

## 국내생산식품의 아크릴아마이드 함량분석

박재영 · 김청태<sup>1</sup> · 김혜영 · 금은희 · 이미선 · 정소영<sup>2</sup> · 소유섭<sup>2</sup> · 이종욱<sup>2</sup> · 오상석\*  
이화여자대학교 식품영양학과, <sup>1</sup>(주)농심 개발본부 분석팀, <sup>2</sup>식품의약품안전청 오염물질과

## Acrylamide Monitoring of Domestic Food Products

Jae-Young Park, Cheong-Tae Kim<sup>1</sup>, Hye-Young Kim, Eun-Hee Keum, Mi-Seon Lee,  
So-Young Chung<sup>2</sup>, You-Sub Sho<sup>2</sup>, Jong-Ok Lee<sup>2</sup>, and Sangsuk Oh\*

Department of Food & Nutritional Sciences, Ewha Womans University

<sup>1</sup>R & D Center, Analysis Team, Nong Shim Co., Ltd

<sup>2</sup>Food Contaminant Division, Center for Food Safety Evaluation, KFDA

Food products selected based on their annual sales and international acrylamide research data were analyzed for quantitation of acrylamide. Samples including raw food, substitute meal, snack, drink, and sauce products were analyzed by LC/MS/MS methods adopted by FDA. Upon comparison, concentrations of acrylamide in these products were similar to those analyzed in other countries.

**Key words:** acrylamide, food, monitoring, french fries, potato

### 서 론

2002년 스웨덴에서 발암 가능성이 있는 물질인 아크릴아마이드가 전분이 많은 식품을 가열 처리하였을 경우 생성된다는 연구결과가 발표되었다(1). 이 후 다양한 식품에서 아크릴아마이드가 검출되었고, 식품 그룹, 또는 식품 그룹 내에서 아크릴아마이드 존재량 차이가 있다는 연구결과가 발표되었다(2-7). 가열 처리한 식품을 섭취한 사람은 지속적으로 아크릴아마이드에 노출되어 왔던 것으로 여겨지는데, 아크릴아마이드 독성과 위해에 관한 연구는 지속적으로 진행되고 있다(8).

식품 내 아크릴아마이드 분석법은 gas chromatography(GC), high-performance liquid chromatography(HPLC)를 mass spectrometry(MS)와 조합한 방법이 연구되어 왔으며, Barber 등은 HPLC-UV detector를 사용하여 아크릴아마이드를 검출하였다(8-12). 아크릴아마이드 정량분석은 [<sup>2</sup>H<sub>3</sub>]acrylamide, [<sup>13</sup>C<sub>3</sub>]acrylamide를 내부표준물질로 사용하여 liquid-chromatography-tandem mass spectrometry(LC-MS/MS)로 분석한 방법이 가장 많이 행해지고 있으며, gas chromatography-mass spectrometry(GC-MS)를 이용한 분석법 연구도 다양하게 이루어지고 있다(13-17).

아크릴아마이드 분석법이 다양하게 개발되면서 각국의 모니터링 연구가 지속적으로 이루어지고 있는데, 2002년 4월에 발표한 스웨덴에 이어, 2002년 11월 노르웨이, 스위스, 영국, 미국, 일본, 한국의 자료가 발표되었으며(4,8,11,17-21), 미국은 2003

년 전년의 연구자료에서 추가로 약 400개의 샘플을 분석한 결과를 발표하였고(22), 스웨덴, 일본, 네덜란드도 추가 연구결과를 발표하였다(6-7,23). 식품 내 아크릴아마이드 함량은 후렌치 후라이, 포테이토 칩, tortilla chip, bread crust, crisp bread 등의 상업적으로 가공된 식품에서 높았고 식품군마다 다양한 아크릴아마이드 수치가 분석되었을 뿐만 아니라 같은 식품군의 다른 제품에서도 다양한 아크릴아마이드 수치가 분석되었다. 본 연구는 LC-MS/MS 분석법을 이용하여 우리나라에서 소비되는 식품 중 327개 식품의 아크릴아마이드 함량을 분석하여 제외국 식품군의 아크릴아마이드 함량과 비교분석하고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 모니터링 시료

식품 중 아크릴아마이드 함량 모니터링을 위하여 소비자가 섭취하고, 다양한 식품군을 분석하기 위해 식품유통연감에 게재된 '주요 식품 품목별 생산실적 출하액 기준 상위 20개 품목(2001)' 통계자료를 바탕으로 식품군을 선정하였다(24). 통계자료를 바탕으로 한 식품군 외에 영·유아식, 시리얼, 사탕, 버터, 마가린, 소스, 견과 등을 분석하였으며, 전통식품인 떡과 장류도 식품군으로 선정하였고 국내에서 가장 많이 섭취되고 있는 주식인 밥도 분석하였다. 또한 밥을 만드는 쌀과 잡곡 등의 원료식품도 식품군으로 선정하였다. 아크릴아마이드 검출량이 비교적 많은 후렌치 후라이, 포테이토 칩도 단일식품군으로 선정하였고, 2002년도 국내 식품군 모니터링 결과에서 높은 검출치를 나타냈던 건빵도 단일 식품군으로 구분하였다. 건빵과 비슷한 국내 생산 제품인 누룽지, 강냉이도 포함하여 분석하였다. 본 실험에 사용한 시료는 327개의 시료를 그랜드마트(신촌점,

\*Corresponding author: Sangsuk Oh, Department of Food & Nutritional Sciences, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea  
Tel: 82-2-3277-3558  
Fax: 82-2-3277-2862  
E-mail: ss0h71@ewha.ac.kr

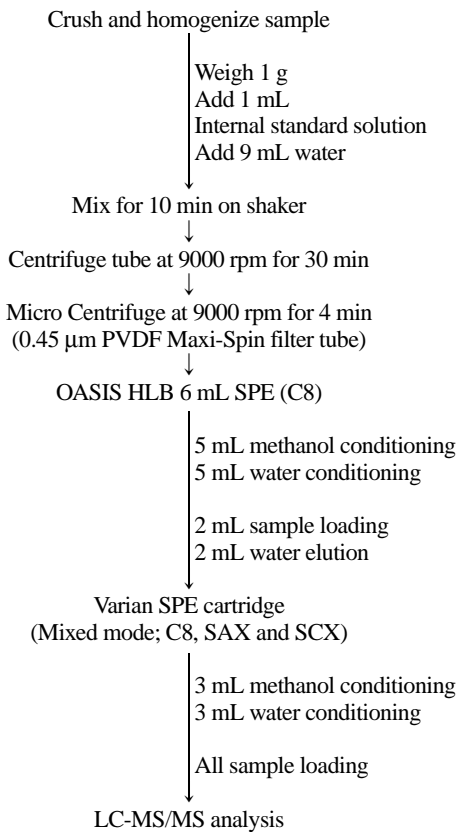


Fig. 1. Scheme for acrylamide analysis (FDA, 2002).

서울)와 현대백화점(신촌점, 서울), 패스트푸드점(서울)에서 구입하여 분석하였다. 포장 시료는  $4 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 냉장 보관하여 분석하였고, 후렌치 후라이는 구입 후 3시간 이내에 분석하였다.

기기 및 시약

아크릴아마이드의 분석은 Aqua C<sub>18</sub>(2×250 mm, Phenomenex, Torrance)컬럼이 장착된 electrospray positive ionization(ESI+), high-pressure liquid chromatography, S2100 Solvent Delivery System(Sykam, Germany); triple-quadrupole tandem mass spectrometer, Quattro micro(Micromass UK Ltd., Manchester, UK); data system, MassLynk version 3.5 LC-MS/MS를 사용하였고 Shaking incubator(KMC-8480SF, Vision scientific Co., Korea), High speed refrigerated centrifuge(SUPRA 22K, Hanil Science Industrial, Korea), Micro centrifuge(Marathon Micro High Speed Centrifuge, Fisher Scientific, USA)를 사용하였다. 표준물질은 Acrylamide(Sigma Chemical Company, St. Louis)를 구입하여 사용하였고, 내부표준물질은 <sup>13</sup>C<sub>3</sub>-Labeled acrylamide(Cambridge Isotope Laboratory, Andover)을 구입하여  $4 \pm 2^\circ\text{C}$ 에 냉장 보관하여 사용하였다.

분석방법

국내식품 모니터링을 위한 실험 샘플 준비는 추출과정 전에 탄소13 동위원소로 치환된 <sup>13</sup>C<sub>3</sub>-labeled acrylamide를 내부표준 물질로 첨가하고 추출 및 정제를 하여 샘플에 따른 매트릭스 효과를 최소화할 수 있는 방법인 동위원소 희석법을 이용하였다(17). 샘플 100 g을 HMF-560 믹서기(Hanil Science, Korea)로 균질화한 후, 50 mL Polypropylene Copolymer Centrifuge Ware

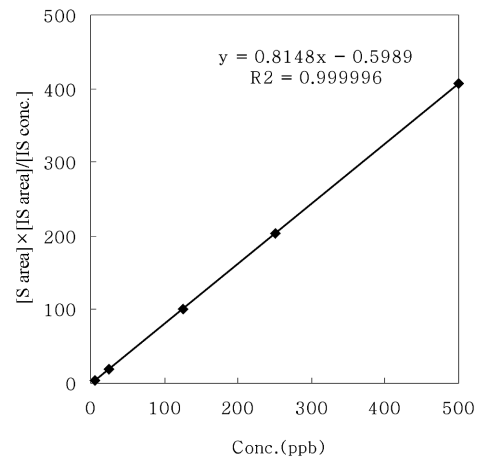


Fig. 2. Standard curve. S: Standard, IS: Internal standard.

(Nalgene, USA)에 1 g을 취하였다(Fig. 1). 내부표준물질인 <sup>13</sup>C<sub>3</sub>-labeled acrylamide(200 ng/mL in 0.1% Formic acid) 1 mL에 샘플(1 g)과 9 mL 증류수를 넣어 shaking incubator(Vision scientific Co., Korea)에 180 rpm으로 10분 동안 shaking한 후, 30분 동안 원심분리(9000 rpm, Hanil Science Industrial, Korea)하였다. 원심분리 후, 지방층과 샘플층의 중간 수용액 5 mL을 0.45 μm PVDF Maxi-Spin filter tube(Alltech Associates, USA)에 옮겨 Micro centrifuge(Fisher Scientific, USA), 9000 rpm으로 4분 동안 원심분리한 후 두 종류의 SPE(Solid Phase Extraction) cartridge에 샘플을 여과시켰다. 우선 PVDF Maxi-Spin filter tube에서 여과된 샘플 2 mL은 conditioning한 OASIS HLB SPE (200 mg packing, Waters Corporation, USA) cartridge에 여과하고 증류수 2 mL를 추가 여과하였다. OASIS SPE cartridge로 여과된 4 mL 샘플은 conditioning한 Varian SPE cartridge(200 mg packing, Varian Inc., USA)에 여과시킨 후, LC-MS/MS로 분석하였다. 검량선 작성을 위하여 HPLC grade water에 아크릴아마이드를 첨가하여 5, 25, 125, 250, 500 ppb 등의 농도의 standard solution을 만들었다. Calibration은 아크릴아마이드 피크와 <sup>13</sup>C<sub>3</sub>-acrylamide 피크 면적비를 비교하여 행하여 졌으며, standard curve는 샘플에 함유된 아크릴아마이드 정량에 이용되었다. 시료 분석결과는 1회 분석 검출량이며, 10 ppb 이하의 검출량은 <10 ppb로 표기하였다.

결과 및 고찰

검량선

검량선 작성을 위하여 HPLC grade water에 아크릴아마이드를 첨가하여 5, 25, 125, 250, 500 ppb 등의 농도의 standard solution을 만들었다. 각 농도의 standard solution 1 mL에 분석 샘플에 첨가한 농도와 동일한 내부표준물질(<sup>13</sup>C<sub>3</sub>-acrylamide, 200 ppb) 1 mL를 섞어 standard curve 작성에 이용하였다. 각각의 값을 연결하여 검량선을 작성하였고(Fig. 2), 검량선의 r값은 0.999998, r<sup>2</sup>값은 0.999996이다. Standard curve는 샘플에 함유된 아크릴아마이드 정량 시 이용되었다. 식품종류에 따라 회수율은 큰 차이가 없었으며 추출시간은 식품종류에 따라 차이가 있었다.

원료 식품류-원료식품

본 연구에서의 원료 식품은 국내에서 생산되고 있는 다양한

**Table 1. Acrylamide concentration in raw food products**

Sample	Acrylamide concentration (ppb)	
	Sample 1	Sample 2
<b>Raw foods</b>		
Rice 1	<10	N.D. <sup>1)</sup>
Millet 1	17	<10
Barley 1	<10	N.D.
Red Bean 1	<10	<10
Mung Bean 1	<10	<10
Black Rice 1	<10	<10
Black Rice 2	<10	10
Black Rice 3	12	12
Brown Rice 1	N.D.	<10
Indian Millet 1	N.D.	<10
Yellow Millet 1	<10	<10
Black Soybean 1	<10	<10
Black Soybean 2	<10	12
Yellow Soybean 1	<10	<10

<sup>1)</sup>N.D.: Not Detected

잡곡인 쌀, 조, 보리, 팥, 녹두, 흑미, 현미, 수수, 노란조, 검은콩, 노란콩을 대상으로 분석하였다(Table 1). 조(17 ppb), 흑미(10, 12, 12 ppb), 검은콩(12 ppb)을 제외한 모든 잡곡의 원료식품에서는 아크릴아마이드가 검출되지 않거나 <10 ppb로 검출되었다. 조나 흑미, 검은콩 역시 20 ppb 이하의 낮은 검출치를 나타냈다. 2002년도 식품의약품안전청에서 발표했던 원료 식품의 감자 분석에서도 아크릴아마이드가 검출되지 않았는데, 원료 식품에서 아크릴아마이드가 검출되지 않음은 아크릴아마이드가 대부분 조리과정 중에 생성된다는 연구결과를 뒷받침해준다(4). 스웨덴에서 발표한 모니터링 결과에서도 원료식품인 Wholemeal, Rye flour, Porridge oats, Oat-bran, Bacon에서 <30 ppb가 검출되어 가열하지 않은 원료 식품에서는 아크릴아마이드 검출량이 매우 적었다(23).

#### 식사대용식품류-밥, 떡, 빵, 유탕면, 시리얼

국내 주식인 밥을 분석한 결과는 대부분의 제품에서 검출되지 않았거나 <10 ppb이었고 한 제품의 흑미밥에서만 14 ppb의 낮은 검출치를 나타냈다(Table 2). 아크릴아마이드는 고온에서 가열한 식품에서 많이 검출된다고 보고되었으나 밥은 끓이는 조리 방법을 이용하므로 다양한 종류의 밥에서 아크릴아마이드가 검출되지 않았다. 쌀밥뿐만 아니라 흑미밥과 현미밥에 대한 분석을 하였는데, 그 결과 모든 밥에서 아크릴아마이드가 검출되지 않았다.

국내 전통식품인 떡은 아크릴아마이드가 검출되지 않거나 <10 ppb 검출되었는데, 이는 밥의 결과와 마찬가지로 쌀을 원료로 하여 찌는 조리법을 이용한 식품에서는 아크릴아마이드가 생성되지 않음을 알았다(Table 2). 그러나 떡의 고명 등, 조리법에 의해서도 아크릴아마이드 검출량이 달라질 수 있으므로 다양한 조리법을 이용한 식품을 대상으로 하는 모니터링 연구가 필요할 것으로 판단된다.

빵은 대부분의 빵이 <10 ppb의 낮은 검출량을 나타냈고, 모든 분석 샘플에서 40 ppb 이하의 검출량을 나타냈다(Table 2). FDA 실험결과 중 Wonder Bread에서는 아크릴아마이드가 검출되지 않았고 Pepperidge Farm Dark Pump Pumpnickel(Toasted)은

**Table 2. Acrylamide concentration in substitute meal products**

Sample	Acrylamide concentration (ppb)	
	Sample 1	Sample 2
<b>Boiled Rices</b>		
Boiled Rice 1	N.D. <sup>1)</sup>	N.D.
Boiled Black Rice 1	14	<10
Boiled Black Rice 2	<10	<10
Boiled Black Rice 3	<10	<10
Boiled Brown Rice 1	N.D.	<10
Boiled Brown Rice 2	N.D.	N.D.
<b>Rice Cake Products</b>		
Rice Cake 1	N.D.	N.D.
Rice Cake 2	N.D.	N.D.
Rice Cake 3	N.D.	<10
Steamed Rice Cake 1	<10	<10
Glutinous Rice Cake 1	N.D.	N.D.
<b>Bread Products</b>		
Muffin 1	<10	<10
Pastry 1	14	<10
Castella 1	15	10
Castella 2	20	12
Chou Bread 1	N.D.	<10
Butter Bread 1	33	32
Red Bean Bread 1	<10	<10
Cream Puff Bread 1	<10	<10
<b>Fried Noodle</b>		
Fried Noodle 1	N.D.	N.D.
Fried Noodle 2	N.D.	<10
Fried Noodle 3	<10	13
Fried Noodle 4	N.D.	N.D.
Fried Noodle 5	N.D.	N.D.
Fried Noodle 6	22	N.D.
Fried Cup Noodle 1	N.D.	27
Fried Cup Noodle 2	11	<10
Fried Cup Noodle 3	<10	<10
<b>Cereals</b>		
Cereal 1	72	12
Cereal 2	109	93
Cereal 3	<10	23
Cereal 4	236	236
Cereal 5	18	29
Cereal 6	101	100

<sup>1)</sup>N.D.: Not Detected

364 ppb의 검출량을 나타냈다(22).

면은 유탕면을 대상으로 봉지면과 용기면을 분석하였는데 검출되지 않았거나 27 ppb 이하 검출되었다(Table 2). 일본 모니터링 결과는 4-581 ppb 검출되었다(7).

시리얼은 한 제품에서 10 ppb 미만 검출되었고 다른 제품에서는 12-236 ppb 검출되었다(Table 2). 국내 식품군에서의 시리얼 모니터링 결과는 같은 회사의 제품도 아크릴아마이드 검출량이 일정하지 않으므로 원료나 조리방법의 미세한 조건차이에 의하여 아크릴아마이드 생성이 영향 받음을 알았다. FDA 연구결과 중 Muesli/Granola는 11-89 ppb 검출되었고, 다른 시

**Table 3. Acrylamide concentration in snack products**

Sample	Acrylamide concentration (ppb)		Sample	Acrylamide concentration (ppb)	
	Sample 1	Sample 2		Sample 1	Sample 2
French Fries			Cracker, Snack and Biscuit Products		
French Fries 1	141	168	Cracker 1	23	13
French Fries 2	220	237	Cracker 2	131	116
French Fries 3	264	236	Cracker 3	435	459
French Fries 4	501	442	Cracker 4	303	218
French Fries 5	423	514	Cracker 5	279	202
French Fries 6	533	546	Snack 1	150	114
French Fries 7	1059	1118	Snack 2	98	40
Popping Rice, Scorched Rice and Hardtack Products			Snack 3	68	66
Popping Rice 1	39	17	Snack 4	12	<10
Popping Rice 2	43	66	Biscuit 1	86	48
Scorched Rice 1	15	18	Biscuit 2	10	69
Puffed Corn 1	587	486	Biscuit 3	56	289
Popping Rice 2	349	283	Biscuit 4	281	<10
Popping Rice 3	75	92	Biscuit 5	N.D. <sup>1)</sup>	
Hardtack 1	143	152	Chocolate And Candy Products		
Hardtack 2	185	200	Chocolate 1	24	18
Barley Hardtack 1	237	233	Chocolate 2	31	15
Barley Hardtack 2	187	168	Chocolate 3	30	16
Potato Chips and Potato Snack Products			Chocolate 4	24	13
Potato Chip 1	278	284	Candy 1	N.D.	<10
Potato Snack 1	600	566	Candy 2	25	<10
Potato Snack 2	1534	1511	Candy 3	<10	<10
Potato Snack 3	1813	1837	Candy 4	N.D.	<10
Potato Snack 4	907	783	Candy 5	34	39
Potato Snack 5	2626	2509	Caramel 1	N.D.	<10
Potato Snack 6	1595	1778			
Potato Snack 7	502	606			
Potato Snack 8	3277				

<sup>1)</sup>N.D.: Not Detected

리얼제품에서는 44-1,057 ppb 검출되었고, 스웨덴 연구결과는 <30-1346 ppb 검출되었고, 일본 시리얼은 33-213 ppb 검출되었다(7,22-23).

**스낵류-후렌치 후라이, 빵튀기, 누룽지, 강냉이, 건빵, 크래커, 포테이토 칩, 포테이토 스낵, 스낵, 비스킷, 초코릿 및 사탕**

아크릴아마이드의 검출량이 가장 높은 식품군이 후렌치 후라이인데, 141 ppb에서 1,118 ppb까지 다양한 검출량을 나타냈다(Table 3). 2002년 발표 결과에서도 341 ppb에서 1,896 ppb 검출되었는데, 이는 아크릴아마이드가 감자를 원료로 하여 고온에서 조리할 경우 다량 생성될 수 있다는 연구를 뒷받침한다(4). FDA의 연구결과는 다양한 회사의 제품을 분석하였는데 그 결과, Arby's French Fries는 252 ppb, Burger King French Fries는 197-369 ppb 검출되었다(22). Checkers French Fries는 257, 407 ppb, Fuddruckers French Fries는 346, 452 ppb, KFC French Fries는 117-313 ppb 검출되었다. McDonald's French Fries는 117-497 ppb 검출되었고, Popeyes French Fries는 301-1,030 ppb, Wendy's French Fries는 157-302 ppb 검출되었다. 스웨덴 결과는 301 ppb에서 1,104 ppb 검출되었다(23).

쌀빵튀기는 17-66 ppb 검출되었고, 누룽지는 15-18 ppb 검출

되었다(Table 3). 옥수수를 이용하여 만든 강냉이는 75-587 ppb 검출되었다. 건빵은 152-237 ppb 검출되었다.

포테이토 칩과 포테이토 스낵 역시 후렌치 후라이와 마찬가지로 아크릴아마이드 검출량이 높고 다양한 것으로 알려진 식품군이다(Table 3). 박 등(4)의 연구결과에서는 598-1,709 ppb 검출되었는데, 본 연구에서는 278-3,277 ppb 검출되었고 더 다양한 검출결과를 나타내었다. 미국 FDA의 Potato Chips의 연구결과 역시 117-2,510 ppb의 다양한 검출량을 나타냈으며, 일본은 47-2,620 ppb. 스웨덴은 332-2,287 ppb, 네덜란드는 60-1,220 ppb의 결과를 나타냈다(6-7,22-23). 현재까지 진행된 아크릴아마이드에 관한 연구에서는 감자를 원료로 하여 조리한 식품에서 가장 많은 아크릴아마이드가 검출됨을 알 수 있다.

크래커는 13-459 ppb 검출되었고 스낵, 비스킷의 아크릴아마이드는 검출되지 않거나 289 ppb까지 다양하게 검출되었다는데 이는 후렌치 후라이나 포테이토 칩 등의 검출량보다는 적은 검출량이다(Table 3). 스낵, 비스킷은 크래커와 같은 과자이나 아크릴아마이드 검출량은 크래커보다 적었다. 제조과정과 원료의 차이에 의해서 아크릴아마이드 생성량이 변하는 것으로 여겨져 제조과정 차이에 의한 아크릴아마이드 생성변화도 연구해야 할 것으로 판단된다. FDA의 결과, Cookies는 334-432 ppb,

**Table 4. Acrylamide concentration in drink products**

Sample	Acrylamide concentration (ppb)	
	Sample 1	Sample 2
<b>Tea and Drink Products</b>		
Tea 1	N.D. <sup>1)</sup>	<10
Jujube Tea 2	24	<10
Green Tea 3	<10	<10
Ice Tea 4	<10	N.D.
Oolong Tea 5	N.D.	
Carbonated Drink 1	N.D.	N.D.
Carbonated Drink 2	N.D.	N.D.
Carbonated Drink 3	<10	<10
Juice Drink 4	N.D.	N.D.
Juice Drink 5	<10	<10
<b>Coffee Products</b>		
Powdered Coffee 1	1026	804
Powdered Coffee 2	359	805
Powdered Coffee 3	831	394
Powdered Coffee 4	359	

<sup>1)</sup>N.D.: Not Detected

Snack Foods(감자칩 제외)는 12-1243 ppb 검출되었다(22).

초코릿은 13-31 ppb 검출되었다(Table 3). FDA 연구결과는 Cocoa 등의 제품은 아크릴아마이드가 검출되지 않았고, Ghirardelli Unsweetened Cocoa는 316 ppb, 가장 많이 아크릴아마이드가 검출된 Hershey's Cocoa는 909 ppb였다(22). 국내 제품군에서는 아크릴아마이드 양이 31 ppb 미만으로 낮게 검출되었으나, 국외 제품의 경우 검출되지 않았거나 909 ppb까지 다양하게 검출되었다. 이는 초코릿을 만드는 원료의 차이에 기인한 것으로 여겨져 다양한 원료를 가지고 조리하여 아크릴아마이드 검출량을 분석하는 연구가 필요할 것으로 판단된다. 사탕과 캐러멜의 분석결과는 검출되지 않거나 34 ppb 이하 검출되었다.

#### 드링크류-차, 음료 및 커피

국내 제품 중 가장 많이 생산, 출하되고 있는 제품이 음료이므로 다양한 제품을 선정하여 분석하였다. 차 및 음료는 한 제품만 24 ppb를 나타냈고 대부분은 검출되지 않았거나 <10 ppb로 검출되었다(Table 4).

분말커피는 394-1,026 ppb 검출되었다(Table 4). 커피는 일반적으로 물에 타서 섭취하는데 본 실험에서는 건조샘플 1g을 취하여 실험한 결과로 다른 식품군의 결과와 검출량이 다르게 해석되어야 할 것으로 여겨진다. FDA는 Regular Roasts 37-374 ppb 검출되었고, Dark Roasts는 97-319 ppb, Brewed Coffee는 11 ppb 이하 검출되었다(22).

#### 소스류-버터, 마가린 및 유제품, 장, 기타소스

동물성 유지를 원료로 하여 만든 버터와 식물성 유지를 원료로 하여 만든 제품인 마가린을 분석한 결과 아크릴아마이드가 검출되지 않았거나 <10 ppb로 검출되었다(Table 5). 이는 버터와 마가린이 지방으로 구성되어 있어 지방으로부터는 아크릴아마이드가 생성되지 않는다는 연구결과에 기인한 것이라 여겨진다. 우유 제품은 10개 제품을 대상으로 분석하였는데 모든 제품에서 아크릴아마이드가 검출되지 않았거나 <10 ppb 검출되었다. 치즈, 효상요구르트 제품에서도 아크릴아마이드가 검

**Table 5. Acrylamide concentration in sauce products**

Sample	Acrylamide concentration (ppb)	
	Sample 1	Sample 2
<b>Butter, Margarine and Dairy Products</b>		
Butter 1	<10	<10
Butter 2	<10	N.D. <sup>1)</sup>
Butter 3	<10	<10
Margarines 1	<10	<10
Margarines 2	N.D.	N.D.
Milk 1	N.D.	N.D.
Milk 2	N.D.	<10
Milk 3	11	<10
Milk 4	<10	<10
Milk 5	<10	<10
Cheese 1	N.D.	<10
Cheese 2	N.D.	N.D.
Yogurt 1	N.D.	<10
Yogurt 2	N.D.	N.D.
<b>Fermented Soybean Products</b>		
Ssamjang 1	10	N.D.
Ssamjang 2	51	<10
Soy Sauce 1	15	<10
Soy Sauce 2	23	11
Bean Paste 1	60	34
Hot Pepper paste 1	<10	26
Hot Pepper paste 2	19	
<b>Sauce Products</b>		
Ketchup 1	16	<10
Ketchup 2	N.D.	N.D.
Mustard 1	51	10
Dressing 2	<10	<10
Mayonnaise 1	N.D.	N.D.
Sesame Oil 1	<10	<10
Sesame Oil 2	42	51
Pork Cutlet Sauce 1	N.D.	<10
Pork Cutlet Sauce 2q	<10	<10

<sup>1)</sup>N.D.: Not detected

출되지 않았다. FDA 실험결과는 Grace Sweetened Condensed Milk는 검출되지 않았고, Carnation Malted Milk Original 43 ppb, Carnation Infant Nonfat Dry Milk는 11 ppb, Saco Cultured Buttermilk Blend는 10 ppb 미만으로 검출되었다(22).

국내 전통식품인 장은 찜장에서 아크릴아마이드는 한 제품은 51 ppb, 나머지 제품은 검출되지 않았거나 <10 ppb 검출되었다(Table 5). 간장 제품 역시 23 ppb 이하 검출되었다. 된장에서의 아크릴아마이드는 60, 34 ppb 검출되었다. 고추장도 26 ppb 이하 검출되었다. 이 제품들은 우리나라를 대표하는 전통식품인데, 전통식품 제조과정에서도 아크릴아마이드가 생길 수 있다는 것으로 판단되어 조리과정을 거친 전통식품에서의 아크릴아마이드 분석연구가 필요할 것으로 생각된다.

소스 중 케첩은 아크릴아마이드가 검출되지 않았거나 16 ppb, 머스타드는 10, 51 ppb, 드레싱에서는 10 ppb 미만 검출되었다. 마요네즈에서는 검출되지 않았다(Table 5). 참기름은 10 ppb 미만 검출되거나 42, 51 ppb 검출되었다. 돈가스 소스는 <10 ppb 검출되어 소스의 대부분의 제품에서 아크릴아마이드가 검출되지 않았다.

**Table 6. Acrylamide concentration in other food products**

Sample	Acrylamide Concentration (ppb)	
	Sample 1	Sample 2
<b>Baby Foods</b>		
Baby Juice 1	15	N.D. <sup>1)</sup>
Baby Juice 2	N.D.	N.D.
Baby Juice 3	15	N.D.
Powdered Milk 1	<10	<10
Powdered Milk 2	<10	<10
Powdered Milk 3	N.D.	
<b>Protein-Rich Foods</b>		
Ham 1	<10	N.D.
Ham 2	N.D.	<10
Ham 3	N.D.	N.D.
Ham 4	N.D.	<10
Sausage 1	<10	<10
Sausage 2	N.D.	N.D.
Bean Curd (Tofu) 1	N.D.	<10
<b>Canned Foods</b>		
Fish Canned Food 1	<10	<10
Fruit Canned Food 1	<10	<10
Fruit Canned Food 2	<10	<10
Fruit Canned Food 3	<10	<10
Fruit Canned Food 4	N.D.	<10
Fruit Canned Food 5	<10	<10
Fruit Canned Food 6	<10	N.D.
Vegetable Canned Food 1	<10	<10
Vegetable Canned Food 2	<10	20
<b>Others</b>		
Nut 1	<10	N.D.
Peanut 2	13	N.D.

<sup>1)</sup>N.D.: Not Detected

**기타-영유아식, 단백질 식품, 통조림, 기타**

영유아식은 분유제품이나 영유아들이 마시는 주스를 대상으로 분석하였다. 이 결과 영유아식에서의 아크릴아마이드는 검출되지 않았거나 15 ppb 검출되었다(Table 6). FDA의 결과는 같은 Gerber 제품에서도 Gerber 2nd Foods Apple & Cheeries는 검출되지 않았고, Gerber 2nd Foods Carrots & Sweet Peas는 39 ppb 검출되었다(22). 이 밖에도 Gerber Tender Harvest Organic Sweet Potatoes(lot 2)는 121 ppb, 가장 많이 검출된 Baby Foods는 Gerber Finger Foods Bitter Biscuits로 130 ppb 검출되었다.

햄, 소시지, 두부 등의 제품을 분석한 단백질 식품은 아크릴아마이드가 검출되지 않았거나 <10 ppb 검출되었다(Table 6). 본 연구에서 분석된 단백질 식품은 아직 조리되지 않은 상태의 제품을 대상으로 분석하였기 때문에 아크릴아마이드가 검출되지 않은 것으로 여겨진다. 그러므로 이 제품들을 다양한 조리방법을 이용하여 조리했을 때 아크릴아마이드 양의 변화를 모니터링 해주어야 할 것으로 판단된다.

통조림은 야채 캔 한 제품에서 20 ppb 검출되었고 나머지 제품에서는 검출되지 않았거나 <10 ppb 검출되었다(Table 6). FDA의 결과에서도 대부분의 캔제품이 검출되지 않았거나 10 ppb 이하 검출되었고, B&M Original Brick Oven Baked Beans는

83 ppb, B&M Vegetarian 99% Fat Free Brick Oven Baked Beans는 70 ppb, Libby's Pumpkin은 25 ppb 검출되었다(22).

그 밖에 기타 땅콩과 호두 제품을 분석하였는데, 땅콩제품에서는 아크릴아마이드가 검출되지 않았고 호두제품에서는 검출되지 않거나 13 ppb 검출되었다(Table 6). FDA의 결과는 Almonds 제품이 236-457 ppb 검출되었고, Peanuts 제품에서는 아크릴아마이드가 검출되지 않았다(22).

**요 약**

스웨덴에서 발암 가능성이 높은 물질 아크릴아마이드가 굽거나 튀긴 음식에서 검출되었다고 발표한 후 아크릴아마이드에 대한 연구가 전세계적으로 진행되고 있다. 본 연구에서는 국내 식품에 대한 모니터링을 위해 다양한 식품을 선택하여 327개 식품을 분석하였다. 모니터링 결과 원료식품은 ND-17 ppb, 밥은 ND-14 ppb, 떡은 ND-<10 ppb, 빵은 <10-33 ppb, 유당면은 ND-27 ppb, 영유아식은 ND-15 ppb, 후렌치 후라이는 141-1,118 ppb, 빵튀기 누룽지 강냉이 및 건빵은 15-587 ppb, 단백질 식품은 ND-<10 ppb, 포테이토 칩, 포테이토 스낵은 278-3,277 ppb, 크래커, 스낵, 비스킷은 13-459 ppb, 시리얼은 <10-236 ppb, 차 및 음료는 ND-24 ppb, 커피는 394-1026 ppb, 초콜릿은 13-30 ppb, 사탕, 캐러멜은 ND-34 ppb, 통조림은 ND-20 ppb, 버터, 마가린 및 유제품은 ND-<10 ppb, 장류는 ND-60 ppb, 소스는 ND-51 ppb, 기타(땅콩, 호두)는 ND-13 ppb 범위의 아크릴아마이드가 검출되었다. 국내 제품의 아크릴아마이드 함량은 외국에서 분석된 아크릴아마이드 함량과 비슷하였다.

**감사의 글**

본 연구는 2003년도 식품의약품안전청에서 시행한 용역연구 개발사업의 연구비 지원과 농심(주)의 도움으로 진행되었습니다. 이에 깊이 감사드립니다.

**문 헌**

1. SNFA. Acrylamide in food: Acrylamide in foodstuffs, consumption and intake. Available from: <http://www.slv.se/engdefault.asp>. Accessed Apr. 10, 2002.
2. U. S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition. Exploratory data on acrylamide in foods. Available from: <http://www.cfsan.fda.gov>. Accessed Apr. 3, 2002.
3. U. S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition. Exploratory data on acrylamide in foods. Available from: <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydat2.html>. Accessed Jun. 1, 2003.
4. Park JY. Acrylamide monitoring of domestic heat-treated food products. MS thesis, Ewha Womans University, Seoul, Korea (2003)
5. U. S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition. FDA draft action plan for acrylamide in food, Available from: <http://www.cfsan.fda.gov>. Accessed May 3, 2002.
6. Konings EJM, Baars AJ, van Klaveren JD, Spanjer MC, Rensen PM, Hiemstra M, van Kooji JA, Peters PWJ. Acrylamide exposure from foods of the Dutch population and an assessment of the consequent risks. Food Chem. Toxicol. 41: 1569-1579 (2003)
7. Ono H, Chuda Y, Kobayashi H, Yoshida M, Analysis of acrylamide by LC-MS/MS and GC-MS in processed Japanese foods. Food Addit. Contam. 20: 215-220 (2003)
8. U. S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition Office of Plant & Dairy Foods & Beverages. Detection and quantitation of acrylamide in foods. Available from:

- <http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/pestadd.html#acrylamide>. Accessed Mar. 4, 2002.
9. Koga K, Nakato Y, Tadano S, Hattori Y, Maki S. Determination of toxic chemicals in exhaust gas(VI)-determination of acrylamide by GC/MS and GC/FTID. *J. Environ. Chem.* 8: 189-502 (1998)
  10. Barber DS, Hunt JR, Ehrich MF, Lehning EJ, LoPachin RM. Metabolism, toxicokinetics and hemoglobin adduct formation in rats following subacute and subchronic acrylamide dosing. *Neurotoxicology.* 22: 341-353 (2001)
  11. Rosén J, Hellenäs K-E. Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Analyst* 127: 880-882 (2002)
  12. Gertz C, Klostermann S. Analysis of acrylamide and mechanism of its formation in deep-fried products. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 104: 762-771 (2002)
  13. Ahn JS, Castle L, Clark DB, Lloyd AS, Philo MR, Speck DR. Verification of the findings of acrylamide in heated foods. *Food Addit. Contam.* 19: 1116-1124 (2002)
  14. Castle L. Determination of acrylamide monomer in mushrooms grown on polyacrylamide gel. *J. Agric. Food Chem.* 41: 1261-1263 (1993)
  15. Yasuhara A, Tanaka Y, Hengel M, Shibamoto T. Gas chromatographic investigation of acrylamide formation in browning model system. *J. Agric. Food Chem.* 51: 3999-4003 (2003)
  16. Biedermann M, Noti A, Biedermann-Brem S, Mozzetti V, Grob K. Experiments on acrylamide formation and possibilities to decrease the potential of acrylamide formation on potatoes. *Mitt. Lebensm. Hyg.* 93: 668-687 (2002)
  17. U. S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition. Exploratory data on acrylamide in foods. Available from: <http://www.cfsan.fda.gov>. Accessed October. 1, 2002.
  18. National Food Research Institute. Analysis of acrylamide in processed foods in Japan. Available from: <http://aa.iacfc.affrc.go.jp>. Accessed Apr. 10, 2002.
  19. Swiss Federal Office of Public Health. Preliminary communication; Assessment of acrylamide intake by duplicate diet study. Available from: <http://www.bag.admin.ch/verbrau/aktuell/d/DDS%20acrylamide%20preliminary%20communication.pdf>. Accessed Apr. 10, 2002.
  20. Becalski A, Lau BP-Y, Lewis D, Seaman SW. Acrylamide in foods: Occurrence, sources, and modeling. *J. Agric. Food Chem.* 51: 802-808 (2003)
  21. Food Standards Agency. Paper and board packaging; Not likely to be a source of acrylamide in food. Available from: <http://www.food.gov.uk>. Accessed Apr. 10, 2002.
  22. U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition Office of Plant & Dairy Foods & Beverages. Detection and quantitation of acrylamide in Foods. Available from: <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrylami.html>. Accessed Sep. 3, 2002.
  23. SNFA. Acrylamide in food: Acrylamide in foodstuffs, consumption and intake. Available from: <http://www.slv.se/engdefault.asp>. Accessed Jun. 1, 2003.
  24. Kang DI. Annual production report of food items in Korea. *Food J. Seoul, Korea.* pp. 65-69 (2003)

---

(2004년 9월 21일 접수; 2004년 11월 9일 채택)