

식품첨가물 섭취량 조사

Survey of Food Additive Intake

최성희, 원준, 박혜경¹, 문귀임¹, 김민식¹, 이만솔*
 Sunghee Choi, Jun Weon, Hyekyung Park¹, Guiim Moon¹, Minsik Kim¹, Mansool Lee*

한국보건산업진흥원, ¹식품의약품안전청
 Korea Health Industry Development Institute, ¹Korea Food & Drug Administration

I. 서론

식품첨가물의 안전성 평가의 가장 기본이 되는 노출량 평가(Exposure Assessment)는 다른 오염물질과는 달리 식품첨가물의 경우는 대부분 식품(주로 가공식품)을 통해서 노출되는 것이 유일한 경로이기 때문에 식품첨가물의 일일 식이섭취량으로 위해도 평가를 대신할 수 있다. 섭취량 평가방법으로는 이론적 최대섭취량의 추정에 사용되는 Budget method와, 생산된 식품첨가물이 일정 기간 내에 사용된다는 가정을 이용한 Poundage method가 있다. 그리고 가장 정밀한 평가방법중의 하나인 Point estimation 방법은 식품 중 특정 첨가물의 농도와 식품섭취패턴을 이용하여 섭취량을 산출한다. 본 논고에서는 여러 가지 식품첨가물에 대한 노출량 조사 방법과 실제 조사방법 그리고 외국의 식품첨가물 노출량 결과와 비교하고 그 결과를 소개하고자 한다.

나로서 소비자가 하루에 섭취할 수 있는 식품의 양에는 한도(Budget)가 있으며 이 범위 내에서 식품첨가물의 사용량이 가장 높은 식품을 선택한다는 최악의 경우를 가정한 것이다. 본 방법은 식품첨가물의 섭취량을 손쉽게 얻을 수 있으나 지나치게 과장된 결과를 얻을 수 있다.

2. Poundage 방법

한 국가에서 생산된 식품첨가물이 전체 국민들이 골고루 섭취한다는 가정하에 섭취량을 평가하는 방법이다. 식품첨가물의 생산량은 식품의약품안전청에서 발표하는 식품 및 식품첨가물생산실적을 이용한다.

$$\text{식품첨가물섭취량(mg/kg)} = \frac{[(\text{생산량} + \text{수입량}) - \text{수출량}]/(\text{인구수} \times 363\text{일} \times 55\text{kg})}$$

II. 식품첨가물 섭취량 평가방법의 종류

I. Budget 방법

식품첨가물 섭취량 평가방법 중 가장 간단한 방법중 하

3. Point estimation 방법

식품섭취량 조사와 식품 내 식품첨가물 함량을 곱하여 식품첨가물 섭취량을 추정하는 방법으로 조사자 전체 평균 섭취량, 연령별, 성별 섭취량 등의 추정이 가능하다. 비

*Corresponding author: Mansool Lee
 Korea Health Industry Development Institute
 57-1 Noryangjin-Dong, Dongjak-Gu, Seoul, 156-800, Korea
 Tel: +82-2-2194-7345
 Fax: +82-2-824-1766
 e-mail: leems@khidi.or.kr

용, 시간, 노력이 많이 소요되는 단점이 있지만, 매우 정확한 결과를 얻을 수 있다.

III. 여러 가지 섭취량 평가 방법에 의한 식품첨가물 섭취량 계산

I. Budget method 를 이용하는 섭취량 평가 방법

Budget 방법은 첨가물의 최대사용기준에 따라 생산된 식품을 최대한 먹었을 때의 이론최대추정섭취량을 구하는 것이다. 식품첨가물 공전에는 식품첨가물을 사용할 수 있는 대상식품에 대하여 최대 사용량을 규정하고 있다. 식품 내에 들어 있는 식품첨가물의 양은 정해진 기준의 최대치라고 가정하고 그 양에 국민 1인당의 식품섭취량을 곱해, 이들 총계로부터 일일최대섭취량을 구한다. 따라서 일일최대섭취량을 구하는 방법은 아래와 같다.

특정 식품첨가물의 사용기준 허용치를 A mg/kg food

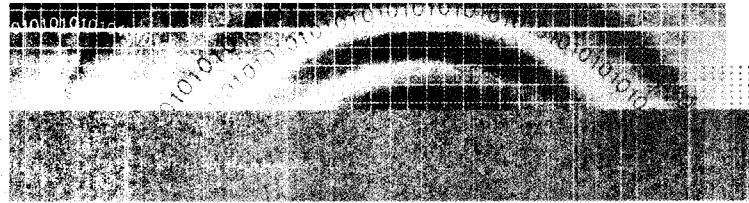
라고 하고 최대 에너지의 소비량은 체중 1 kg 당 50 kcal/day 이라고 가정할 때 이는 Budget method를 개발한 Hansen은 25 g food/day와 같다고 한다. 즉 하루에 체중 1 kg 당 25 g의 식품(고체)을 소비한다고 가정하는 것이다. 25 g의 food는 1/40 kg의 food로 바꾸어 줄 수 있다. 또한 식품첨가물은 가공식품에만 사용되며 섭취하는 식품의 50%가 가공식품이라고 가정한다. 그러므로 식품첨가물이 들어있는 식품의 일일 최대 섭취량은 1/80 kg food가 된다. 따라서 이론적인 식품첨가물의 일일최대섭취량은 아래와 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \text{체중 1 kg당 이론적인 식품첨가물의 일일최대섭취량} \\ & \quad \text{(mg/day)} \\ & = A \text{ mg/kg food (식품첨가물의 사용기준 허용치)} \\ & \quad \times \frac{1}{80} \frac{\text{kg food}}{\text{day}} \text{ (체중 1 kg 당 최대섭취량)} \end{aligned}$$

표 1. Food groups for application of Budget method in Korea.

사용제한	사용기준 (mg/kg, mg/L)	Budget method factor
<고형식품> I- 곡류 II- 육류, 어패류, 난류 III- ①감자 및 전분류 ②두류 ③김치류 ④건조절임과일 및 채소류 ⑤조미료류 ⑥(우)유류 ⑦유지류 ⑧당과류 ⑨건과종실류, 버섯류, 해조류 ⑩기타(어패류 염장품, 알로에겔 등)의 세 분류 중 두 분류 이상에 사용	< ADI × 80	80
(1) I에만 사용 (2) II에만 사용 (3) III에만 사용 (4) I이나 II 중 한 분류와 아래의 Budget method factor, 320이 적용될 수 있는 식품에만 사용	< ADI × 160	160
(1) III의 10 가지 식품군 중 한 식품군에만 사용 (2) III의 10가지 식품군에서 ③김치류와 ⑥(우)유류를 제외한 나머지 중 세가지 식품군 이하에만 사용	< ADI × 320	320
<음료> 모든 음료	< ADI × 10	10
대부분의 음료	< ADI × 20	20
비알콜성 음료 (우유제외, 맥주포함)	< ADI × 40	40
알콜성 음료 (맥주 및 탄산음료 제외)	< ADI × 80	80
강한 알콜음료 (spirits)	< ADI × 160	160

자료출처: 식품첨가물 사용기준의 국제화 사업(식품의약품안전청, 2000)



여기에서 $\frac{1}{80}$ kg food에서 사용된 '80'을 Budget method factor 라고 한다. 보통 흔하게 접하는 식품에는 이 수치를 그대로 사용하지만, 특정 식품에만 사용되는 첨가물의 경우에는 가중치를 두어서 '80' 대신에 '160' 또는 '320'을 사용한다. 이것에 대한 기준은 표 1과 같다.

고체식품과는 별도로 음료의 경우 일일 최대 섭취량은 체중 1 kg 당 100 mL/day 이라고 가정하며, 이는 1/10 kg · day 와 같다. 따라서 '모든 음료'에 사용되는 식품첨가물의 Budget method factor는 '10' 이 된다. 소비량이 적은 '강한 알콜음료'의 경우는 Budget factor를 '160'으로 규정하고 있다.

<실제 Budget method에 의한 계산 예>

현재 우리 나라에서 아질산나트륨이 사용이 허가된 식품은 식육가공품, 경육제품, 어육소시지, 어육류, 명란젓, 연어알젓이며 식품첨가물공전에 의한 평균 사용기준 허용치는 58.33 mg/kg food 이다. 아질산나트륨은 육류 및 어패류 등 특정식품에만 사용되므로 표 1에 의하여 Budget method factor는 '160'이 된다. 음료의 경우 허용된 대상식품이 없으므로 음료에서 섭취하는 양은 'zero' 이다. 따라서 Budget method 에 의한 아질산나트륨의 섭취량은 표 2와 같이 계산한다.

2. 'Poundage' (disappearance) data를 이용하는 섭취량 평가 방법

이 방식은 한 국가가 일정기간동안(보통 1년)에 국민일

인당 식품에 사용하기 위하여 제조한 식품첨가물의 양으로부터 식품섭취량을 추정한다. 여기에 고려해야할 요소로는 식품첨가물의 수입 및 수출량이 있다. 그리고 보관 하던 것을 사용하거나 또는 반대로 비축에 사용한 식품첨가물도 있으며 식품이외에 다른 품목에 사용되는 식품첨가물의 양도 고려할 요소 중 하나이나 이를 무시하였다. 표 3은 2006년 식품첨가물 생산실적 및 수입식품등 검사 연보 자료를 이용한 국민일인당 식품첨가물의 섭취량 평가자료이다.

Poundage method를 이용한 식품첨가물 섭취량 =

$$\frac{\text{연간수입량} + \text{년간총생산량} - \text{년간수출량}}{\text{인구수} \cdot \text{평균체중}(55 \text{ kg}) \cdot \text{년간일수}(365 \text{ 일})}$$

3. Point estimation을 이용하는 섭취량 평가 방법

식품첨가물 섭취량을 알 수 있는 가장 정확한 방법중의 하나인 Point estimation 방법은 식품섭취량 조사와 식품 내 식품첨가물 함량을 곱하여 섭취량 평가 결과를 얻을 수 있다. 이때 식품의 섭취량은 국민건강영양조사자료에서 구할 수 있으며, 식품첨가물 모니터링의 자료로부터 해당 식품첨가물의 함량을 이용할 수 있다(그림 1). 다만, 국민건강영양조사자료와 첨가물 모니터링자료는 서로 식품의 유형분류가 상이하야 이를 통일화 시키는 복잡한 작업이 필요하다.

표 2. Budget 방법에 의한 아질산나트륨의 이론적 최대 섭취량 평가

사용식품(사용기준, g/kg)	<식품분류>	아질산나트륨의 이론적 최대 섭취량
식육가공품, 경육제품(0.07), 어육소시지류, 어육햄류(0.05)	<육류, 어패류 및 난류>	○고형식품 - 사용기준 평균치 58.33 mg/kg - Budget method factor : 160 - 첨가물 섭취량 : $= \frac{58.33 \text{ mg/kg}}{160} = 0.36 \text{ mg/kg} \cdot \text{bw/day}$
명란젓(0.1), 연어알젓(0.01)	<기타>	
사용대상식품 없음		○음료 - 첨가물 섭취량 : 0 mg/kg · bw/day
아질산나트륨의 이론적 최대 섭취량 = 0.36 mg/kg · bw/day		

표 3. Poundage method 에 의한 2006년도 체중 1 kg 당 일일 식품첨가물의 섭취량 (mg)

용도	식품첨가물명	수입량 (Kg)	생산량 (Kg)	수출량 (Kg)	식품첨가물섭취량 ($\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{bw}/\text{day}$)
발색제	아질산나트륨	30,244	5,388	0	36.2
표백제	아황산나트륨	9,000			9.15
착색제	식용색소 적색 제102호	1,030			1.05
	식용색소 적색 제2호	2,015	59	0	2.11
	식용색소 적색 제3호	1,075	42	0	1.14
	식용색소 적색 제40호	4,430	54	0	4.56
	식용색소 청색 제1호	4,495	67	0	4.64
	식용색소 청색 제2호	200			0.203
	식용색소 황색 제4호	10,943	799	0	11.9
	식용색소 황색 제5호	7,235	85	0	7.44
보존료	식용색소 녹색 제3호	11	0	0	1.14
	데히드로초산		0	0	0
	데히드로초산나트륨	0	60	0	0.0610
	소르빈산	4,840			4.92
	소르빈산칼륨	869,490	9,833	0	894
	안식향산	900			0.915
	안식향산나트륨	172,286	1,314	12	176
	파라옥시안식향산메틸	0			0
	파라옥시안식향산부틸	18,600	9,820	0	28.9
	파라옥시안식향산에틸	17,700			18.0
파라옥시안식향산프로필	0			0	
산화 방지제	프로피온산	1,160			1.18
	디부틸히드록시톨루엔	3,020			3.07
	부틸히드록시아니솔	40			0.04
	터셔리부틸히드로퀴논	101			0.103
	몰식자산프로필	2,000	7	0	2.04
	이.디.티.에이.이나트륨	0			0
	이.디.티.에이.칼슘이나트륨	7,655			7.78
	에리쓰르빈산나트륨	51,750	2,849	0	55.5
L-아스코르빌파르미테이트	1,000			1.02	
감미료	삭카린나트륨	651,275	298,012	0	965
	아스파탐	45,197	64,788	0	111
	아세설팜칼륨	13,887	1,526	0	15.6
	수크랄로스	15,502	3,005	0	18.8
	글리실리진산나트륨		0	0	0
	글리실리진산이나트륨		0	0	0
	스테비오사이드	308,900	40,234	16,620	338

2006년 인구 수 : 48,991,779 명



그림 1. 식품공전으로의 유형 변환 및 코드 부여를 통한 국민건강영양조사자료와 국내 식품첨가물 모니터링 자료 결과에 대한 데이터베이스의 연결

<실제 Point estimation 방법에 의한 계산 예>

아질산의 국민 평균섭취량은 해당하는 식품의 섭취량에 대상식품의 아질산 검출농도를 곱하여 구한다. Point estimation 법에 의한 아질산의 국민평균 섭취량은 표 4와 같이 아질산염이 사용된 식품유형별 아질산염의 섭취량을 모두 합하여 총 아질산염 섭취량을 구한다.

4. 여러 가지 식품첨가물 섭취량 평가방법에 의한 섭취량

표 5는 Budget, Poundage 및 Point estimation에 의한 여러 가지 식품첨가물의 섭취량 평가결과를 나타낸 것이다. 가장 Budget 방법에 의한 결과치가 가장 높은 수치를 보이고 Poundage 방법이 그 다음을 나타내고 있다.

데히드로초산의 경우 Point estimation에 의한 결과가 Poundage 방법에 의한 섭취량보다 높는데 이는, 데히드로초산, 데히드로초산나트륨은 2004년도에는 10,000 kg 이 수입되었고 2005년에는 15,000 kg이 수입되었으나 2006년에는 수입된 양이 격감하여 이와 같은 결과를 나타내었다. 안식향산의 경우도 2004년도 수입된 안식향산 나트륨의 양은 227,531 kg 이며 2005년에는 410,636 kg 그리고 2006년에는 172,286 kg 으로 그 양이 격감되어 Poundage에 비하여 Point estimation 결과가 높게 나왔다. 프로피온산 및 기타 다른 식품첨가물의 경우에도 수입하는 양의 변화가 큰 경우 Poundage method의 결과 값에 커다란 영향을 미치는 것으로 나타났다.

IV. Point estimation법을 이용한 보존료 섭취량의 제외국과 비교

우리나라의 국민 건강영양조사를 통하여 얻어진 보존료의 연령별 식이섭취량 패턴을 이용하여 얻어진 섭취량과 제외국의 자료를 함께 비교한 결과는 표 6과 같다. 소르빈산, 안식향산의 경우 ADI를 초과하는 경우는 모두 없었으며 우리나라의 경우 소르빈산은 국민평균 섭취량은 ADI의 1.08% 정도이며 안식향산의 경우에는 ADI의 1.44% 였다. 프로피온산의 경우에는 ADI가 설정되어 있지 않다. 가장 높은 수치를 나타낸 것은 벨기에의 경우로서 상위 95th 섭취군에서 안식향산의 섭취량이 13-18세에서 ADI의 99.13%, 18-40세 성인에서는 ADI의 105.6% 나타내고 있다. 주요 섭취 식품은 비알콜성 음료

표 4. Point estimation 법에 의한 아질산의 국민평균 섭취량 (mg/kg · bw per day)

대상 식품	국민평균섭취량(g/day)	식품유형별 아질산염의 평균함량(mg/kg)	식품별 국민 평균섭취량 (µg/kg · bw/day)
햄류	3.009	9.1	0.4564
베이컨류	0.153	6.1	0.0156
소시지	1.082	8.8	0.1587
어묵	10.26	0.3	0.0171
젓갈류	0.17	3.8	0.0108
육포(쇠고기가공품)	0.01	1.2	0.0002
육가공품	0.195	11.6	0.0378
합 계	14.879	-	0.6966

로 알려져 있다.

V. 결론

주요 식품첨가물 평가방법중 Budget method에 의한

식품첨가물의 섭취량이 가장 많은 것으로 나타났으며 Poundage method 가 그 뒤를 이었다. 그러나 식품첨가물 생산 및 수출입 물량을 주요 인자로 하고 있는 Poundage method의 경우 생산 및 수출입 물량의 변화에 따라 변동성이 크게 나타났다. 이와 같이 Budget method와

표 5. 섭취량 평가 방법별 주요 식품첨가물의 섭취량($\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{bw}/\text{day}$)

식품첨가물 용도	식품첨가물명	식품첨가물 섭취량($\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{bw}/\text{day}$)		
		Budget 방법	Poundage 방법 (2006년 자료)	Point Estimation
발색제	아질산	360	36.2	0.697
표백제	아황산	23,550	9.15	0.152
착색료	식용색소 황색 제4호	-	11.9	0.910
	식용색소 황색 제5호	-	7.44	0.323
	식용색소 적색 제2호	-	2.11	0.116
	식용색소 적색 제3호	-	1.14	0.0055
	식용색소 적색 제40호	-	4.56	1.98
	식용색소 적색 제102호	-	1.05	0.0056
	식용색소 청색 제1호	-	4.64	0.334
	식용색소 청색 제2호	-	0.203	0.0002
보존료	식용색소 청색 제3호	-	-	0.0019
	데히드로초산	3,130	0.0610	1.34
	소르빈산	45,020	899	496
	안식향산	19,620	177	215
	파리옥시안식향산 에스테르류	5,010	46.9	5.01
항산화제	프로피온산	28,130	1.18	74.8
	디부틸히드록시톨루엔	4,430	3.07	0.750
	부틸히드록시아니솔	4,500	0.04	0.510
	터셔리부틸히드로퀴논	2,740	0.103	0.233
	에리쓰르빈산류	-	55.5	16.9
	이.디.티.에이.류	4,010	7.78	1.14
	몰식자산프로필	310	2.04	0
감미료	이스코르빌파르미테이트	900	1.01	0
	삭카린나트륨	15,310	965	52.3
	아스파탐	-	112	146
	수크랄로스	23,700	15.7	93.9
	스테비오사이드	-	338	85.9
	아세실팜칼륨	42,990	15.7	55.1

표 6. 주요 합성보존료에 대한 제외국과의 연령별, 성별 섭취량 및 상위섭취량에 대한 비교

첨가물명		Sorbic acid				Benzoic acid				Propionic acid	
ADI(mg/day/kg · bw)		25				5				-	
섭취량(mg/day/kg · bw)		평균		상위(95th)		평균		상위(95th)		평균	
대상연령	국가	섭취량	%ADI	섭취량	%ADI	섭취량	%ADI	섭취량	%ADI	섭취량	
영·유아	1~2	한국	1.18	4.7			0.54	10.8			0.22
	3~6		1.23	4.9			0.58	11.6			0.23
	1~3 (체중 15 kg)	EU		76				17~96			
	2.5~6.5	벨기에					2.4	47.2	5.9	118	
	2~5(남)	호주	3.2	10	9.9	40	2.3	45	7.2	140	
	2~5(여)	뉴질랜드	3.3	15	9.8	40	1.9	40	5.8	120	
	1~6	일본	0.82	3.3			0.04	0.7			0.01
어린이·청소년	7~12	한국	0.83	3.3			0.37	7.4			0.12
	13~19		0.55	2.2			0.30	5.9			0.11
	13	노르웨이		5.6		15.2		36		94	
	16~24			3.2		7.6		32		80	
	13~18	벨기에					2.1	43.1	4.88	99.13	
	6~12(남)	호주 뉴질랜드	1.9	8	6	25	1.6	30	5.1	100	
	6~12(여)		1.6	6	5	20	1.3	25	4	80	
	13~18(남)		1.1	4	3.7	15	1.1	20	3.6	70	
	13~18(여)		1.1	4	3.3	15	0.8	15	2.9	55	
	7~14	일본	0.43	1.7			0.03	0.7			0.01
15~19	0.49		1.6			0.02	0.5			0.01	
성인	20~29	한국	0.50	2.0			0.29	5.8			0.07
	30~49		0.40	1.6			0.15	3.0			0.05
	50~64		0.30	1.2			0.07	1.4			0.03
	성인 (체중 60 kg)	EU		Tier 1				6~84			
	16~24	노르웨이		3.2		7.6		32		80	
	25~44			2.8		6.4		28		64	
	45~66			2		4.8		20		46	
	18~40	벨기에					2.3	45.4	5.3	105.6	
	19세 이상(남)	호주	0.6	2	1.9	8	0.4	9	1.9	35	
	19세 이상(여)	뉴질랜드	0.6	2	2.2	9	0.4	8	1.7	30	
	20~64	일본	0.3	1.2			0.01	0.3			0.02
국민 1인당	0.27		1.08			0.07	1.44			0.06	
노인	64세 이상	한국	0.26	1.0			0.05	0.9			0.03
	67~79	노르웨이		2		4.4		16		36	
	60이상	일본	0.22	0.9			0.02	0.3			0.02

Poundage method에 의하여 간단하게 식품첨가물에 대한 일일섭취량을 추정할 수 있으나 여러 가지 단점을 지니고 있어서 다만 Screening method에만 적용되고 있다.

또한 주요 합성보존료에 대하여 Point estimation method에 의한 섭취량을 제외국과의 비교한 결과 조사방법 및 조사대상등에서 완전히 일치하지 않아서 직접적인 비교는 할 수 없으나 조사된 모든 국가에서 벨기에의 상위 섭취자 군을 제외하고는 ADI를 초과하는 경우는 없었다.

참고문헌

1. 윤혜정, 이미경, 이창희, 이종옥, 이철원. Budget 방법론에 의한 한국의 식품첨가물 사용기준평가 및 식품첨가물 9종에 대한 이론적 최대섭취량의 추정. 한국위생안전성학회지. 14(2):186-194(1999)
2. 식품의약품안전청. 한국인의 식품첨가물 일일섭취량 조사연구(I). 식품의약품안전청, 서울, 대한민국(2004-2007)
3. 식품의약품안전청. 2004년도 식품 및 식품첨가물 생산실적. 식품의약품안전청, 서울, 대한민국(2005-2007)
4. 식품의약품안전청. 수입식품 등 검사연보 제 7호. 식품의약품안전청, 서울, 대한민국(2005-2007)
5. 통계청. 시군구별 주민등록인구. Available from: <http://www.nso.go.kr/>. Accessed September. 19. 2008