에 의한 어떤 농약성분의 잔류량은 대개 낮은 수치로 나타나고 이에 따라 계산한 잔류허용기준 또한 낮게

설정되게 마련이다. 모니터링조사에 의존한 허용기준 설정방식은 식품의 안전성 확보를 강화할 수 있을지는 몰라도 실제잔류한도(PRL)를 반영하지 못함으로써 안전사용기준에 따라 농약을 선량하게 사용했을 때 조차 기준치가 초과될 수 있는 소지를 가지고 있다. 더우기 허용기준 설정당시나 설정후의 식품중 검색자료를 보면 상당수의 시료에서 기준치를 초과한 예가 발표되고 있다고 한다<sup>2)</sup>. 여기에서 식품중 잔류농약의 모니터링 목적은 농약의 잔류기준을 설정하기 위함이 아니고 안전사용기준이 잘 지켜지고 있는지 그리고 초과여부를 감시하는데 있다는 점을 상기시켜야 할 것이다. 필요이상으로 낮게 설정된 잔류기준치에 의해 야기될 수도 있는 국내외적 문제를 사전에 방지하기 위해서는 허용기준 설정방식과 관련하여 충분한 재검토가 요구되는 것으로 사료된다.

일반적으로 잔류농약의 대부분은 비가식부위에 잔류된다<sup>20)</sup>고 보고 있기 때문에 잔류기준의 적용에서는 가식부 또는 비가식부에 대한 문제를 간과해서는 안된다. 국내에서는 가식부 적용을 원칙으로 하고 있기 때문에 당연히 잔류기준치가 낮아지기 마련이다. 그러나 잔류기준 설정시 가식부와 비가식부에 대한 잔류량 데이터가 활용되었는지 질문을 던지고 싶다. 한편 쌀에 대해서는 현미 기준으로 하고 있으므로 모든 식품에 대해 일관성있게 적용되어야 할 것이다.

## V. 수학적 모델링(mathematical modeling)에 의한 인체피폭평가

수확직후 농작물중의 농약잔류량을 수학적 모델링 기법을 이용하여 예측할 수 있는 가능성이 보고되고 있다<sup>21)</sup>. 그 예측치가 실제잔류량에 근접할 수 있는지의 여부는 농약 잔류에 영향을 주는 요인들에 대한 자료의 축적과 그에 적합한 수학적 모델의 개발에 달려있다. 그 요인들로는 농약의 물리화학적 특성, 농작물의 형태와 성분, 농약의 사용량, 사용횟수와 살포방법, 기후조건, 지리적 조건 등을 들 수 있다. 이러한 요인들이 모두 알려진다면 식량증산을 위해

충분한 농약을 사용하면서도 식품중의 잔류정도를 낮출 수 있을 것이고 포장시험에 필요한 농약이나 농작물의 선택에 도움을 주어 새로운 농약의 신속한 도입 또는 개발이 가능하게 될 것이다.

소비되는 음식물중의 농약잔류량을 가장 정확히 산출하는 방법은 total diet study를 수행하는 일이지만 재정적, 시간적 이유 등 많은 제한점이 있다고 이미 앞에서 언급한 바 있다. 더우기 새로운 농약의 도입시 필요한 인체피폭평가를 위해서 total diet study를 수행하는 일은 불가능하다. 따라서 앞에서 소개한 예상잔류추정치를 계산해보는 수밖에 없다. 소비시의 예상잔류량을 추정하기 위해서는 특히 조리과정중의 제거율에 대한 데이터가 필요하나 농약 성분의 종류, 식품의 종류가 매우 다양하기때문에 그 작업에는 막대한 경비와 인력이 요구된다. 그럼에도 불구하고 농약에 의한 위해평가가 사회적으로 요구되고 있으므로 조리가공에 따른 제거 자료가 가까운 앞날에 이용될 수 있어야 하다. 한 가지 제시될 수 있는 방법은 조리가공에 의한 제거 효과를 수학적 으로 모델링하는 것이다. 수확후의 농약 잔류량과 조리가공중의 제거율을 수학적 모델을 통해 예측할 수 있게 된다면 농작물중의 잔류농약을 보다 합리적으로 규제할 수 있을 것이고 유해물질로부터 우리의 건강을 보다 잘 지킬 수 있을 것이다.

## VI. 결 론

선진공업국가에서는 새로운 화학물질의 사용에 앞서 그 물질이 환경과 인체에 미치는 영향을 사전에 평가, 통제함으로써 부정(負的)영향을 미연에 방지하고자 하는 움직임이 지배적이다. 농약의 사용에 있어서도 새로운 농약은 물론이고 예전부터 사용되어 오던 품목까지도 과학적인 위해평가를 통해 안전성을 보장받하고자 하는 목소리가 높아지고 있다.

어떠한 유해물질이라 하더라도 인체에 대한 노출 없이는 위해도 없으므로 인체피폭평가는 바로 위해 평가라고도 말할 수 있다. 식품중 잔류농약에 의한 인체피폭평가는 식품중 농약의 잔류량과 식품소비

량에 의해 결정되는 것이며 두가지 정보의 정확성에 의존하게 된다. 현재 실제값에 가까운 자료를 이용한 위해평가를 하기위해 국내외에서 많은 연구노력이 경주되고 있다.

농약의 잔류허용기준 설정시에도 위해평가가 수반되며 농약의 사용측면이나 식품의 안전성확보 측면 모두를 만족시킬 수 있는 합리적인 법적기준을 설정함으로써 식량증산과 국민보건을 동시에 충족시킬 수 있어야 할 것이다.

## 문 헌

1. Klaassen, C.D., Amdur, M.O. and Doull, J. (1986): *Casarett and Doull's Toxicology-The Basic Science of Poisons*. 3rd ed., Mcmillan Pub. Co., New York.
2. 이서래 (1993): *식품의 안전성 연구*, 이화여대 출판부.
3. 이서래 (1991): *美國에서의 農藥문제와 規制현황*, 한국환경농학회지, 10(2), 178.
4. National Research Council (1987): *Regulating Pesticides in Food-The Dalaney Paradox*, National Academy Press, Washington DC.
5. Archibald, S.O. and Winter, C.K. (1989): Pesticide residues and cancer risks, *Calif. Agric.*, 43(6), 6.
6. Eilrich, G.L.(1991): Tracking the fate of pesticides from the farm gate to the table, in *Pesticide Residues and Food Safety*(Tweedy, B.G. et al. Eds.), Am. Chem. Soc. Symp. Series 446, 202.
7. Tomerlin, J.R. and Engler, R.(1991): Estimation of dietary exposure to pesticides using the dietary risk evaluation system, in *Pesticide Residues and Food Satety*(Tweedy, B.G. et al. Eds.), Am. Chem. Soc. Symp. Series 446, 192.
8. Elkins, E.R. (1989): Effect of commercial processing on pesticide residues in selected fruits and vegetables, *J. Assoc. Off. Anal.Chem.*, 72(3),



- 533.
9. 이서래, 이미경 (1993): 韓國人을 위한 食品係數의 最適化, 韓國환경농학회지, 12(2), 184.
  10. 보건사회부 (1973~1990): 국민영양 조사보고.
  11. 농촌경제연구원 (1973~1990): 식품수급표.
  12. 경제기획원 (1973~1990): 산업생산연보.
  13. Wehr, H.M. (1992): Pesticide residue regulations and the pacific rim, *Food Technol.*, **46**(3), 77.
  14. 유홍일, 이해근, 전성환 (1991): 農藥殘留分析方法, 동화기술, p.282.
  15. Maybury, R.B. (1989): Codex alimentarius approach to pesticide residue standards, *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **72**(3), 538.
  16. Trichilo, C.L. and Schmitt, R.D. (1989): Tolerance setting process in the U.S. Environmental Protection Agency, *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **72**(3), 536.
  17. Johnson, E.L. (1989): Pesticide residues, in *International Food Regulation Handbook: Policy, Science, Law* (Middlekauff, R.D. and Shubik, P., Eds.), Marcel Dekker, New York, p.253.
  18. 송병훈 (1992): 우리나라 農產物中の 殘留農藥과 安全性, 식품위생학회지, **7**(2,3), 921.
  19. 원경풍 (1992): 식품중 잔류농약, 영인과학 세미나 자료.
  20. 송병훈 (1992): 농산물중 잔류농약의 분해, 소실과 안전대책, 농약과 식물보호, **13**(3), 6.
  21. Spynu, E.I. (1989): Predicting pesticide residues to reduce crop contamination, *Reviews Environ. Contam. Toxicol.*, **109**, 89.