J. Fd Hyg. Safety 21(2), 82–91 (2006)

합성 및 천연 식품첨가물의 납함량에 대한 여러 기관의 규격기준 및 납시험법 비교

신동화† · 김용석[1] · 정도영 · 이영환[2] · 방정호[2] · 엄애선[3] · 신재욱[4] · 이달수[5] · 장영미[5] · 홍기형[5] · 박성관[5] · 박성국[5] · 권용관[5]

전북대학교 응용생물공학부(식품공학 전공), [1]전북대학교 바이오식품 소재개발 및 산업화 연구 센터, [2](주)에이엔드에프, 3한양대학교 식품영양학과, [4]한국식품연구소, [5]식품의약품안전청 식품첨가물과

Comparison of Standard and Lead Limit Test of Various Institutes on Lead Limit of Synthetic and Natural Food Additives

Dong-Hwa Shin†, Yong-Suk Kim[1], Do-Yeong Jeong, Young-Hwan Lee[2], Jeong-Ho Bang[2], Ae-Son Om[3], Jae-Wook Shin[4], Tal-Soo Lee[5], Young-Mi Jang[5], Ki-Hyoung Hong[5], Sung-Kwan Park[5], Sung-Kug Park[5], and Yong-Kwan Kwon[5]

Faculty of Biotechnology (Food Science & Technology Major), Chonbuk National University, [1]Research Center for Industrial Development of BioFood Materials, Chonbuk National University, [2]A&F Co., [3]Dept. Food and Nutrition, Hanyang University, [4]Korean Association Food Research Institute, [5]Food Additives Division, Korea Food and Drug Administration

(Received May 6, 2006/Accepted June 18, 2006)

ABSTRACT – Standard and lead limit test in general test method of Korea, Japan, Joint FAO/WHO Expert Committee of Food Additives (JECFA), USA, and EU on synthetic and natural food additives were compared. There were found that the general test methods in 'Korea Food Additives Code' were different from standards of various institutes on lead limit test. For the lead limit test of food additives, Korea used dithizone method, Japan used atomic absorption spectrophotometry, and USA used dithizone method, flame atomic absorption spectrophotometric method, atomic absorption spectrophotometric graphite furnace method, and APDC extraction method. In addition, JECFA and EU used dithizone method and atomic absorption spectrophotometric method. The dithizone methods of Korea, USA, and JECFA were nearly identical. In the case of USA, JECFA, and EU, the analytical methods for lead limit test were shown in individual monograph. Lead limit test against 13 synthetic, such as magnesium stearate and L-cystine, and 12 natural, such as gua gum and diatomaceous earth, food additives distributed in Korea were performed by the analytical method of each institute. Although all institutes use various methods for analysis of lead, contents of lead in food additives tested fell into the standard of each institute.

Key words: synthetic food additives, natural food additives, lead limit test, general test method, food additives code

소비자의 기호도가 다양해짐에 따라 여러 종류의 가공식품이 생산되면서 가공에 필요한 식품첨가물이 새롭게 개발되고 있으며, 또한 많은 양의 식품첨가물이 사용되어 총 식이에서의 섭취량도 증가하고 있다.[1)] 식품첨가물의 지정 품목 수는 2001년 581품목,[2)] 2002년 601품목,[3)] 2004년 611품목[4)], 2006년(2006. 1. 현재) 623품목[5)]으로 최근 계속 증가하고 있지만 아직도 식품의 수출·입과 관련한 분야 중에서 통상마찰의 가능성이 큰 요인으로 자리 잡고 있다.

세계 무역 자유화를 위한 세계무역기구(WTO)의 출범과 함께 위생 및 식물 규제 조치 적용에 관한 협정(SPS협정)이 체결됨에 따라 각 회원국은 식품과 관련된 위생규제가 식품의 자유로운 교역에 장애가 되었다는 인식아래 기준 및 규격을 국제적인 기준이라고 할 수 있는 국제식품규격위원회(CODEX)의 기준 및 규격과 일치하거나 일치시킬 수 없는 경우에는 위해평가를 통한 과학적 근거를 제시하여야 한다. CODEX의 기준규격은 실제 각 회원국에 대하여 권고의 성

†Author to whom correspondence should be addressed.

격을 띠고 있으나 SPS협정이 발효됨에 따라 국제무역에서 통상마찰 발생시 CODEX의 기준에 의거 판단함으로써 이는 단순히 권고의 성격이 아니라 강제성을 지니는 국제규격이 되고 있다.[6)]

세계적으로 중금속의 위해성에 대한 관심은 계속 증가하고 있는 추세이며, 또한 기존의 식품첨가물 제조방법의 개선이나 원료의 제조방법 개선으로 지금까지 유통되던 첨가물의 형태에서 벗어난 새로운 제품이 개발되거나 기존 첨가물의 독성이 새롭게 발견되어 사용이 금지되고 있다. 따라서 현재의 식품첨가물에 대한 납시험법을 각 기관의 방법과 비교하여 더 정확하고 재현성이 있는 방법으로 개선할 필요가 있다.

또한 최근 소득수준이 향상됨에 따라 식품의 안전성에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이러한 경향에 따라 식품의 안전성과 사후관리 측면에서 식품첨가물의 분석이 매우 중요시되고, 식품과 식품첨가물에 대한 체계적인 정도관리를 통하여 분석의 효율적인 추진과 분석기술의 표준화를 도모하고 분석결과의 신뢰도를 높여야 한다.[7)]

식품첨가물에 대해서는 아질산 정량,[8,9)] 식용타르색소의 분석,[10-12)] 식품첨가물에 대한 정도관리,[7)] 식품첨가물중 불용성 광물성 물질의 특성,[13)] 섭취량 평가[14-16)] 및 첨가물의 안전성에 대한 인식[17,18)] 등에 대한 연구는 많이 이루어져 있다. 그러나 시험법의 개선에 대한 연구는 일부에 한정되어 수행되었으며,[12,19,20)] 식품첨가물 중의 납 함량에 대한 연구는 거의 이루어지지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 현행 식품첨가물공전의 일반시험법 중 납시험법에 대하여 국내에 유통되는 화학적합성품 13품목과 천연첨가물 12품목을 대상으로 한국, 일본, Joint FAO/WHO Expert Committee of Food Additives(JECFA), 미국 및 유럽연합(EU)의 규격 및 시험법에 따라 비교·분석하였기에 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

실험 재료

실험에 사용한 합성 및 천연 식품첨가물 25품목은 국내에 유통 중인 제품을 한국식품연구소(서울)에서 얻어 사용하였고, 분석용 시약들은 모두 1급 시약을 사용하였다.

납 규격 및 분석방법

식품첨가물의 납시험은 한국의 식품첨가물공전,[4)] 일본의 Japan's Specifications and Standards for Food Additives,[21)] JECFA의 Guide to Specifications 5 Rev. 2[22)] 및 Compendium of Food Additive Specifications Vol. 1, 2 and Addendum 10-12[23)], 미국의 Food Chemicals Codex,[24)] 및 EU의 EU Community Legislation on Food Additives[25)] 방법에 따라 비교·시험하였다.

분석시험 대상 품목의 도출

한국의 식품첨가물공전에 나타난 납시험법 해당 개별 품목은 총 147품목이었으며, 이 중 화학적합성품은 53.D-말티톨 등 72품목, 천연첨가물은 5.구아검 등 75품목이었다. 납시험법에 해당하는 147품목을 용도별로 분류(화학적합성품 16군, 천연첨가물 14군)하여 각 용도별로 실험적 검증 대상 품목을 선정하여 화학적합성품은 112.스테아린산마그네슘 등 13품목을, 천연첨가물은 5.구아검 등 12품목을 분석대상으로 하였다.

분석시험의 원칙

한국방법에만 있는 경우와 4 기관의 방법이 모두 같은 경우 한국방법에 따라 시험하였다. 일부 기관의 시험법이 같은 경우 한국 > 일본 > JECFA > 미국 > EU의 순으로 우선순위를 두어 시험하였으며, 다를 경우는 모두 시험하여 비교하였다.

결과 및 고찰

각 기관의 납시험법 비교

한국, 일본, 미국(FCC), JECFA 및 EU의 식품첨가물에 대한 납시험법을 비교한 결과는 Table 1과 같다. 식품첨가물의 납 함량을 측정하는 방법으로서 한국[5)]은 비색법에 의한 디티존법만을 채택하고 있으며, 일본[21)]은 원자흡광도측정법(분광광도계법)을, 미국[24)]은 개별품목에 따라 디티존법(비색법), 원자흡광도측정법(분광광도계법), 원자흡광도측정법(흑

Table 1. Comparison of lead limit test by various institutes

Item	Korea	Japan	USA	JECFA	EU
Lead limit test	Dithizone method	Atomic absorption spectrophotometry	Dithizone method Flame atomic absorption spectrophotometric method Atomic absorption spectrophotometric graphite furnace method APDC[a] extraction method	Dithizone method Atomic absorption spectrophotometric method	Dithizone method Atomic absorption spectrophotometric method

aAPDC: Amminium pyrrolidinedihiocarbamate.

Table 2. Lists and standard of synthetic food additives for lead limit test

No.	Item No.	Food additives	Standard				
			Korea (<ppm)	Japan (<μg/g)	JECFA (<mg/kg)	USA (<mg/kg)	EU (<mg/kg)
1	53	D-Maltitol	1 (D[a])	×[b]	1 (A[c])	1 (AF[d])	1 (A)
2	97	Disodium dihydrogen pyrophosphate	5 (D)	N[e]	5 (D)	2 (A)	5 (D)
3	98	Zinc oxide	10 (D)	×	×	10 (A)	×
4	109	Potassium hydroxide	10 (D)	10 (A)	10 (D)	2 (D)	10 (D)
5	112	Magnesium stearate	10 (D)	×	×	5 (D)	×
6	116	L-Cystine	10 (D)	N	×	5 (D)	5 (D)
7	149	Azodicarbonamide	10 (D)	×	10 (A)	5 (D)	×
8	151	β-Apo-8'-carotenal	10 (D)	×	10 (D)	10 (D)	10 (D)
9	167	Chlorine	10 (D)	×	10 (D)	10 (D)	×
10	174	Food starch, modified	2 (D)	×	2 (A)	1 (AP[f])	2 (A)
11	185	Silicone dioxide	10 (D)	N	10 (D)	5 (A)	5 (D)
12	192	Isomalt	1 (D)	×	1 (A)	×	1 (A)
13	201	Phosphoric acid	5 (D)	N	10 (D)	5 (AP)	5 (D)
14	202	Ferric phosphate	10 (D)	×	×	4 (AP)	N
15	205	Iron, electrolytic	20 (D)	×	×	4 (A)	×
16	209	Sodium phosphate, tribasic	10 (D)	N	×	4 (AP)	5 (D)
17	210	Potassium phosphate, tribasic	10 (D)	N	×	2 (AP)	5 (D)
18	211	Calcium phosphate, tribasic	5 (D)	×	10 (D)	2 (AP)	5 (D)
19	212	Sodium phosphate, dibasic	10 (D)	×	×	4 (AP)	5 (D)
20	214	Potassium phosphate, dibasic	10 (D)	×	×	2 (AP)	5 (D)
21	215	Calcium phosphate, dibasic	10 (D)	×	10 (D)	2 (AP)	5 (D)
22	216	Sodium phosphate, monobasic	10 (D)	×	×	4 (AP)	5 (D)
23	218	Potassium phosphate, monobasic	10 (D)	×	×	2 (AP)	5 (D)
24	219	Calcium phosphate, monobasic	5 (D)	×	10 (D)	2 (AP)	5 (D)
25	251	Carmine	10 (D)	×	2 (A)	2 (D)	10 (A)
26	282	DL-Phenylalanine	10 (D)	N	×	5 (D)	×
27	286	Polydextrose	0.5 (D)	×	0.5 (A)	0.5 (AF)	0.5 (A)
28	301	Ferrous fumarate	10 (D)	×	×	2 (A)	N
29	309	Sodium pyrophosphate	5 (D)	N	×	4 (AP)	5 (D)
30	310	Potassium pyrophosphate	10 (D)	N	×	2 (AP)	5 (D)
31	315	Iron, reduced	25 (D)	×	×	10 (A)	×
32	330	Ferrous gluconate	10 (D)	N	2 (A)	2 (A)	5 (A)
33	332	Potassium copper chlorophyllin	10 (D)	×	×	×	10 (D)
34	335	Modified hop extract	10 (D)	×	×	×	×
35	337	Magnesium oxide	10 (D)	N	10 (D)	4 (D)	10 (D)
36	339	Sodium lactate	5 (D)	N	10 (D)	2 (AP)	5 (D)
37	340	Manganese sulfate	10 (D)	×	×	4 (AP)	××
38	343	Sodium gluconate	10 (D)	10 (A)	2 (A)	2 (AP)	2 (A)
39	344	Copper gluconate	10 (D)	10 (A)	×	5 (D)	×
40	345	Manganese gluconate	10 (D)	×	×	2 (AP)	×
41	346	Zinc gluconate	10 (D)	N	×	2 (AP)	×
42	347	L-Glutamic acid	10 (D)	N	10 (D)	5 (D)	2 (D)
43	348	Monoammonium L-glutamate	10 (D)	×	×	5 (D)	2 (D)
44	349	Monopotassium L-glutamate	10 (D)	N	10 (D)	5 (D)	2 (D)
45	350	Potassium glycerophosphate	5 (D)	×	×	4 (D)	×
46	351	Calcium glycerophosphate	10 (D)	N	×	4 (AP)	×
47	352	Lactitol	1 (D)	×	1 (A)	×	1 (A)

Table 2. Continued

No.	Item No.	Food additives	Standard				
			Korea (<ppm)	Japan (<μg/g)	JECFA (<mg/kg)	USA (<mg/kg)	EU (<mg/kg)
48	353	L-Leucine	10 (D)	N	×	5 (D)	×
49	355	Maltitol syrup	1 (D)	×	1 (A)	1 (AP)	1 (A)
50	356	Calcium oxide	5 (D)	×	10 (D)	2 (D)	10 (D)
51	357	L-Serine	10 (D)	N	×	5 (D)	×
52	359	Magnesium hydroxide	10 (D)	×	10 (D)	2 (AP)	5 (D)
53	363	Ammonium alginate	5 (D)	×	5 (D)	5 (D)	5 (D)
54	364	Potassium alginate	5 (D)	×	5 (D)	5 (D)	5 (D)
55	365	Calcium alginate	5 (D)	×	5 (D)	5 (D)	5 (D)
56	366	L-Alanine	10 (D)	N	×	5 (D)	×
57	370	Magnesium phosphate, tribasic	5 (D)	×	×	2 (AP)	×
58	371	Magnesium phosphate, dibasic	2 (D)	×	×	2 (AP)	×
59	377	L-Proline	10 (D)	N	×	5 (D)	×
60	378	Ferric pyrophosphate	10 (D)	N	×	4 (A)	×
61	379	Sodium ferric pyrophosphate	10 (D)	×	×	4 (A)	×
62	386	Magnesium silicate	10 (D)	×	5 (A)	5 (D)	5 (A)
63	390	Potassium gluconate	10 (D)	10 (A)	2 (A)	2 (AP)	2 (A)
64	394	Potassium lactate	10 (D)	×	10 (D)	2 (A)	5 (D)
65	399	Sodium aluminium phosphate, acidic	10 (D)	×	10 (D)	2 (AP)	4 (D)
66	400	Sodium aluminium phosphate, basic	10 (D)	×	10 (D)	2 (AP)	×
67	402	Hydroxypropylmethyl cellulose	10 (D)	×	10 (D)	3 (D)	5 (D)
68	404	Calcium silicate	10 (D)	×	10 (D)	5 (A)	5 (D)
69	406	Methylethyl cellulose	10 (D)	×	10 (D)	3 (D)	5 (D)
70	408	Ethyl cellulose	10 (D)	×	10 (D)	3 (D)	×
71	412	Polyglycitol syrup	1 (D)	×	1 (A)	1 (A)	×
72	416	Sodium lauryl sulfate	5 (D)	×	×	2 (A)	×

[a]D: Dithizone method.
[b]x: No monograph.
[c]A: Atomic absorption spectrophotometric method.
[d]AF: Atomic absorption spectrophotometric graphite furnace method.
[e]N: No standard on lead limit.
[f]AP: APDC extraction method.

연로법), ammonium pyrrolidinedithiocarbamate(APDC) 추출법 등 4가지 방법 중 하나의 방법을 사용하도록 명시하였으며, JECFA[22]와 EU[25]는 개별품목에 따라 디티존법(비색법), 원자흡광도측정법(분광광도계법)을 채택하고 있다. 한국, 미국 및 JECFA의 디티존법은 거의 동일하였으며, 미국, JECFA 및 EU는 납 함량의 분석에 사용하는 방법을 개별품목에 별도로 나타내고 있다.

각 기관별 납시험법 해당 개별품목 및 규격기준

한국의 식품첨가물공전에 수재되어 있는 납시험법에 해당하는 개별품목의 목록과 이들의 규격기준을 각 기관별로 비교하였다.

한국[5]의 식품첨가물공전에 나타난 납시험법 해당 개별 품목은 총 147품목이었으며, 화학적합성품은 53.D-말티톨 등 72품목(Table 2), 천연첨가물은 5.구아검 등 75품목(Table 3)이었다.

화학적합성품의 경우(Table 2) 한국[5]의 식품첨가물공전에 나타난 72품목에 대하여 일본[21] 4품목, JECFA[23] 38품목, 미국[24] 68품목, EU[25] 43품목의 규격기준이 설정되어 있었다. 한국은 모두 디티존법을, 일본은 원자흡광도측정법(분광광도계법)을 사용하도록 되어 있었으며, JECFA의 경우 38품목 중 25품목은 디티존법을, 13품목은 원자흡광도측정법(분광광도계법)을 사용하였다. 미국의 경우 68품목 중 26품목은 디티존법, 13품목은 원자흡광도측정법(분광광도계법), 2품목은 원자흡광도측정법(흑연로법), 27품목은 APDC 추출법을 사용하도록 되어 있는데, 원자흡광도측정법(흑연로법)

Table 3. Lists and standard of natural food additives for lead limit test

No.	Item No.	Food additives	Standard				
			Korea (<ppm)	Japan (<μg/g)	JECFA (<mg/kg)	USA (<mg/kg)	EU (<mg/kg)
1	5	Gua gum	10 (D[a])	10 (A[b])	2 (A)	2 (A)	5 (A)
2	7	Diatomaceous earth	10 (D)	10 (A)	N[c]	10 (AF[d])	×
3	8	β-Glucanase	10 (D)	×[e]	N	5 (D)	×
4	9	Glucoamylase	10 (D)	×	×	5 (D)	×
5	10	Glucose oxidase	10 (D)	×	N	5 (D)	×
6	11	Glucose isomerase	10 (D)	×	N	5 (D)	×
7	12	Diastase (Diastatic powder, DP)	10 (D)	×	×	5 (D)	×
8	14	Lactase	10 (D)	××	×	5 (D)	×
9	18	Locust bean gum	10 (D)	10 (A)	×	5 (D)	5 (D)
10	20	Lipase	10 (D)	×	N	5 (D)	×
11	21	Lipase/Esterase (Forestomach)	10 (D)	×	N	5 (D)	×
12	23	Beewax	10 (D)	10 (A)	10 (D)	5 (D)	5 (D)
13	27	Bentonite	40 (D)	×	×	0.004%(A)	20 (D)
14	31	Acid clay	40 (D)	×	×	×	×
15	32	Xanthan gum	5 (D)	5 (A)	2 (A)	2 (A)	5 (A)
16	33	Petroleum wax	3 (D)	×	2 (A)	1 (D)	×
17	34	Cellulase	10 (D)	×	N	5 (D)	×
18	39	Curcumin (Turmeric oleoresin)	10 (D)	10 (A)	2 (A)	×	10 (A)
19	40	Arabic gum	10 (D)	10 (A)	2 (A)	5 (D)	5 (A)
20	41	α-Amylase, Nonbacterial (DU)	10 (D)	×	N	5 (D)	×
21	42	α-Amylase, bacterial (BAU)	10 (D)	×	N	5 (D)	×
22	44	Alginic acid	10 (D)	10 (A)	5 (D)	5 (D)	5 (D)
23	45	Oleoresin capsicum	10 (D)	×	×	5 (D)	×
24	46	Milk clotting enzyme	10 (D)	×	×	5 (D)	×
25	48	Inositol	10 (D)	×	×	4 (D)	×
26	49	Invertase	10 (D)	×	×	5 (D)	5 (D)
27	52	Gellan gum	2 (D)	2 (A)	2 (A)	2 (D)	2 (A)
28	54	Gibberelic acid	10 (D)	×	×	5 (D)	×
29	55	Caffeine	10 (D)	×	×	1 (A)	×
30	59	Carnauba wax	10 (D)	×	2 (A)	5 (D)	5 (A)
31	60	Carrageenan	10 (D)	×	5 (A)	×	5 (A)
32	61	Caramel color	2 (D)	2 (A)	2 (A)	2 (AP[f])	×
33	62	Karaya gum	10 (D)	10 (A)	10 (D)	2 (D)	5 (D)
34	65	Catalase	10 (D)	×	N	5 (D)	×
35	67	Cochineal extract	10 (D)	10 (A)	2 (A)	×	10 (A)
36	74	Tannic acid	10 (D)	×	10 (D)	2 (D)	×
37	75	Talc	10 (D)	10 (A)	2 (A)	5 (D)	5 (A)
38	76	d-Tocopherol concentrate, mixed	10 (D)	×	2 (D)	2 (A)	5 (D)
39	77	d-α-Tocopherol concentrate	10 (D)	N	2 (A)	2 (A)	5 (A)
40	78	Tragacanth gum	10 (D)	10 (A)	10 (D)	2 (A)	×
41	79	Trypsin	10 (D)	10 (A)	×	5 (D)	×
42	80	Oleoresin paprika	10 (D)	×	×	5 (D)	×
43	81	Perlite	10 (D)	10 (A)	×	10 (D)	×
44	82	Pectinase	10 (D)	×	N	5 (D)	×
45	83	Pectin	10 (D)	10 (A)	5 (A)	5 (A)	5 (A)
46	84	Pepsin	10 (D)	10 (A)	N	5 (D)	×
47	86	Pullulanase	10 (D)	×	×	5 (D)	×

Table 3. Continued

No.	Item No.	Food additives	Standard				
			Korea (<ppm)	Japan (<μg/g)	JECFA (<mg/kg)	USA (<mg/kg)	EU (<mg/kg)
48	87	Protease, fungal (SAP)	10 (D)	×	×	5 (D)	×
49	88	Protease, fungal (HUT)	10 (D)	×	×	5 (D)	×
50	89	Protease, bacterial (PC)	10 (D)	×	×	5 (D)	×
51	90	Plant protease (PU)	10 (D)	×	×	5 (D)	×
52	92	Hemicellulase	10 (D)	×	×	5 (D)	×
53	98	Active carbon	10 (D)	10 (A)	10 (D)	10 (D)	×
54	100	Yeast extract	3 (D)	×	×	2 (A)	×
55	102	Spice oleoresins	10 (D)	×	×	5 (D)	×
56	103	Dextranase	10 (D)	×	×	×	×
57	104	Maltogenic amylase	10 (D)	×	N	5 (D)	×
58	105	Exomaltotetrahydrolase	10 (D)	×	×	×	×
59	106	Transglucosidase	10 (D)	×	×	5 (D)	×
60	107	Phospholipase A2	10 (D)	×	×	5 (D)	×
61	108	Glucomannan	10 (D)	×	×	×	×
62	112	Alfalfa extract	10 (D)	×	×	×	×
63	115	Grapefruit seed extract	5 (D)	×	×	N	×
64	117	Tea extract	10 (D)	×	×	×	×
65	118	Masticatory substances, natural	3 (D)	×	×	3 (D)	×
66	127	D-Ribose	10 (D)	×	×	×	×
67	158	Dammar gum	5 (D)	×	10 (D)	5 (D)	×
68	159	Chitosanase	10 (D)	×	×	×	×
69	160	Smoke flavors	2 (D)	×	2 (A)	×	×
70	166	Transglutaminase	10 (D)	×	×	5 (D)	×
71	178	Erythritol	0.5 (D)	×	0.5 (A)	1 (A)	×
72	183	Pancreatin	5 (D)	×	×	5 (D)	×
73	189	Dextran	10 (D)	×	×	×	×
74	190	Tea catechin	10 (D)	×	×	×	×
75	195	Maltotriohydrolase	10 (D)	×	×	5 (D)	×

[a]D: Dithizone method.
[b]A: Atomic absorption spectrophotometric method.
[c]N: No standard on lead limit.
dAF: Atomic absorption spectrophotometric graphite furnace method.
[e]x: No monograph.
[f]AP: APDC extraction method.

은 검체 중 납함량이 1 mg 이하/kg인 경우 사용하도록 권장하고 있다. EU의 경우 43품목 중 33품목은 디티존법, 10품목은 원자흡광도측정법(분광광도계법)을 채택하고 있었다. 각 개별품목의 납 한계치에 대한 규격기준은 각 기관에 따라 다른 것으로 나타났다.

천연첨가물의 경우(Table 3) 한국의 식품첨가물공전에 해당하는 개별품목은 75품목으로 나타났으며, 이들 품목에 대해 일본 19품목, JECFA 23품목, 미국 60품목, EU 18품목의 규격기준이 설정되어 있었다. 한국과 일본의 시험방법은 화학적합성품의 경우와 같으며, JECFA의 경우 23품목 중 8품목은 디티존법을, 15품목은 원자흡광도측정법(분광광도계법)을 사용하였다. 미국의 경우 60품목 중 48품목은 디티존법을 사용하여 개별품목 대부분이 해당되었고, 원자흡광도측정법(분광광도계법) 10품목, 원자흡광도측정법(흑연로법) 1품목, APDC 추출법 1품목이 해당되었다. EU의 경우 18품목 중 7품목은 디티존법, 11품목은 원자흡광도측정법(분광광도계법)을 채택하고 있었다. 각 개별품목의 납 한계치에 대한 규격기준은 화학적합성품과 마찬가지로 각 기관에 따라 다른 것으로 나타났다.

납시험법 해당 개별품목의 용도별 분류

한국의 납시험법에 해당하는 147품목을 용도에 따라 화학적합성품은 16군, 천연첨가물은 14군으로 분류하였다(Table 4). 화학적합성품은 주로 강화제(18품목), 산도조절제(15품목), 유화제(6품목), 감미료(5품목) 등으로 분류되었으며, 천연첨가물은 효소가 32품목으로 가장 많았고, 증점제(13품목), 착색료(6품목), 여과보조제(6품목) 등으로 분류되었다.

납함량 측정

식품첨가물 25품목(112.스테아린산마그네슘 등 화학적합성품 13품목과 5.구아검 등 12품목의 천연첨가물)에 대하여 각 기관의 시험법에 따라 납함량을 분석한 결과는 Table 5와 같다.

Table 4. Classification with the uses of food additives for lead limit test

Use	Synthetic additives	Amount	Natural additives	Amount
Sweetener	53.D-Maltitol, 192.Isomalt, 352.Lactitol, 355.Maltitol syrup, 412.Polyglycitol syrup	5	127.D-Ribose	1
Enriched agent	98.Zinc oxide, 202.Ferric phosphate, 205.Iron, electrolytic, 282.DL-Phenylalanine, 286.Polydextrose, 301.Ferrous fumarate, 315.Iron, reduced, 340.Manganese sulfate, 344.Copper gluconate, 345.Manganese gluconate, 346.Zinc gluconate, 350.Potassium glycerophosphate, 353.L-Leucine, 357.L-Serine, 366.L-Alanine, 377.L-Proline, 378.Ferric pyrophosphate, 379.Sodium ferric pyrophosphate	18	48.Inositol	1
Anti-caking agent	185.Silicone dioxide, 337.Magnesium oxide, 386.Magnesium silicate	3		
Bitter agent			55.Caffeine	1
Brightener			23.Beewax, 33.Petroleum wax, 59.Carnauba wax	3
Sequestrants	343.Sodium gluconate, 390.Potassium gluconate	2		
Chewing gum base			118.Masticatory substances, natural	1
Flour-improving agent	116.L-Cystine, 149.Azodicarbonamide, 167.Chlorine	3		
Color fixing agent	330.Ferrous gluconate	1		
Anti-oxidant synergist	339.Sodium lactate	1		
Anti-oxidant	359.Magnesium hydroxide	1	76.d-Tocopherol concentrate, mixed, 77.d-α-Tocopherol concentrate, 117.Tea extract, 190.Tea catechin	4
Stabilizer	174.Food starch, modified, 402.Hydroxypropylmethyl cellulose, 406.Methylethyl cellulose, 408.Ethyl cellulose	4		
Acidity regulator	109.Potassium hydroxide, 201.Phosphoric acid, 209.Sodium phosphate, tribasic, 210.Potassium phosphate, tribasic, 211.Calcium phosphate, tribasic, 212.Sodium phosphate, dibasic, 214.Potassium phosphate, dibasic, 215.Calcium phosphate, dibasic, 216.Sodium phosphate, monobasic, 218.Potassium phosphate, monobasic, 219.Calcium phosphate, monobasic, 356.Calcium oxide, 370.Magnesium phosphate, tribasic, 371.Magnesium phosphate, dibasic, 394.Potassium lactate	15		
Filter aid			7.Diatomaceous earth, 27.Bentonite, 31.Acid clay, 75.Talc, 81.Perlite, 98.Active carbon	6
Emulsifier	97.Disodium dihydrogen pyrophosphate, 112.Magnesium stearate, 309.Sodium pyrophosphate, 310.Potassium pyrophosphate, 399.Sodium aluminum phosphate, acidic, 400.Sodium aluminum phosphate, basic	6		
Seasoning	347.L-Glutamic acid, 348.Monoammunium L-glutamate, 349.Monopotassium L-glutamate	3		
Thickener	351.Calcium glycerophosphate, 363.Ammonium alginate, 364.Potassium alginate, 365.Calcium alginate	4	5.Gua gum, 18.Locust bean gum, 32.Xanthan gum, 40.Arabic gum, 44.Alginic acid, 52.Gellan gum, 60. Carrageenan, 62.Karaya gum, 78.Tragacanth gum, 83. Pectin, 108.Glucomannan, 158.Dammar gum, 189.Dextran	13
Color	335.Modified hop extract	1	39.Curcumin, 45.Oleoresin capsicum, 61.Caramel color, 67.Cochineal extract, 80.Oleoresin paprika, 112.Alfalfa extract	6

Table 4. Classification with the uses of food additives for lead limit test

Use	Synthetic additives	Amount	Natural additives	Amount
Flavor			160.Smoke flavors	1
Fining agent			74.Tannic acid	1
Flavor enhancer			100.Yeast extract, 178.Erythritol	2
Enzyme			8.β-Glucanase, 9.Glucoamylase, 10.Glucose oxidase, 11. Glucose isomerase, 12.Diastase, 14.Lactase, 20.Lipase, 21. Lipase/Esterase, 34.Cellulase, 41.α-Amylase, nonbacterial (DU), 42.α-Amylase, bacterial(BAU), 46.Milk clotting enzyme, 49.Invertase, 65.Catalase, 79.Trypsin, 82.Pectinase, 84.Pepsin, 86.Pullulanase, 87.Protease, fungal(SAP), 88. Protease, fungal(HUT), 89.Protease, bacterial(PC), 90.Plant protease, 92.Hemicellulase, 103.Dextranase, 104.Maltogenic amylase, 105.Exomaltotetrahydrolase, 106.Transglucosidase, 107.Phospholipase A2, 159.Chitosanase, 166.Trans- glutaminase, 183.Pancreatin, 195.Maltotriohydrolase	32
Others	404.Calcium silicate, 416.Sodium lauryl sulfate	2	54.Gibberelic acid, 115.Grapefruit seed extract	2
Sum		72		75

Table 5. Results of lead limit test method by various institutes

Type	Item No.	Food additives	Korea		Japan		USA		JECFA		EU	
			Standard (<ppm)	Result	Standard (<μg/g)	Result	Standard (<mg/kg)	Result	Standard (<mg/kg)	Result	Standard (<mg/kg)	Result
Syn-thetic	112	Magnesium stearate	10 (D[a])	O[b]	×[c]	-[d]	5 (D)	O	×	-	×	-
	116	L-Cystine	10 (D)	O	N	-	5 (D)	O	×	-	5	-
	149	Azodicarbonamide	10 (D)	O	×	-	5 (D)	O	10 (A[e])	0.99	×	-
	185	Silicone dioxide	10 (D)	O	N	-	5 (A)	1.29	10 (A)	1.29	5	1.29
	209	Sodium phosphate, tribasic	10 (D)	O	×	-	4 (AP[f])	O	10 (D)	O	5 (D)	O
	211	Calcium phosphate, tribasic	5 (D)	O	×	-	2 (AP)	O	5 (D)	O	5 (D)	O
	218	Potassium phosphate, monobasic	10 (D)	O	×	-	2 (AP)	O	10 (D)	O	5 (D)	O
	219	Calcium phosphate, monobasic	5 (D)	O	×	-	2 (AP)	O	10 (A)	ND[g]	5 (A)	ND
	309	Sodium pyrophosphate	5 (D)	O	N	-	4 (AP)	O	×	-	5	-
	315	Iron, reduced	25 (D)	O	×	-	10 (A)	1.63	×	-	×	-
	347	L-Glutamic acid	10 (D)	O	N	-	5 (D)	O	10 (D)	O	2 (D)	O
	353	L-Leucine	10 (D)	O	N	-	5 (D)	O	×	-	×	-
	386	Magnesium silicate	10 (D)	O	×	-	5 (D)	O	5 (A)	0.002	5 (A)	0.002
Natu-ral	5	Gua gum	10 (D)	O	10 (A)	ND	2 (A)	ND	2 (A)	ND	5 (A)	ND
	7	Diatomaceous earth	10 (D)	O	10 (A)	0.76	10 (D)	ND	N	-	×	-
	18	Locust bean gum	10 (D)	O	10 (A)	ND	5 (D)	O	2 (A)	0.59	5 (A)	0.59
	32	Xanthan gum	5 (D)	O	5 (A)	0.55	2 (A)	0.55	2 (A)	0.55	5 (A)	0.55
	48	Inositol	10 (D)	O	×	-	4 (D)	O	×	-	×	-
	52	Gellan gum	2 (D)	O	2 (A)	ND	2 (D)	O	2 (A)	ND	2 (A)	ND
	60	Carrageenan	10 (D)	O	×	-	×	-	5 (A)	1.07	5 (A)	1.07
	67	Cochineal extract	10 (D)	O	10 (A)	ND	×	-	2 (A)	ND	10 (A)	ND
	74	Tannic acid	10 (D)	O	×	-	2 (D)	O	10 (D)	O	×	-
	81	Perlite	10 (D)	O	10 (A)	ND	10 (D)	O	×	-	×	-
	83	Pectin	10 (D)	O	10 (A)	ND	5 (A)	ND	5 (A)	ND	5 (A)	ND
	98	Active carbon	10 (D)	O	10 (A)	ND	10 (D)	O	10 (D)	O	×	-

[a]D: Dithizone method.
[b]O: Not more than standard.
[c]x: No monograph.
[c]N: No standard on lead limit.
[e]A: Atomic absorption spectrophotometric method.
[d]-: Not tested.
[f]AP: APDC extraction method
[g]ND: Not detected.

한국방법에서는 모든 시료에 대하여 디티존법(비색법)으로 분석하였으며, 시험 결과 모두 규격에 적합한 것으로 나타났으며, 시험방법에 큰 문제는 없는 것으로 나타났다.

일본방법에서는 시험에 사용한 화학적합성품에 대해서는 모두 개별품목이 없거나 규격이 설정되어 있지 않았다. 천연첨가물은 모두 원자흡광도측정법(분광광도계법)으로 분석하였으며, 5.구아검, 18.로커스트콩검, 52.젤란검, 67.코치닐추출색소, 81.퍼라이트, 83.펙틴, 98.활성탄에서는 납이 검출되지 않았고, 7.규조토는 0.76 μg/g, 32.산탄검은 0.55 μg/g이 검출되어 모두 규격에 적합하였다. 48.이노시톨, 60.카라기난, 74.탄닌산은 규격기준이 설정되어 있지 않았다.

미국방법(FCC)에서는 개별품목마다 분석방법이 달랐으며, 각 개별품목에 분석방법이 명시되어 있었다. 112.스테아린산마그네슘, 116.L-시스틴, 149.아조디카르본아미드, 347.L-글루타민산, 353.L-로이신, 386.규산마그네슘 등 6품목의 화학적합성품은 디티존법으로 분석하고, 209.제삼인산나트륨, 211.제삼인산칼슘, 218.제일인산칼륨, 219.제일인산칼슘, 309.피로인산나트륨 등 5품목은 APDC 추출법으로, 185.이산화규소와 315.환원철 2품목은 원자흡광도측정법(분광광도계법)으로 분석하도록 되어 있었다. 분석결과 디티존법과 APDC 추출법으로 측정한 모든 시료에서 규격에 적합하였고, 원자흡광도측정법으로 측정한 185.이산화규소와 315.환원철은 각각 1.29 및 1.63 mg/kg의 함량을 나타내어 규격기준보다 낮은 함량을 나타내었다. 천연첨가물의 경우 7.규조토 등 7품목은 디티존법으로, 5.구아검 등 3품목은 원자흡광도측정법(분광광도계법)으로 측정하였으며, 60.카라기난 등 2품목에 대해서는 규격기준이 설정되어 있지 않았다. 분석결과 모두 규격기준에 적합한 것으로 나타났다.

JECFA의 경우 209.제삼인산나트륨 등 4품목의 화학적합성품에 대해서는 디티존법으로, 149.아조디카르본아미드 등 4품목에 대해서는 원자흡광도측정법(분광광도계법)으로 분석하였으며, 112.스테아린산마그네슘 등 5품목에 대해서는 규격기준이 설정되어 있지 않았다. 분석한 22품목의 시료 모두 규격기준에 적합한 것으로 나타났다. 천연첨가물의 경우 74.탄닌산과 98.활성탄은 디티존법으로, 5.구아검 등 7품목은 원자흡광도측정법(분광광도계법)으로 분석하였으며, 7.규조토, 48.이노시톨, 81.퍼라이트는 규격기준이 설정되어 있지 않았다. 분석결과 모두 규격기준에 적합한 것으로 나타났다.

EU의 경우 각 개별품목의 분석방법은 JECFA의 방법에 따라 시험하였으며, 화학적합성품 중 116.L-시스틴, 149.아조디카르본아미드, 309.피로인산나트륨, 천연첨가물 중 7.규조토, 74.탄닌산, 98.활성탄의 규격기준은 JECFA의 것과 다르게 설정되어 있었다.

디티존법 또는 원자흡광도측정법(분광광도계법)으로 비교, 시험한 결과 납 함량에 큰 차이가 없는 것으로 판단되었다. 현재 식품첨가물 중의 존재하는 극미량(1 mg 이하/kg)의 납 분석에는 흑연로를 이용하는 원자흡수분광법[23]이 사용되고 있으나, 재현성이 낮고 매트릭스의 영향을 많이 받는 등의 단점이 있어 정확한 결과를 얻기 어려우며[26], 이들 방법 외에 레이저 공명이온화법[27], 유도결합 플라스마 원자방출분광법[28], ICP/MS[26]를 이용하는 방법들이 연구되고 있다.

분석결과 시험에 사용한 25품목 모두 납함량은 규격기준에 적합하였으며, 시험 및 조작 방법상의 문제점도 나타나지 않았다. 분석방법은 한국(디티존법)과 일본(원자흡광도측정법)의 경우 각 개별품목에 하나의 방법을 적용하였지만 미국, JECFA 및 EU의 경우 각 개별품목마다 분석방법이 다르게 명시되어 있었다. 일본, 미국, JECFA, EU 등 각 기관에서는 개별 품목에 따라 원자흡광도측정법(분광광도계법)을 적용하고 있으며, 디티존법만 적용하고 있는 한국 식품첨가물공전의 일반시험법에서도 원자흡광도측정법(분광광도계법)의 적용을 검토할 필요가 있는 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 식품의약품안전청의 2005년 용역연구사업의 연구비 지원에 의하여 이루어진 연구결과이며 이에 감사드립니다.

국문요약

식품첨가물공전의 일반시험법 중 납시험법에 대하여 국내에 유통되는 식품첨가물을 대상으로 한국, 일본, JECFA, 미국 및 EU의 규격 및 시험법에 따라 비교·분석하였다. 식품첨가물의 납 함량을 분석하는 방법으로서 한국은 비색법에 의한 디티존법을 채택하고 있으며, 일본은 원자흡광도측정법(분광광도계법)을, 미국은 디티존법(비색법), 원자흡광도측정법(분광광도계법), 원자흡광도측정법(흑연로법), APDC 추출법 등 4가지의 방법을, JECFA와 EU는 디티존법(비색법), 원자흡광도측정법(분광광도계법)을 채택하고 있다. 한국, 미국 및 JECFA의 디티존법은 거의 동일하였으며, 미국, JECFA 및 EU는 검체의 종류에 따라 사용하는 방법을 개별 품목에 별도로 나타내고 있다. 국내에서 유

통되는 112.스테아린산마그네슘 등 화학적합성품 13품목과 5.구아검 등 천연첨가물 12품목 등 검체의 납함량을 각 기관의 분석방법에 따라 분석한 결과 모두 각 기관의 규격 및 기준에 적합한 것으로 나타났으며, 시험 및 조작방법상의 문제점도 나타나지 않았다.

참고문헌

1. Song, J.C. and Park, H.J.: Food Additives. Naeha Pub. Co., Seoul (2000).
2. Korea Food and Drug Administration: Food Additives Code. Moonyoungsa, Seoul (2001).
3. Korea Food and Drug Administration: Food Additives Code. Dongwonmunhwasa, Seoul (2002).
4. Korea Foods Industry Association: Food Additives Code. Moonyoungsa, Seoul (2004).
5. http://fa.kfda.go.kr:7779/ (2006.01.31).
6. Joint FAO/WHO Expert Committee of Food Additives: Summary of evaluation performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee of Food Additives. Rome, Italy (2004).
7. Kim, H.Y. and Kim, M.S.: Quality assurance program - especially for food additives. *Food Sci. Ind.*, **36**, 36-41 (2003).
8. Cheon, S.J., Lim, Y.H., Song, I.S. and Ro, J.B.: Studies on analysis of food additives (I). Studies on the determination of nitrite in foods. *Kor. J. Food Hygiene*, **3**, 53-58 (1988).
9. Cheon, S.J., Lim, Y.H., Song, I.S. and Ro, J.B.: Studies on analysis of food additives (II). Determination of nitrite by high performance liquid chromatography. *Kor. J. Food Hygiene*, **3**, 99-103 (1988).
10. Goda, Y., Takano, T., Sato, K., Kamikura, M. and Yoshinira, K.: Determination of chlorides and sulfates in food colors by ion chromatography. *J. Food Hyg. Soc. Japan,* **29**, 325-330 (1988).
11. Park, S.K., Lee, T.S. and Park, S.K.: Method development for the sample preparation and quantitative analysis of synthetic colors in foods. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **36**, 893-899 (2004).
12. Shin, D.H., Kim, Y.S., Lee, Y.H., Bang, J.H., Om, A.S., Shin, J.W., Lee, T.S., Hong, K.H., Park, S.K., Choi, J.D. and Kim, H.Y.: Comparison of general test methods of various institutes on synthetic food colors. *J. Fd Hyg. Safety*, **19**, 171-175 (2004).
13. Kim, H.Y., Lee, Y.J., Hong, K.H., Kwon, Y.K., Kim, S.H., Kim, H.J., Lee, C.W., Kim, K.S. and Lee, S.H.: Physico-chemical properties of insoluble mineral substances in food additives. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **31**, 1188-1195 (1999).
14. 박현경, 이종옥, 이철원: 식품첨가물의 위해성 분석을 위한 섭취량 평가방법. *식품과학과 산업*, **32**, 72-85 (1999).
15. Lee, C.W., Lee, T.S. and Moon, B.S.: A study on intakes of some food additives by Korean. *Kor. J. Food Hygiene*, **4**, 1-20 (1989).
16. Kim, H.Y., Lee, Y.J., Hong, K.H., Ha, S.C., Ahn, M.S., Jo, J.S. and Kim, K.S.: Intake of food additives in foods by total diet. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **30**, 767-774 (1998).
17. Kim, H.C. and Kim, M.R.: Consumers recognition and information need about food safety. *Korean J. Diet. Cult.*, **16**, 296-309 (2001).
18. Han, W.K. and Lee, G.J.: A study on the consumer recognition of food safety and food additives. *Korean J. Soc. Food Sci.*, **7**, 23-34 (1991).
19. Om, A.S., Lee, H.O., Shim, J.Y., Shin, D.H., Kim, Y.S., Lee, Y.H., Bang, J.H., Shin, J.W., Lee, T.S., Hong, K.H., Park, S.K., Choi, J.D. and Kim, H.Y. Studies on the determination of synthetic food colors. *J. Fd. Hyg. Safety*, **20**, 73-76 (2005).
20. Shin, D.H., Kim, Y.S., Lee, Y.H., Bang, J.H., Om, A.S., Shin, J.W., Lee, T.S., Jang, Y.M., Hong, K.H., Park, S.K., Kwon Y.K. and Park, J.S.: Comparison of boiling point and distillation range, melting range, and identification methods of various organizations on synthetic food additives. *J. Fd. Hyg. Safety*, **20**, 134-140 (2005).
21. Japan Food Additives Association: Japan's Specifications and Standards for Food Additives, 7th Ed. Tanaka Pub. Co., Tokyo, Japan (2000).
22. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Guide to specifications 5 Rev. 2. Joint FAO/WHO Expert Committee of Food Additives. Rome, Italy (2004).
23. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Compendium of food additives specifications Vol. 1, 2 and addendum 10-12. Joint FAO/WHO Expert Committee of Food Additives. Rome, Italy (2004).
24. National Academy of Sciences: Food Chemicals Codex. National Academy Press, Washington, D.C., USA (2003).
25. Directorate-General Health and Consumer Protection Scientific Committees on Food. EU Community Legislation on Food Additives. http://www.fsai.ie/legislation/food/legislation_foodadditives.asp (2005.05.21).
26. Park, K.S. and Kim, S.T.: A study on the determination of lead in whole blood by ICP/MS. *Anal. Sci. Technol.*, **10**, 240-245 (1997).
27. Song, K.S., Yi, J.H. and Lee, J.M.: Determination of trace lead by laser resonance ionization spectroscopy (I). Dependence of detection limit on ionization schemes. *J. Korean Chem. Soc.,* **36**, 832-839 (1992).
28. Cho, S.I., Han, M.S., Lee, S.H., Lee, J.H. and Woo, J.C.: Development of an axially viewed inductively coupled plasma for atomic emission spectrometry and comparison between the detection limits of lead. *J. Korean Chem. Soc.*, **41**, 292-298 (1997).