KOREAN J. SOC. FOOD COOKERY SCI.
Vol. 20, No. 6, December, 2004

연구노트

가정식 음식의 아크릴아마이드 함량분석

이미선 · 박재영 · 오상석†
이화여자대학교 생활환경대학 식품영양학과

Acrylamide monitoring in home-made food products

Lee, Mi-Seon, Park, Jae-Young, Oh, Sangsuk†
Department of Food & Nutritional Sciences, Ewha Womans University

Abstract

Swedish research in 2002 indicated that acrylamide formation was particularly associated with traditional high temperature cooking processes of certain carbohydrate-rich foods. Since the Swedish report, similar findings have been reported by researchers in numerous other countries. In 2003, three hundred and twenty seven domestic food products, selected on the basis of annual sales in Korea, were analyzed. The results were similar to those from other countries. In this study, the monitoring of acrylamide was expanded to include Korean traditional food products. Samples were purchased from local markets, prepared and then analyzed using LC/MS/MS methods. The categorized food products analyzed included cooked rices and porridges, soup products, fried products, boiled down products, seasoned products, roasted products and coffee. The acrylamide concentrations of the samples were ND~18ppb in cooked rices and porridges, ND~28ppb in soup products, ND~22ppb in fried products, ND~218ppb in boiled down products, <10ppb in seasoned and roasted products, and <10~11ppb in brewed coffee and coffee drinks.

Key words: acrylamide, monitoring, Korean traditional food

Ⅰ. 서 론

아크릴아마이드가 가열 처리한 식품에서 검출되는 발암의심물질로 알려진 이후[1] 다양한 식품에서의 아크릴아마이드 존재유무, 생성 메커니즘, 발암성을 포함한 독성연구, 인체 노출에 따른 위해도 등에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다[2-7]. 아크릴아마이드는 IARC(International Agency for Research on Cancer)에서 Group 2A로 grouping된 물질이라[8] 학계, 업계, 소비자 등에서 민감한 반응을 보였다. 이에 WHO는 식품에서 아크릴아마이드가 검출되지만 현재 정보만으로는 아크릴아마이드 함유 기피식품을 선정할 단계는 아니며 발암성에 관련된 연구와 아크릴아마이드 섭취에 따른 위해 연구가 지속적으로 필요하다고 제안하였다[9].

Corresponding author: Sangsuk Oh, Ewha Womans University, 11-1 Daehyon-Dong, Seodaemun-Gu, Seoul 120-750, Korea
Tel : 82-2-3277-3558
Fax : 82-2-3277-2862
E-mail : ssoh71@ewha.ac.kr

아크릴아마이드는 갑자기 생성된 물질이 아니고 인류가 가열 처리된 음식을 섭취한 이후 지속적으로 섭취해 왔으며, 가열 조리에 의해 생성된다고 한다[10]. 아크릴아마이드에 대한 새로운 사실은, 우리가 먹는 식품에 아크릴아마이드가 존재한다는 사실이며 그것이 가열 조리에 의해 생성된다는 것이다. 지금까지 식품 내의 아크릴아마이드가 인체에 어떤 영향을 미치는지는 정확하게 밝혀지지 않았으므로 소비자들에게 식품 섭취 형태를 바꾸는 것보다 섬유질이 많은 식품, 즉 과일과 야채를 많이 섭취하며, 후렌치 후라이나 감자로 조리된 식품 섭취 시, 고온이나 지나치게 긴 시간동안 조리해서 먹는 것은 피하는 것을 권고하고 있다. 더불어 우리가 먹는 다양한 식품에서 아크릴아마이드가 얼마나 검출되는지에 관한 모니터링 연구를 지속적으로 실시해 소비자에게 보다 정확한 정보를 제시할 필요성이 있다. 국내에서는 2002년 FDA(Food and Drug Adminstration)에 의해 확립된 LC- MS/MS(liquid-chromatography-tandem mass spectrometry) 분석법을 이용하여[11], 55개 식품에 대

한 예비 모니터링을 하였고[12], 2003년 원료식품, 밥 등 327개 식품에 대한 모니터링을 실시하였다[13].

이에 본 연구에서는 국내 일반가정식으로 주로 행해지는 섭취형태인 밥 · 죽류, 국 · 찌개류, 전 · 튀김 · 볶음류, 조림류, 나물류, 구이류, 커피를 식품군으로 선정하여 국내 소비자가 상시 섭취하는 일부 일반가정식품의 아크릴아마이드 함량을 분석하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 모니터링 시료

국내생산식품 중 아크릴아마이드 함량 모니터링을 위하여 국내에서 가장 많이 섭취되고 있는 주식인 밥을 포함한 일반 가정의 식단을 고려하여 시료를 선정하였다. 본 실험에 사용한 시료는 그랜드마트(신촌점, 서울)와 현대백화점(신촌점, 서울), 패스트푸드점(서울), 일반음식점(서울)에서 구입하여 분석하였다. 밥과 죽류는 전자레인지(700W)를 이용하여 제품에 표시된 조리시간에 따라 1~2분간 가열하였고, 누룽지제품은 표시된 조리방법에 따라 10배의 물을 넣고 10분간 가열하였다. 부식 중 햄과 계란은 프라이팬에 기름을 두르고 2~3분간 가열하고, 돈까스는 제품에 표시된 방법에 따라 180℃에서 4분간 가열하였다.

2. 기기 및 시약

아크릴아마이드의 분석기기로는 Aqua C_{18}(2×250mm, Phenomonex, Torrance) 컬럼이 장착된 Electrospray positive ionization(ESI+), High-pressure liqid chromatograph, S2100 Solvent Delivery System(Sykam, Germany); Triple-quadrupole tandem mass spectrometer, Quattro micro(Micromass UK Ltd, Manchester, UK)을 사용하였고, 분석프로그램으로는 MassLynx version 3.5 LC-MS/MS를 사용하였다. 샘플혼합에는 Shaking incubator(KMC-8480SF, Vision scientific Co., Korea)를 사용하였고, 원심분리에는 High speed refrigerated centrifuge(SUPRA 22K, Hanil Science Industrial, Korea)와 Micro centrifuge (Marathon Micro High Speed Centrifuge, Fisher Scientific, USA)를 사용하였다. 표준물질로는 Acrylamide(Sigma Chemical Company, USA)를 구입하여 사용하였고, 내부표준물질로는 $^{13}C_3$-Labeled acrylamide(Cambridge Isotope Laboratory, UK)를 구입하여 4±2℃에 냉장 보관하여 사용하였다. 재가열 식품의 가열을 위해서는 Microwave oven(GOR-20M3, Magic chef, Korea)을 사용하였다.

3. 분석방법

시료 준비는 시료 100g을 HMF-560(Hanil Science, Korea) 믹서기로 균질화한 후, 50mL Polypropylene Copolymer Centrifuge Ware(Nalgene, USA)에 1g을 취하여(Fig. 1), 내부표준물질인 $^{13}C_3$-labeled acrylamide (200ng/㎖ in 0.1% Formic acid) 용액 1mL과 증류수 9mL을 넣어 진탕 항온기(Vision scientific Co., Korea)에 180rpm으로 20분동안 shaking한 후, 15분동안 원심분리(9,000rpm, Hanil Science Industrial, Korea)하였다. 원심분리 후, 지방층과 샘플층의 중간액 5mL을 0.45㎛ PVDF(polyvinylidene fluoride) Maxi-spin filter tube(Alltech Associates, USA)에 옮겨 Micro centrifuge (Fisher Scientific, USA)에 9,000rpm으로 2분 동안 원심분리하였다. OASIS HLB SPE(200㎎ packing, Waters Corporation, USA) cartridge를 methanol과 water로 conditioning한 후, PVDF Maxi-spin filter tube에서 여과된 샘플 중 1.5mL과 증류수 2mL을 여과하였다. methanol와 water로 conditioning한 Varian SPE cartridge(200㎎ packing, Varian Inc., USA)에 전 단계 OASIS SPE cartridge로 여과된 샘플 1.5mL을 여과시켜, 최종 1mL을 LC-MS/MS 분석샘플로 사용하였다. 시료 분석결과는 1회 분석 검출량이며, 10 ppb 이하의 검출량은 <10 ppb로 표기하였다.

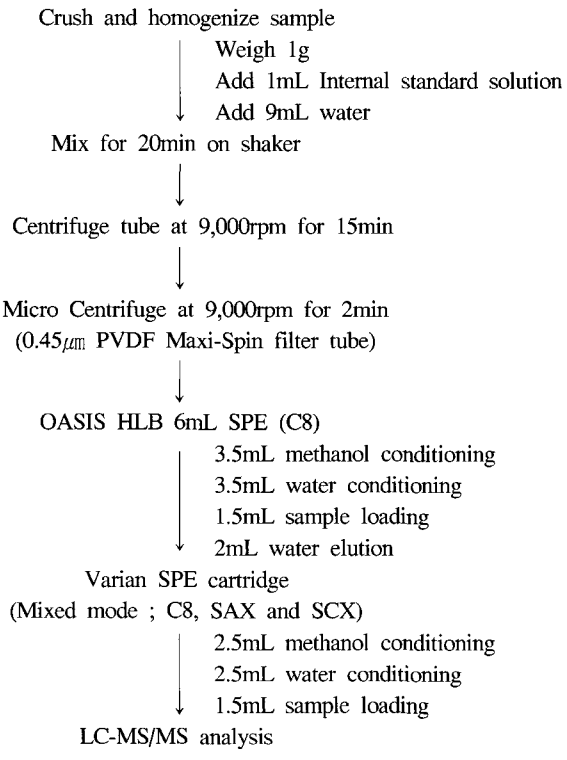

Fig. 1. Scheme for acrylamide analysis (FDA, 2003)

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 검량선 작성

검량선 작성을 위하여 HPLC grade water에 아크릴아마이드를 첨가하여 1ppb, 10ppb, 100ppb, 250ppb, 500ppb 등의 농도의 standard solution을 만들었다. 각 농도의 standard solution 1mL에 분석 샘플에 첨가한 농도와 동일한 내부표준물질($^{13}C_3$-acrylamide, 200ppb) 1mL를 가한 후, 면적비를 비교하여 검량곡선을 작성하였다. 검량선의 r값은 0.999997, r^2값은 0.999993이다. Standard curve는 샘플에 함유된 아크릴아마이드 정량 시 이용되었다.

2. 모니터링 결과 및 고찰

곡류를 이용한 가열식품인 밥과 죽의 아크릴아마이드 함량을 분석하였는데, 국내 주식인 밥을 분석한 결과는 대부분의 제품에서 검출한계(10ppb) 이하이거나 검출되지 않았고, 누룽지 제품에서만 <10~19ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다(Table 1). 밥과 죽은 제품에 표시된 방법에 따라 전자레인지에서 1~2분간 가열 후 아크릴아마이드 함량을 비교하였다. 아크릴아마이드는 고온에서 가열한 식품에서 많이 검출된다고 보고되었으나 전자레인지를 이용한 재가열에서는 아크릴아마이드 검출량의 차이가 크지 않았다. 쌀밥뿐만 아니라 흑미밥과 현미밥에 대한 분석도 하였는데, 그 결과 모든 밥에서 아크릴아마이드가 검출되지 않았다. 국·찌개류는 일반음식점에서 김치찌개, 된장찌개, 미역국, 콩나물국을 구입하여 분석하였는데, 검출한계(10ppb) 이하이거나 검출되지 않았다(Table 1). 된장찌개에서는 아크릴아마이드가 검출되지 않았으나, 2003년도 모니터링 결과 중 된장찌개의 주원료인 된장에서 34ppb과 60ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다[13]. 반찬류 중에서 튀기거나 볶는 등의 비교적 높은 온도로 가열하는 식품을 중심으로 선택하였는데, 육원전, 호박전, 두부전, 김치전, 고구마튀김, 오징어튀김, 버섯볶음, 멸치볶음, 진미채볶음, 잡채, 햄, 계란에서 ND~12ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다. 두부의 경우 조리전과 후 모두 10ppb이하의 아크릴아마이드가 검출되었다. 조림류에서는 연근조림에서 35ppb, 콩자반에서는 78~218ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다(Table 1). 조림류 중 콩자반의 아크릴아마이드 함량이 다른 한식찬류보다 높았는데, 콩자반의 원재료인 검은콩에서는 <10~12ppb의 아크릴아마이드가 검출되었으므로 콩자반의 조리과정에 의해 아크릴아마이드 함량이 증가될 수 있음을 알 수 있다. 하지만 2002년 국

Table 1. Acrylamide concentration in

Sample	Acrylamide Concentration (ppb)	
	No 1	No 2
Cooked rices & Porridges		
Cooked rice, unheated	<10	<10
Cooked rice, microwaved	<10	<10
Cooked black rice, unheated	<10	<10
Cooked black rice, microwaved	<10	ND[1)]
Cooked brown rice, unheated	ND	<10
Cooked brown rice, microwaved	ND	ND
Scorched rice	15	18
Scorched rice, boiled	<10	<10
Abalone porridge, unheated	<10	<10
Abalone porridge, microwaved	<10	<10
Pumpkin porridge, unheated	<10	<10
Pumpkin porridge, microwaved	<10	14
Red bean porridge, unheated	<10	-
Red bean porridge, microwaved	<10	-
Soup products		
bean sprouts soup	<10	28
seaweed soup	ND	ND
kimchi pot-stew	<10	ND
soy bean paste stew	ND	ND
Fried products		
pan-fried pork with vegetable	ND	ND
pan-fried squash	ND	12
pan-fried tofu	<10	<10
kimchi pan cake	<10	<10
fried sweet potato	ND	<10
fried squid	ND	12
stir-fried mushroom	<10	-
stir-fried anchovy	<10	-
stir-fried dried squid with red pepper paste	<10	-
stir-fried noodles with vegetable	ND	-
fried egg	<10	<10
fried pork cutlet	22	11
baked ham	<10	<10
Boiled down products		
boiled down lotus root	<10	35
boiled down potato	ND	-
boiled down black bean	78	218
Seasoned products		
Seasoned bracken	<10	-
seasoned roots of balloon flower	<10	-
Roasted products		
roasted mackerel	ND	<10
Coffee		
coffee(house blend), brewed	<10	<10
coffee mix(original), brewed	11	<10
coffee mix(mocha gold), brewed	<10	-
coffee drinks, canned	<10	<10

1) ND : Not Detected

민영양건강조사 자료에 의하며 대두를 제외한 계절별 두류의 일일섭취량이 1g 미만이므로[14], 실제 콩자반에서 섭취하는 아크릴아마이드 함량은 높지 않다고 사료된다. 고사리나물, 도라지나물, 삼치구이에서는 10ppb 이하의 아크릴아마이드가 검출되었다(Table 1). 일반가정에서 많이 섭취하고 있는 커피류의 아크릴아마이드 함량도 분석하였는데, 커피믹스는 포장제품 12g에 끓는 물 100mL을 넣었고, 원두커피는 커피메이커에 원두 10g과 물 180mL을 넣어 끓였다. 커피를 끓인 후에 <10~11ppb 범위의 아크릴아마이드가, 캔커피음료에서는 검출한계(10ppb) 이하의 아크릴아마이드가 검출되었다(Table 1). 핀란드에서는 커피메이커에 원두커피 60g과 물 1L를 넣어 끓였을 때, 20~29ppb의 아크릴아마이드가 검출되었고, 덴마크에서도 커피메이커에 40g과 물 1L를 넣어 끓였을 때 3~15ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다. 프랑스의 커피음료에서 50ppb이하, 노르웨이의 커피음료에서는 17~37ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다.

Ⅳ. 요약 및 결론

스웨덴에서 발암의심물질인 아크릴아마이드가 굽거나 튀긴 음식에서 검출되었다고 발표한 후 아크릴아마이드에 대한 연구는 지속적인 모니터링과 risk analysis를 행하고 있다. 본 연구에서는 국내생산식품에 대한 모니터링을 위해 일반가정에서 많이 섭취하는 식단을 분석하였다. 주식인 밥 · 죽류는 ND~18ppb, 국 · 찌개류는 ND~<10ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다. 전 · 튀김 · 볶음류는 ND~22 ppb, 조림류는 ND~218ppb의 아크릴아마이드가 검출되었고, 나물류와 구이류는 검출한계(10ppb) 이하이거나 검출되지 않았다. 연근조림(<10, 35ppb)과 콩자반(78~218ppb)을 제외한 전 · 튀김 · 볶음류, 조림류, 나물류 등의 한식찬류에서는 ND~12ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다. 2002년 국민영양건강조사 자료에 의하며 대두를 제외한 계절별 두류의 일일섭취량이 1g 미만이므로, 실제 콩자반으로부터의 아크릴아마이드 섭취량은 크지 않다고 판단된다. 커피에서는 커피믹스를 끓인 후, 한 제품에서만 11ppb가 검출되었고, 다른 커피믹스제품, 원두커피, 캔음료에서는 검출한계(10ppb) 이하의 아크릴아마이드가 검출되었다. 본 연구에서 분석한 샘플에서의 아크릴아마이드 함량이 높지 않으므로, 한식을 중심으로 한 우리나라의 식생활에서의 아크릴아마이드 섭취량은 외국의 경우보다 적을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농심(주)의 도움으로 진행되었습니다. 이에 깊이 감사드립니다.

참고문헌

1. SNFA. Acrylamide in food : Acrylamide in foodstuffs, consumption and intake. Available from: http://www.slv.se/engdefault.asp. Accessed Apr. 10, 2002.
2. Food and Drug Administration. Exploratory Data on Acrylamide in Foods. Available from : http://www.cfsan.fda.gov. Accessed Apr. 3, 2002.
3. Food and Drug Administration. Exploratory Data on Acrylamide in Foods. Available from : http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydat2.html Accessed Jun. 1, 2003.
4. Konings, EJM, Baars, AJ, van Klaveren, JD, Spanjer, MC, Rensen, PM, Hiemstra, M, van Kooji, JA and Peters, PWJ : Acrylamide exposure from foods of the Dutch population and an assessment of the consequent risks. Food Chem. Toxicol., 41:1569-1579, 2003
5. Ono, H, Chuda, Y, Kobayashi, H and Yoshida, M : Analysis of acrylamide by LC-MS/MS and GC-MS in processed Japanese foods. Food Addit. Contam., 20:215-220, 2003
6. Rosén, J and Hellenäs, K-E : Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry. Analyst, 127:880-882, 2002
7. National Food Research Institute.Analysis of Acrylamide in Processed Food in Japan. Available from : http://aa.iacfc.affrc.go.jp. Accessed Apr. 10, 2002
8. International Agency for Research on Cancer. Available from : http://www.iarc.fr. Accessed Sep. 10, 2002
9. World Health Organization/ Food and Agriculture Organization acrylamide in food network. Available from : http://www.iarc.fr. Accessed Oct. 5, 2002
10. Food and Drug Administration. FDA Draft Action Plan for Acrylamide in Food, U. S. Center for Food Safety and Applied Nutrition. Available from: http://www.cfsan.fda.gov. Accessed Oct. 3, 2002
11. Food and Drug Administration. Detection and Quantitation of Acrylamide in Foods. Available from: http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/pestadd.html#acrylamide. Accessed Mar. 4, 2002
12. Park, JY : Preliminary Acrylamide Monitoring of Domestic Heat-Treated Food Products, J. Food Sci. Technol., 35:748-751, 2003
13. Kim, HY : Acrylamide Monitoring of Domestic Heat-Treated Food Products and Study of Acrylamide Formation Factors. Doctoral thesis, Ewha Womans University of Korea, 2004
14. Ministry of health and welfare. Report on 2002 national nutrition survey by season(2002), 2002

(2004년 11월 16일 접수, 2004년 11월 30일 채택)