

식품첨가물의 섭취량 평가

Evaluation of Food Additive Intake

최 성 희

Sung-Hee Choi

식품안전정보원

National Food Safety Information Service

I. 서론

가공식품, 인스턴트식품 등으로 불리는 식품들이 식탁에 오르는 일이 많아졌고 매일 새로운 형태의 제품들이 쏟아져 나오는 요즘, 유통이나 보존, 기호도 등의 다변화로 인하여 식품첨가물의 필요성이 증가하고 있다. 식품첨가물은 식품을 제조 가공하거나 보존, 기호도 향상을 위해서 부득이 사용하게 되며, 가공식품의 섭취를 통해 일생 동안 섭취하므로 식품첨가물이 인체에 미치는 영향이 크다고 할 수 있다. 다른 화학물질들과 마찬가지로 식품첨가물도 목적하는 기능 이외에 인체에 바람직하지 못한 부작용을 일으키는 독성을 가질 수 있으므로 이들의 안전성에 대한 문제는 항상 소비자들의 관심이 되고 있다(1,2). 특히 최근

에는 식품첨가물에 대한 안전성 확인은 개별 첨가물의 안전성과 함께 인체에 직접적으로 영향을 미치는 식품첨가물의 섭취량에도 관심이 지속적으로 증대되고 있어 식품첨가물의 섭취로 인한 국민 건강에 미칠 위해 정도를 평가(risk assessment)하고 첨가물의 안전을 관리하기 위한 과학적 근거에 의한 첨가물의 일일섭취량(노출량평가)을 평가하고 국민들에게 알려주는 것은 매우 중요하다고 볼 수 있다(3). 식품첨가물의 독성은 동물실험을 통하여 평가되며, 그 사용량은 대상 식품의 품질 및 안정성 증가, 관능적 특성부여, 제조, 가공, 조리, 취급, 포장, 운송, 저장 시 보조역할 제공 등과 같은 기술적 효과를 위해 필요한 수준을 근거로 설정하고 있으나, 식품첨가물 섭취의 안전성 확보를 위해 첨가물의 사용기준 설정 시 예상 일일섭취량

*Corresponding author: Sung-Hee Choi
National Food Safety Information Service
5th Fl., Boryung Bldg., 136, Changgyeonggung-ro, Jongno-gu, Seoul 03127 Korea
Tel: +82-2-744-8170
Fax: +82-2744-8205
E-mail: shchoi@foodinfo.or.kr



을 추정하여 고려하도록 권장하고 있다(4).

II. 식품첨가물 섭취량 평가

1. 식품첨가물의 일일 섭취량 평가방법 선정

식품첨가물 섭취량 평가 방법은 한 단계 방법 혹은 두 단계 방법으로 분류할 수 있다. 한 단계 방법은 한 가지 데이터소스로부터 얻은 정보를 이용하는 것으로 식품첨가물 생산량 및 사용량을 이용하는 것이고, 두 단계 방법은 두 가지 데이터소스로부터 얻은 정보를 이용하는 것으로 식품의 섭취량과 식품 중의 첨가물 농도를 이용하는 것을 말한다. 후자의 경우 노출량 평가자는 식품첨가물 섭취량을 보다 정확히 평가하기 위해 식품섭취 데이터와 식품 중의 첨가물 농도에 관한 데이터를 어떻게 결합시킬 것인지를 신중히 결정해야 한다. 식품첨가물을 평가하는 모든 방법들은 계산 방법에 따라 차이가 다양하며, 모든 첨가물에 쉽게 적용시킬 수 있는 보편타당한 방법은 없다. 따라서 먼저 문제가 되는 첨가물을 선별하고 그 첨가물에 대해 보다 정확한 섭취량 평가를 행하는 방법을 융통성 있게 적용하는 것이 바람직하다(5, 6).

보통 첨가물의 섭취량 추정을 위해서는 두 가지 요소 즉 식품 중 첨가물의 농도와 식품의 소비량이 필요하므로 아래의 식에 따라 두 요소를 곱하여 섭취량을 산출한다.

$$\text{식품첨가물 섭취량} = \text{식품중의 첨가물 농도} \times \text{식품소비량}$$

여러 가지 식품에 첨가물이 사용되는 경우에는 각 식품으로부터 계산된 값을 합함으로써 계산된다. 섭취량 조사방법에서의 차이는 결합되는 두 요소의 종류에서의 차이에서 기인한다. 첨가물 농도 및 식품의 소비량 데이터는 경제적인 측면과 정밀성 정도에서 제각기 다양하다. 따라서 식품첨가물 일일섭취량 평가를 위해서는 두 가지의 데이터를 어떻게 도출하고 합리적으로 연결시킬 지의

검토가 필요하다.

2. 식품첨가물 섭취량 평가방법의 종류

1) Budget 방법에 의한 평가

FAO/WHO의 국제식품규격위원회는 식품첨가물 최대사용량에 계수를 적용하여 실제 소비되는 식품에 존재하는 식품첨가물의 수준을 산출한 Budget 방법론을 식품첨가물 섭취량 평가의 첫 단계로 제안하고 있다(4, 6). Budget 방법론은 1966년 덴마크의 Hansen에 의해 첨가물의 사용기준 설정을 위한 방법으로 제안되었고, 최근에는 이론적 최대 섭취량의 추정 및 위해 가능성이 있는 첨가물의 검색에도 활용되고 있다. 사람이 하루에 섭취하는 칼로리나 액상식품의 양은 식욕과 같증이라는 생리적 현상에 영향을 받아, 항상 일정한 수준 이하로 제한되게 되는데, 이와 같이 섭취 칼로리 및 액상 식품의 양이 제한되게 되면, 식품이나 음료를 섭취함에 따라 식품과 함께 섭취되는 식품첨가물의 양도 제한된다는 것이 Budget 방법론의 기본 이론이다. 즉, 사용 기준이 없는 식품 첨가물의 사용 기준을 설정할 때와 사용 기준이 있는 식품 첨가물의 최대 섭취량을 추정할 때, Budget 방법에서는 고형식품의 일일 최대 섭취량은 25 g/kg bw, 칼로리의 일일 최대 섭취량은 50 kcal/kg bw, 액상 식품의 일일 최대 섭취량은 100 mL/kg bw이고, 고형식품의 에너지 밀도는 2 cal/g 이라고 가정하고 계산에 의해 산출한다.

국내에서는 식품의약품안전청에서 Budget 방법을 검토하였으며, 그 내용은 다음과 같다(5, 6). 우선 신규 식품첨가물의 사용기준을 설정하고자 할 때, Budget 방법이 이용될 수 있는데, 표 1과 같이 한국인의 평균체중 55 kg을 근거로 하여 고형 식품 중 첨가물의 사용 기준을 ADI(JECFA) 곱하기 80 mg/kg 으로 설정하기 위해서는 첨가물 사용 식품의 최대 섭취량이 688 g/person/day (에너지 섭취율, 50%), ADI 곱하기 160 mg/kg으로 설정하기 위해서는 첨가물 사용 식품의 최대 섭

표 1. Budget method를 이용한 식품 중 식품첨가물 사용수준 평가

Maximum intake of solid food		Use level of food additives		Maximum intake of beverage		Use level of food additives	
g/kg bw/day	g/person/day	mg/kg		g/kg bw/day	g/person/day	mg/kg	
25.0	(100.0) ¹⁾	1,375.0	<ADI×40 ²⁾	100.0 ³⁾	5,500.0	<ADI×10	
12.5	(50.0)	688.0	<ADI×80	50.0	2,750.0	<ADI×20	
6.3	(25.0)	344.0	<ADI×160	25.0	1,375.0	<ADI×40	
3.1	(12.5)	172.0	<ADI×320	12.5	688.0	<ADI×80	

¹⁾ Maximum intake level of solid food, and percentage of energy intake from solid food.

²⁾ Refer to use level of food additives being less than ADI x 40.

³⁾ Maximum intake level of beverage.

취량이 344 g/person/day(에너지 섭취율, 25%), ADI 곱하기 320 mg/kg으로 하기 위해서는 172 g/person/day(에너지 섭취율, 12.5%)를 초과해서는 안 되고, 액상 식품의 경우에도 첨가물의 사용기준이 ADI 곱하기 10 mg/L가 되기 위해서는 첨가물 사용 음료의 최대 섭취량이 5,500 mL/person/day, ADI 곱하기 20 mg/L가 되기 위해서는 2,750 mL/person/day, ADI 곱하기 40 mg/L가 되기 위해서는 1,375 mL/person/day를 초과해서는 안 되도록 설정해야 한다. 이와 같이 첨가물 사용 식품의 최대 섭취량을 고려하여 표 1의 4개 그룹에 각각 할당될 수 있는 식품을 분류하여 측정한다.

한편, Budget 방법에 의해 도출된 표의 자료는 사용 기준이 있는 식품 첨가물의 경우, 그 사용 기준을 이용하여 이론적으로 식품 첨가물 최대 섭취량을 추정할 때에도 이용된다. 즉, 개별 식품 첨가물을 사용하는 고형 식품의 최대 섭취량이 25 g/kg bw/day 보다 작다면, 사용 기준의 평균치를 최대 사용량으로 정하고, Budget 계수는 40으로 설정하며, 최대 섭취량이 12.5 g/kg bw/day 보다 작다면 사용 기준의 평균치를 최대 사용량으로 정하고, Budget 계수는 80으로 설정하며, 최대 섭취량이 6.3 g/kg bw/day 보다 작다면 사용 기준의 평균치를 최대 사용량으로 정하고 Budget 계수는 160으로 설정하며, 최대 섭취량이 3.1 g/kg bw/day 보다 작다면 사용 기준의 평균치를 최대 사용량으로

정하고 Budget 계수는 320으로 설정한다. 액상 식품의 경우도 마찬가지로 방법으로 액상 식품의 전 소비량에 따라 Budget 계수를 10, 20, 40, 80으로 설정한다. Budget 계수를 산출한 이후에는 각 식품의 최대 사용량을 Budget 계수로 나누어 이론적 최대 섭취량을 추정하며, 이러한 방법에 의해 산출한 한국인의 이론적 최대 식품첨가물 섭취량 추정 결과는 1999년에 식품의약품안전청에 의해 발표되었다. 이 결과는 식품첨가물의 사용량이 최대한으로 높은 식품을 선택한 최악의 경우를 가정한 것으로 위해를 초기에 검색하기에 효과적이며 그 방법이 간단하고 경제적인 뿐만 아니라 상이한 식습관 패턴을 지닌 여러 지역을 상당히 포괄적으로 수용할 수 있다는 장점을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 반면에 결과가 지나치게 과장될 수 있기 때문에 실제 섭취량이나 위해성으로 간주되어서는 아니 되고 단지 보다 정밀한 조사를 위한 초기 검색 결과로서만 해석되어야 하는 점에 주의해야 한다(6-8).

2) 공급량에 의한 평가(Per capita approach)

공급량에 의한 평가는 가장 간단하고 경제적인 식품첨가물 섭취량 평가 방법이다. 이 방법은 식품첨가물이 같은 인구집단에 걸쳐 골고루 분포되어 있다는 가정 하에 노출량을 추정하는 방법으로서 식품첨가물을 사용한 식품의 섭취량에 대한 조사 없이 식품첨가물 생산량, 수출량, 수입량 등



통계자료로부터 얻은 개별 첨가물 생산량을 총 인구수로 나누어 1인당 평균 섭취량을 추정하는 방법이다. 그러나 많은 첨가물이 다양한 종류의 혼합물 형태로 판매, 유통되거나 식품첨가물 이외의 용도로 사용되기 때문에 실제로 식품에 사용하기 위해 생산된 첨가물의 양을 정확하게 파악하기 어려운 점이 있다(3, 6, 12).

$$\text{1인일 평균섭취량} = \frac{\text{1년 총 출하량(생산량-수출량)} + \text{1년 총 수입량}}{\text{인구수} \times 365(\text{1년}) \times 55(\text{표준체중 kg})} \times 1,000,000$$

(mg/kg bw/day)

3) 단순평가

식품 중 첨가물의 농도와 식품소비량에 의해서 산출되는 첨가물의 섭취량에는 이론적최대섭취량(theoretical maximum daily intake, TMDI)과 추정 섭취량(estimated daily intake, EDI)이 있다. TMDI는 각 식품 또는 식품군의 1인당 1일 평균소비량과 사용기준(maximum permitted level)의 곱에 의해 산출되며 대략적인 섭취량 추정치를 제공한다. 추정된 TMDI가 ADI 보다 크면 다음의 EDI의 추정을 시도한다. EDI의 추정을 위해서 식품의 평균소비량으로 더 정밀한 food category의 적용이 가능하다. EDI의 추정을 위해 이용되는 첨가물의 농도 자료로는 산업체에서 실제적인 첨가물의 사용수준이나, GMP에 따라 사용되는 첨가물의 사용수준이나, 필요한 경우에는 실제 사용수준을 적용한다. 추정된 EDI가 ADI 보다 크면 첨가물의 사용수준과 관련하여 식품산업체와 논의되어야 한다. TMDI나 EDI를 통하여 평가하는 방법은 Budget 방법처럼 결과가 과장될 수 있는 등 정확도가 떨어지기 때문에 실제 섭취량이나 위해성으로 간주되어서는 안되고 초기 검색으로서만 해석하여야 한다. 이 방법은 개별 가공식품에 대한 섭취량 자료가 부족하거나 식품첨가물 분석자료가 부족할 때 주로 이용되었으며 우리나라 및 일본에서도 이 방법으로 평가된 예가 있다(6,13).

4) 정밀평가

정밀평가방법이란 단순평가방법 보다 식이 섭취량 자료와 식품첨가물 사용량 자료를 좀 더 정밀히 보완하여 정확도를 높인 식품첨가물 섭취량 추정 방법이다. 식이 섭취량 자료는 그룹별 섭취량이 아닌 개별 식품별 섭취 자료를 이용하고, 식품첨가물 사용량은 일반 사용기준을 이용하거나 개별 식품에 함유된 첨가물 농도를 직접 분석하여 이용한다(6,9).

(1) 시장바구니 방법 (Market basket approach)

Total diet study라고도 불리는 이 방법은 개별 식품의 식품첨가물 함량을 직접 분석하여 구하는데, 이때 분석 대상 식품군은 전형적인 식이섭취패턴을 포함하는 대표식단으로부터 선택한다. 선택한 각 식품들은 섭취하기 직전의 형태로 조리한 후 식품그룹별(시리얼, 지방, 어류, 과일, 고기, 기름, 채소류 등)로 분류하고, 균질화하여 첨가물 농도를 분석한다. 이렇게 얻어진 식품그룹별 첨가물 농도와 평균 식품 섭취량을 곱하여 식품첨가물 섭취량이 산출된다. 국민 일인당 일일 평균 섭취량은 개별 식품군의 첨가물 섭취량의 합으로 산출된다. 이 방법은 반복조사 시 섭취량의 추이파악에 유용하며 주요 급원 식품군을 파악할 수 있고 바로 그 식품 중에 있는 첨가물의 양을 분석한다는 장점이 있다. 그러나 경비가 막대하므로 분석되는 식품의 총수에 제한이 있고, 우리가 관심 있는 첨가물을 사용한 다양한 식품을 대표식단에 많이 포함시킬 수 없으며, 식품중의 농도 분석 시 전체 식품군에서 첨가물의 농도는 희석되고 분석 검출한계 이하로 떨어질 수 있어서 첨가물 섭취량이 과소평가될 수도 있다(6,10).

(2) 식이조사에 의한 평가(Dietary survey approach)

이 방법은 회상법, 기록법, 빈도조사법등 식이 섭취 조사를 통한 식품섭취량 자료와 실험실 분석치로 얻어진 식품첨가물 농도를 곱해 식품첨가물의 섭취량을 추정하는 방법이다. 이 방법에 의

하면 평균 섭취자 뿐만 아니라 극단 섭취자의 식품 첨가물 섭취량 및 연령별, 집단별 식품첨가물 섭취량의 추정이 가능하다. 따라서 당뇨병 환자와 같이 특정 대상에 대한 식품첨가물 섭취량을 파악하기 위해서도 중요하게 이용되며, 비용, 시간, 노력이 많이 드는 단점이 있지만, 매우 정확하므로, 식품첨가물의 섭취량을 평가하기 위해 여러 나라에서 가장 널리 이용되고 있다(6,13).

(3) 중복 식이 평가(Duplicate meal approach)

이 방법은 유해물질의 독성에 민감한 집단, 고농도 유해물질에 노출될 가능성이 큰 집단, 유해물질의 급원 식품을 많은 양 소비하는 집단을 대상으로 하여 개인의 식사를 조사하는 것이다. 주부들이 섭취하는 모든 식품을 중복 식이로 저장하고, 저장된 샘플 식이들을 실험실에서 분석하여 식품첨가물의 섭취량을 구하는 방법으로 첨가물의 섭취량 조사를 위해 가장 정확한 방법이다. 개인의 다양한 섭취량 정보를 얻을 수 있다는 장점이 있지만 비용이 너무 많이 들고 샘플수가 제한될 수 있는 단점도 있다(5,6).

3. 식품첨가물 섭취량 평가에 영향을 미치는 주요 요소

식품첨가물 섭취량에 영향을 미치는 요인은 아래의 그림에서 보듯이 식품 중 식품첨가물의 함유량과 그 식품을 얼마나 섭취하는가에 달려있다. 즉, 첨가물로 인하여 노출되는 양의 정확한 예측과 판단에는 앞서 언급한 2가지 요인 즉 첨가물 농도와 식품섭취량에 대한 기초 자료가 얼마나 정확한가에 달려있다(3).

식품중의 식품첨가물 함량을 분석하는 데에는 첨가물의 사용실태를 통하여 사용량을 적용하는 방법, 식품첨가물 사용기준에 따라 법적으로 정해진 최대 사용량, 식품중의 식품첨가물 함량을 직접 분석하는 방법 또는 최종 소비전의 단계인 조리된 상태의 식품(음식) 중의 함유된 함량을 직접 분석하는 방법 등이 있을 수 있다. 어떤 방법을 적

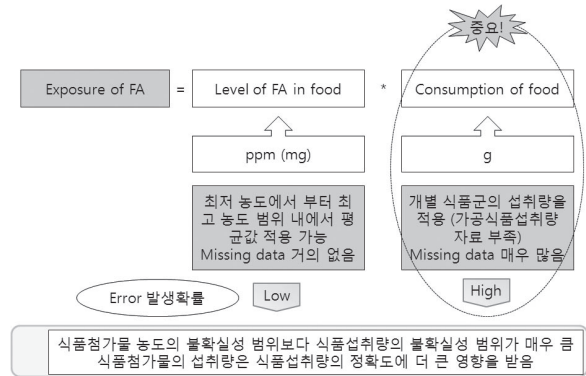


그림 1. 식품첨가물의 일일섭취평가에 영향을 미치는 요인

용하여 분석하더라도 식품첨가물의 함량은 대부분 milligram 수준의 범위 내에 있다.

이와는 반대로 식품첨가물이 사용된 가공식품의 섭취량은 gram 수준의 범위에 있고 또한 데이터의 소스에 따라 첨가물이 사용된 해당 식품섭취량이 없을 경우(이 경우 섭취량은 “zero”)가 있을 수 있어 앞서 설명한 식품중의 식품첨가물의 함량에 비해 이로 인한 오차가 크다고 할 있다(그림 1).

따라서 식품첨가물의 섭취로 인한 위해도를 정확하게 평가하기 위해서는 식품중의 식품첨가물 함량을 정확하게 파악하는 것이 중요하지만 첨가물이 사용되는 식품의 섭취량을 정확하게 파악하는 것도 매우 중요하다고 할 수 있다. 현재 우리나라의 국가 섭취량자료인 “국민건강영양조사”는 가공식품에 대한 DB가 구축되어 있지 않아 현재로서는 불확실성(uncertainty)이 매우 클 수 있다.

이런 개념을 기본적으로 이해한 가운데 현실적으로 현재 우리나라에서 가장 적합한 첨가물 섭취량평가를 위한 방법으로서 현 여건에서 수행 가능한 현실적인 국가 모델(안)이 제시되어 있다(3).

1) 식품첨가물의 사용농도 자료

(1) 식품첨가물의 일인당 소비량 자료(per capita disappearance data)

생산통계량은 첨가물의 섭취량을 추정하는데



있어 중요한 역할을 할 뿐 아니라 보다 정교한 분석을 필요로 하는 품목을 선별하는데 특히 유용하게 이용될 수 있다. 식품첨가물을 사용한 식품의 섭취량에 대한 조사가 없어도 개개의 식품 첨가물의 생산량을 알고 있다면 단순히 생산량을 인구수로 나눔으로써 인구집단의 평균섭취량을 추정할 수 있으며 여기에 시장분배비율(% market share)과 소비자 비율(% consumer)을 이용하여 데이터를 조정할 수 있다. 이 방법은 정확한 생산량 자료만 확보할 수 있다면 초기 선별(screening)을 위한 첨가물 섭취량 추정을 위해 편리하게 사용될 수 있으나 실제로 식품에 사용하기 위해 생산된 첨가물의 양을 정확하게 파악하기는 어렵다. 왜냐하면 많은 첨가물이 다양한 종류의 혼합물 형태로 판매되고 있으며, 여러 형태의 첨가물이 유통되거나 사용되는 단위가 통일되어 있지 못하고, 수입과 수출, 첨가물 사용의 신뢰성, 식품이외의 용도로 첨가물 사용 본질의 변화 등 때문이다.

또한, 이 방법을 통해 얻어지는 평균적인 첨가물 섭취량은 식습관의 다양성이나 비 평균섭취집단(non average) 또는 위험가능집단(at-risk group)의 섭취량은 추정하기 어렵다는 단점을 가지고 있으며 첨가물의 이용이 매우 제한되거나, 한정된 소비자만이 첨가물을 함유한 식품을 섭취할 경우엔 부적절하다.

이 방법은 식이섭취가 많은 첨가물을 가려내는데 유용하며 이러한 추정은 첨가물의 사용이 허용된 식품의 범주나 소비집단의 특성 같은 다른 정보가 유용할 경우에 더 가치가 있게 된다. 그러나 첨가물의 생산량을 이용하여 일인당 첨가물의 섭취량을 평가하는 방법은 단순히 첨가물 섭취량의 추정에 불과하며 위해성 평가에는 사용될 수 없다.

(2) 최대허용수준(Use of maximum permitted levels)

각 국가들은 모든 첨가물에 대하여 사용 가능한 식품과 사용 가능한 최대허용수준을 설정해 놓고 있다. 식품첨가물의 섭취량 평가 시 이 값은 첨가물 농도로 사용될 수 있으며 소비자가 ADI를 초

과할 위험에 처해 있는지 아닌지를 알아보기 위한 위해성 평가에 이용될 수 있다. 최대허용수준(Maximum Permitted Level : MPL)은 산업체와의 협의를 통해 정해지며 ADI를 초과할 염려가 없다면 특별한 기술적 효과를 수행하기 위해 필요한 수준으로 사용량이 설정되게 된다. 그러나 ADI를 초과할 가능성이 있을 경우엔 MPL이 줄거나 사용 자체가 금지된다.

어떤 첨가물의 사용이 허용된 모든 식품의 섭취량 자료와 조합하는 첨가물의 농도로 MPL을 사용하는 것은 특정 첨가물의 사용이 허용된 모든 식품이 그 첨가물을 포함하고 있다는 가정하에 이루어진다. 그러나 실제로 경제적인 이유와 여러 첨가물이 혼합되어 사용될 경우 생기는 상승작용 때문에 대부분의 첨가물은 MPL 수준으로 사용되지 않으며 따라서 MPL을 사용하여 섭취량을 평가할 경우 과장된 결과를 얻게 될 수 있다. 섭취량의 추정에서 MPL을 사용하는 것은 실제 사용에 대한 보다 정밀한 지식이 없을 때 규제되고 있는 수준이 소비자를 적절하게 보호하는지를 보여주는 유용한 방법이 될 수 있다.

(3) 기술적인 필요수준(Use of technological levels)

식품을 제조하는 기술자들은 특정식품에서 바람직한 색이나 풍미의 부여 및 보존 등 여러 효과를 제공하기 위해 사용되는 식품첨가물의 사용수준의 범위에 대한 정보를 제공할 수 있다. 이 방법은 MPL에 기초한 섭취량의 추정을 보다 정교하게 하는데 이용될 수 있다. 왜냐하면 이 방법은 광범위한 식품군에 법적으로 정해진 수준을 사용하는 것이 아니라 특정식품에 사용될 수 있는 첨가물의 수준을 추정하는 것이 가능하기 때문이다.

(4) 식품 제조자의 사용수준(Use of manufacturers data)

많은 첨가물들이 실제로는 다른 첨가물과 혼합하여 사용되는데 첨가물들은 대부분 다른 첨가물과 함께 사용될 때 상승효과를 갖게 된다. 따라

서 실제로 많은 식품이 기술적 효과를 발휘하기 위해 필요한 수준으로 첨가물을 포함하지는 않는다. 그런데 실제로 식품에 첨가되는 첨가물의 사용수준에 대한 정보는 식품의 생산자로부터만 얻을 수 있다. 이런 종류의 정보는 보다 정밀한 섭취량을 추정하는데 아주 유용하지만 비용이 많이 들고 자료수집이 매우 어렵다는 문제점이 있다. 왜냐하면 생산자들이 재료의 혼합비율 같은 상업적인 정보의 공개를 꺼려하기 때문이며, 상품의 구성비가 바뀌게 되면 수집된 자료는 낡은 것이 된다. 특히 소규모의 업체가 많이 있을 경우엔 더욱 어렵게 된다.

(5) 분석자료 (Use of analytical data)

개개의 식품이나 식품군 또는 평균적인 또는 위험 가능한 소비자가 실제로 섭취하는 것과 동일한 식사에 포함된 첨가물을 직접적으로 분석하고, 그 데이터를 이용하여 추정된 섭취량이 ADI와 비교된다. 이 때 분석대상 식품을 어떻게 선정하느냐에 따라 시장바구니 방법(market basket method), 이중일회섭취량 조사방법(duplicate meal approach) 등이 있다.

직접적인 분석에 의해 특정 첨가물의 섭취량을 평가하는 것은 비용과 시간이 많이 소모되기 때문에 모든 첨가물의 사용수준을 알아내기 위해서 사용될 수는 없고 예측이 어렵고 다양한 수준으로 폭넓게 분포하는 첨가물의 분석에 가장 적합하다. 예를 들면 환경오염물질이나 가공 또는 조리과정에서 그 농도가 크게 감소되는 화학물질들의 분석에 적합하다(3).

2) 식품섭취량 Data 자료

앞서 식품첨가물 일일섭취량평가방법 선정에서도 기술하였듯이 식품첨가물의 일일섭취량 평가 결과에 중요한 영향을 미치는 것은 식품중의 식품첨가물 농도보다는 해당 식품첨가물을 함유하고 있는 식품섭취량이 전체 결과에 미치는 영향이 크다. 이는 식품중의 식품첨가물 농도는 대

부분 kg 중 mg 수준으로 함유되어 있으나 식품 섭취량은 g 단위의 범위이기 때문에 각 값의 부정확도에 따른 최종 값의 결과에 식품섭취량이 중요한 변수임을 알 수 있다. 식품섭취량 자료는 식품공급량 조사(market disappearance), household 조사, household 혹은 개개인의 식품소비와 개인별 식품섭취조사 등 크게 4가지 영역으로 분류할 수 있다. 정밀한 일일추정섭취량평가에는 개인별 식품섭취량조사가 가장 유용하며 특히 일일평균섭취량뿐 아니라 일반적으로 섭취의 상위10% 이상으로 정의되는 극심한 소비자들의 섭취량, 남녀, 연령별 등 다양한 형태의 분석이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

개인별 섭취자료에 대한 장점에도 불구하고 시간적, 경제적 장점으로 인하여 자주 이용되고 있는 식품섭취량 조사 형태는 다음과 같다.

(1) Food supply survey / disappearance data

Food balance sheet 혹은 disappearance data로 불리는 식품공급량조사는 특별한 기간동안 한 나라의 식품공급량에 대해 조사하는 것이다. 미국의 식품공급량 조사는 미국의 economic research service에서 개발되었다. 유엔의 FAO에서 발간된 food balance sheet는 모든 나라들내의 식품공급량을 알 수 있다. 유럽의 food balance sheet는 OECD와 유럽연합의 통계국(EUROSTAT)에서 만들었다. 식품공급량 자료는 아래의 식을 이용하여 경제조사에 사용될 수 있다.

$$\text{식품이용성} = (\text{식품생산} + \text{수입량} + \text{beginning inventory}) - (\text{수출량} + \text{ending inventory} + \text{non-food used})$$

식품과 상품의 capita availability에 대한 평균은 그 나라 총 식품 이용량을 총인구수로 나눈으로써 계산된다. 이러한 조사는 실제 식품소비량보다는 식품이용성 혹은 disappearance(소실)에 대한 자료를 제공하지만 인구에 의해 소비되는 식품의 양을 간접적으로 평가하는데 이용된다. 몇몇 나라에서

는 식품공급 자료가 그 나라의 식품소비량을 나타내는 유일한 자료이다. 전 세계적으로 유사한 방법들이 사용되기 때문에 이러한 자료들은 국제간 비교 시에 이용된다.

그러나 식품 중 첨가물섭취량을 평가할 때 이 자료의 값은 몇 가지 이유에서 제한점을 갖는다. 첫 번째 가족 혹은 개인수준을 일반적으로 고려하지는 않는다는 것이다. 그러므로 식품공급 자료에 기초한 *capita* 섭취량평가는 실제 식품소비량조사 자료의 평가보다 높다. 또한 한 가지 더 중요한 점은 노출량을 평가할 때 식품의 소비자와 비소비자들은 구별하지는 않는다는 것이다. 그러므로 그 식품을 실제 소비하는 사람들의 섭취량을 결정할 수 없다. 비정기적으로 식품을 소비하는 그룹의 섭취량은 그것을 소비하는 사람들의 많은 섭취량으로 대체될 것이다. 섭취식품에 대한 개인의 편차를 평가하지 않아서 잠재적으로 민감한 하위그룹의 노출량을 평가할 수도 없으며 마지막으로 식품이용성은 일반적으로 원료성 농산물 제품으로 기록되기 때문에 식품의 다양한 가공형태를 구별할 수 없다. 일반적으로 미국 FDA에서 다른 자료로 계산된 노출량의 타당성을 체크할 때는 *disappearance data*를 이용한다. FDA에서 *disappearance data*만을 사용하는 경우는 드물지만 더 적당한 자료를 이용할 수 없거나 포함된 *substance*가 식품공급에 매우 넓게 분포되어 그 식품의 사용자 혹은 비사용자인지에 대한 의문이 생기지 않을 때에 사용되며 우리나라에서도 이론적 접근이나 기본적인 스크리닝 시 활용하고 있어 거의 사용하고 있지않은 방법이다.

(2) Household survey (Inventory)

*Inventory*는 가정에서 사용되는 식품이 무엇인지 고려하는 것이다. 즉, 어떤 식품이 가정에서 소비될 것인가? 식품이 구매, 재배와 어떤 다른 방식에 의해서 얻어질 것인가? 가정에서 소비되는 식품은 무엇인가? 식품이 가족구성원외의 손님에 의해서도 소비되는가? 동물들의 사료로 이용되는

량은? 등이다.

자료수집방법에 의해 *inventory*의 정확성은 다양하게 나타난다. 질문자는 식품의 형태(통조림, 냉동, 신선), 소스(재배, 구매 혹은 식품프로그램을 통해 제공된), 비용, 요리방법등에 대해 질문하거나 하지 않을 수 있다. 식품의 양은 구매하거나 재배한 식품의 비 가식 부위를 포함 혹은 제거와 요리 혹은 신선한 것으로 조사될 수 있다.

식품 공급조사와 같이 *household inventory*는 식품의 소비자 대 비소비자를 확인할 수 없고 식품의 실제소비자의 섭취량을 평가할 수 없다.

(3) Household or Individual food use

식품사용량 조사는 일반적으로 가정 혹은 가족단위로 수행되어져 왔고, 종종 경제관련 자료와 식량프로그램을 계획하기 위한 자료로 이용되어져 왔다. 식품의 양, *inventory*기록 혹은 *list-recall*과 같은 조사방법들은 조사기간 동안 집에서 섭취한 모든 식품들을 밝혀야 한다.

*Household food use*에 의한 자료는 식품의 총 섭취량 평가에 이용되거나 혹은 식품 구성성분의 섭취량 평가에 이용될 것이다. USDA는 *Household* 식품소비량조사를 1935년부터 매 10년마다 수행하였다. *Household food manager*가 인터뷰하여 가족특성, 쇼핑습관, *food assistance* 프로그램 참여도, 수입과 지출을 조사하였다.

몇 주 동안 *household food supply*에 사용된 식품들이 포함된다. 각 식품에 대해 사용량, 형태, 구입처, 구매단위, 가격 등을 기록한다. 비록 *household food*에 사용된 자료는 식품첨가물의 섭취량 평가와 같은 여러 목적에 따라 이용될 수 있지만, 이 조사를 통한 자료의 한계는 기록되어야 한다. 식품의 비 가식 부위는 대체로 고려되지 않으며 집 밖에서의 식품구매와 소비는 고려되거나 혹은 고려되지 않을 수 있다. 가정 내에서 식품의 이용자들을 구별하지 않고 개개인의 차이도 나타나지 않는다. 성별, 나이, 건강정도 등 다른 개인적 변수들에 따른 규모가 적은 인구 집단 섭취량은 기

준 비율에 의해 평가되거나 나이나 성별을 고려하지 않고 동등하게 평가한다.

(4) Individual Intake studies

개인섭취량 조사는 특별한 개인들의 식품소비량에 대한 자료를 제공한다. 개개인들의 식품 섭취량평가를 위한 방법들은 회상적(24시간 혹은 단기간 회상법, 식품 빈도와 식이습관)이거나 미래적(식이기록, 식사일기 혹은 duplicate법)이다. 가장 일반적인 방법은 식품 빈도조사와 식품소비량 조사이다.

① Food frequency questionnaire method(FFQ ; 식품 빈도 설문지법)

FFQ 혹은 설문지는 일반적으로 백가지 이하의 식품소비 빈도수를 결정하는데 이용된다. 이 회고적 방법은 일정기간동안에 개인이 어떤 식품을 얼마나 먹었는지 평가하는 것이다. 응답자들은 하루, 일주일 혹은 한 달 동안 각 식품을 얼마나 많이 섭취하는지 표시한다. semi-quantitative FFQ는 기술된 “중간”양과 비교함으로써 자신들이 일반적으로 섭취하는 양이 소, 중, 대인지를 표시함으로써 소비량을 평가하는 것이다. 중간사이즈는 일반적으로 전 인구의 평균섭취량에 따라 성별/나이에 상관없이 일정하게 정한 것이다.

FFQ는 상대적으로 적게 소비하는 식품섭취량에 대한 데이터를 수집하여, 만약 약간의 식품에만 첨가물이 존재하거나 식품 빈도조사가 그 식품의 주 고객에 맞게 디자인되어야 한다면 조심스럽게 FFQ를 수정함으로써 노출량 평가에 유용한 자료를 제공할 수 있다. 식품의 종류와 섭취량을 평가하기 위한 것인지 아닌지 상관없이 FFQ는 10분에서 15분 동안 작성해야 한다.

② Food Consumption survey method

식품소비 조사방법은 일정기간 동안 조사 참가자들의 기록으로 각 식품의 소비에 대해 조사하는 것이다. 기록은 회상법을 기본으로 하는데 24시간

회상(전날)과 식이기록 혹은 식이일기에 현재 소비하는 식품을 기록하는 것이다. 회상법은 기억에 의존하기 때문에 식품들이 양을 평가할 때는 종종 사진, 가정 측정, 2차원, 3차원적인 식품모델을 사용한다.

이 방법의 장점은 쉽게 시행할 수 있고 수행하는데 거의 20분정도 밖에 걸리지 않는다는 점이다. 회상법은 여섯 살 어린아이들도 할 수 있고, interview-administered recall법은 일반적으로 읽고 쓸 수 없는 인구집단 혹은 영어를 모르는 사람들을 위한 방법이다. 개개인들이 인터뷰에 응할 수 없을 때 혹은 나이나 질병, 또는 임시적으로 집에서 떠나 있는 경우에 대리응답(surrogate respondent)이 종종 이용된다.

회상법의 단점은 응답자의 기억력 때문에 잠재적 오차가 발생한다는 점이다. 소비한 품목을 잊어버리거나 혹은 응답자들이 조사기간 동안에 실제로 소비하지 않은 품목을 회상할 수 있다. 회상기억을 위해서 인터뷰하는 사람은 자주 잊어버리는 식품 혹은 음료들에 대해 조사를 해야 할 것이다. 그러나 이 시도들 또한 실제로 소비하지 않은 품목을 기록하는 잠재적 선입관을 줄 수도 있다.

식이기록과 일기 등은 현재 식품섭취에 대한 정보를 수집하기 위해 사용된다. 응답자들에게 특정기간 동안 그들이 소비한 식품과 음료들에 대해서 기록하도록 요구된다. 식이기록은 이틀에서 2주 동안에 조사에, 식이일기는 오랜 기간에 조사에 이용된다.

일반적으로 식품소비 종류와 양에 대한 정보를 상세하게 수집할 수 있는 24시간과 다른 단기간 회상법에 의한 자료와 식이기록, 일기자료는 식품첨가물의 섭취량 평가사용에 가장 정확하고 융통성이 있는 자료이다. 이러한 조사에서 얻어진 자료는 만성 혹은 급성노출량을 평가하고 평균과 분포를 계산할 수 있고, 나이, 성별, 임신여부, 인종배경과 다른 인구통계학적 차이를 가진 subgroup의 노출량을 평가하는데 이용된다(3).



III. 맺음말

식품첨가물의 섭취량을 정확하게 평가하고 국민들에게 과학적인 근거에 의한 정보를 주는 것은 가공식품의 섭취가 지속적으로 증대하고 있는 현대사회에서 매우 중요한 일이다. 최근 국내에서도 식품첨가물의 섭취량 평가에 대한 중요성을 인식하고 “한국인의 식품첨가물일일섭취량 조사연구”가 2006년 실시되어 섭취량평가에 필요한 “한국인의 식품첨가물 일일섭취량평가 지침서(안)”이 제시되었으며, 연구에서 제시한 섭취량평가 우선순위의 식품첨가물, 다빈도 사용 식품첨가물과 함께 제외국의 평가 동향, 안전성평가 결과 등을 참고하여 순차적으로 평가를 실시하고 있다. 그러나 식품첨가물의 정확한 섭취량평가를 위해서는 식품섭취량이 매우 중요한 요소이며 현재로서 전국적 수준에서 이루어진 식품섭취량에 대한 값은 24시간 회상법을 활용하는 국민건강영양조사 결과만이 유일하게 이용할 수 있는 섭취량 자료이다. 그러나 가공식품에 대한 자세한 섭취량 자료가 부족하여 실제로 가공식품중의 식품첨가물 함량의 데이터가 있어도 식품섭취량 자료가 없어서 결과적으로 섭취하지 않은 것으로 평가되어 섭취량이 과소평가될 수 있으며 이와는 반대로 최근 다양한 가공식품이 생산 소비되고 있으나 신속하게 식품코드로 반영되지 못하여 특정 가공식품섭취량이 없을 경우 그 범주에 속하는 유사한 식품섭취량을 적용하게 되면 실제보다 과대평가가 되는 경우도 발생되게 된다. 따라서 식품첨가물 일일섭취량의 정확한 평가를 위하여 장기적으로는 가공식품의 섭취량의 DB가 구축되어야 하고 또 이를 위해서 가공식품섭취량 조사가 국민건강영양조사 부분에 별도로 반영되어야 할 것이다.

더불어 국민들의 식품첨가물에 대한 우려를 반영하여 첨가물의 섭취량 평가는 지속되어야 하며 특히 섭취빈도가 높은 가공 식품에 사용되는 식품첨가물, 안전성에 대한 우려 정보가 발생하는 식품첨가물에 대해서는 최우선적으로 섭취량평가

를 실시하여 위해수준을 진단하고 이를 통해 위해관리를 신속하게 할 수 있도록 하여야 할 것이다.

IV. 참고문헌

1. Kim KH, Choi SH, Kim JW. Development of Dietary Education Materials on Food Additives for Elementary Students, *Journal of Korean Practical Arts Education*. 24: 65-82 (2011)
2. Choi SH, Shin JW, Suh HJ, Kim JW. Safety Re-evaluation of Food additives-About 32 Items contain Color, Korea Health Industry Development Institute. (2013)
3. Jo YH, Cha YS, Lee SJ, Noh JO. Daily Dietary Intake of Food Additive by Korean Population(I), Korea Health Industry Development Institute. (2004)
4. Park HK, Lee JO, Lee CW. Dietary Intake Methods for Estimating Food Additive Intake, *Food Science and Industry* 32: 72-85 (1999)
5. Gibney MJ. Dietary Intake Methods for Estimating Food Additive Intake, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 30. s31-s33 (1999)
6. World Health Organization, Food and Agriculture Organization. Food consumption and exposure assessment of chemicals, FAO/WHO Consultation, Geneva, Switzerland. (1997) (http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/63988/1/WHO_FSF_FOS_97.5.pdf)
7. ILSI Europe Food Chemical Intake Task Force. An evaluation of the budget method for screening food additive intake. (1997)
8. Yun HJ, Lee MK, Lee CH, Lee JO, Lee CW. Food Additive Use Standard Estimation and Daily Intake Estimation of 9 Items Food Additive by Budget Method, *Journal of Food Hygiene and Safety*. 14: 186-194 (1999)
9. Gibney MJ, Lambe J. Estimation of Food additives intake : methodology overview, *Food Additives & Contaminants*. 13: 405-410 (1996)
10. ITO Y. Daily Intakes of Food Additives in Japan-Determination, *Food Sanitation Research*. 45: 17-68 (1995)
11. European Food Safety Authority. Food Additives Intake Model (FAIM) Template- Version 1.0.12 (2012) (<http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/assets/faimtemplateinstructions.pdf>)
12. Choi SH, Weon J, Park HK, Moon GI, Kim MS, Lee MS. Survey of Food Additive Intake, *Food Science and Industry*. 42: 20-27 (2009)
13. ITO Y. Study of Food Additives Daily Intake in Japan-Determination (1976-1994). *Food Sanitation Research*. 45 (1995)