pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 38, No. 6, pp. 476~482 (2023)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2023.38.6.476

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

가열조리에 따른 냉동식품의 아크릴아마이드 함량조사

이유진* · 김명길 · 권혜정 · 배호정 · 임경숙 · 백은진 · 이명진
경기도보건환경연구원 식품분석팀

Investigation of Acrylamide Contents in Frozen Foods According to the Cooking Method

You-Jin Lee*, Myung-Gil Kim, Hye-Jung Kwon, Ho-Jeong Bae, Kyong-Suk Lim, Eun-Jin Baek, Myung-Jin Lee
Food Analysis Team, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Suwon, Korea

(Received July 17, 2023/Revised October 26, 2023/Accepted November 4, 2023)

ABSTRACT - This study aimed to investigate the acrylamide content in frozen food products after cooking. Twenty samples of bread (Group 1) and 30 samples of processed tuberous and corn vegetable products (Group 2) were selected. Acrylamide levels were quantified using liquid chromatography tandem-mass spectrometry (LC-MS/MS). The frozen food samples were heated using the air fryer cooking method according to the product packaging and were compared to ready-to-eat French fries (Group 3). The results showed that the acrylamide content was the highest in group 3, followed by that in group 2 and group 1. The acrylamide content of all the samples was found to be within the domestic recommended standard of 1 mg/kg. However, when the samples that exceeded EU benchmark level (0.5 mg/kg) were selected and cooked using the deep-fat frying method according to the product packaging, one of them showed the acrylamide content of 1.83 mg/kg, which exceeded the domestic recommended standard. The present study highlights the need for continued evaluation and management to reduce acrylamide contents in frozen foods, as increasing domestic exposure to acrylamide is concerning.

Key words: Acrylamide, Frozen foods, French fries, LC-MS/MS

아크릴아마이드(CAS No. 79-06-1: acrylamide, C3H5NO)는 1994년 세계보건기구(World Health Organization, WHO) 산하 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서 사람에게 암을 유발할 수 있는 제한적인 증거 및 동물실험에서의 유전독성과 발암성을 근거로 인체발암 추정물질(Group 2A)로 분류하였다[1]. 식품 중 아크릴아마이드가 검출된다는 것이 2002년 Swedish National Food Authority (SNFA)에 의해 최초로 알려진 이후 세계 각국은 식품별 검출수준을 모니터링하고 노출 평가를 지속적으로 수행하고 있다[2,3]. 식품 중 아크릴아마이드는 포도당(glucose)과 같은 환원성이 있는 당류와 아스파라긴(asparagine)과 같은 아미노산이 120°C 이상의 고온에서 조리·가공될 때 Maillard 반응에 의해 생성되며, 일반적으로 탄수화물 함량이 높고 단백질 함량이 낮은 식물성 식품을 고온에서 조리할 때 나타난다. 또한 식품의 종류, 조리방법, 수분함량, 점성, 가열시간, 가열온도 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다[4-6]. 아크릴아마이드의 직접적인 인체 노출원은 식품을 통한 섭취로 밝혀져 있으며, 주요 원인 식품으로는 감자제품, 토스트, 시리얼, 커피 등이 있다[7]. 식품 내 아크릴아마이드 함량은 french fries, potato chip, tortilla chip, bread crust, crisp bread 등의 상업적으로 가공된 식품에서 높은 것으로 보고되고 있다[8].

유럽위원회(European Commission)는 2018년 4월부터 식품 내 아크릴아마이드 잔류량 감소를 위한 실행규범을 시행하였고 식품별 benchmark levels을 제시하고 있다. 그 중 감자튀김(즉석섭취)은 500 μg/kg, 감자를 이용한 제품은 750 μg/kg, 빵류는 50-100 μg/kg 이하로 설정되어 있다[9]. 우리나라 식품의약품안전처는 2021년 1월 1일부터 식품 중 아크릴아마이드 권장규격을 운영하고 있다. 노출기여

*Correspondence to: You-Jin Lee, Food Analysis Team, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Suwon 16381, Korea
Tel: +82-31-8008-9772, +82-31-438-5871
E-mail: lyj2868@gg.go.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

도가 높은 식품 등에 아크릴아마이드 권장규격을 설정하여 운영 중이며, 식품접객업소 조리식품인 감자튀김은 1 mg/kg 이하로 설정하여 관리하고 있다[10].

코로나19 팬데믹을 기점으로 가정에 에어프라이어 보급률이 높아졌고 냉동 가정간편식의 판매량이 증가하였다[11]. 그 중 감자튀김 등 냉동프라이 제품이 에어프라이어 사용 조리빈도가 가장 높은 간편식으로 나타났다[11]. 에어프라이어는 음식 주위에 최대 약 200°C의 고온 공기를 순환시켜 조리하는 가전제품으로 내부 열선으로 뜨거운 공기를 만들고 팬으로 공기를 빠르게 순환시켜 음식을 조리하는 원리다. 기름 섭취를 줄일 수 있고 오일에 튀겼을 때와 유사한 색과 식감을 낼 수 있다는 장점이 있다[12]. 하지만 에어프라이어는 기름에 튀길 때 보다 조리 온도가 높고 조리시간은 길어 아크릴아마이드가 과량 생성될 가능성이 있어 소비자들의 주의가 필요하다[13]. 또 식품 중 아크릴아마이드 권장규격이 일부 품목에만 한정되어 있고, 냉동식품의 조리에 따른 주의사항 등 안내가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 냉동식품 중 탄수화물 함량이 높은 제품을 선정하여 에어프라이어 조리에 따른 아크릴아마이드 함량을 분석함으로써 소비자에 안전한 섭취방법을 제시하고자 한다.

Materials and Methods

실험재료

2022년 3월부터 10월까지 대형 유통마트, 백화점과 온라인몰에서 판매중인 가열하여 섭취하는 냉동식품 중 빵류 20건(Group 1)과 서류가공품 30건(Group 2)을 구입하였다. 또한 아크릴아마이드 함량 비교를 위해 기름에 튀기는 방식으로 조리하는 식품접객업소 조리식품 (감자튀김) 20건(Group 3)을 구입하였다. 품목별 시료 구입내역은 Table 1과 같다.

시약 및 표준물질

실험에 사용한 모든 시험용액 및 이동상은 18.2 MΩ 수준의 정제된 3차 증류수를 이용하고 methanol과 formic acid는 Merck (Darmstadit, Germany)사의 제품을 사용하였다. 분석을 위한 표준품으로 acrylamide와 내부표준물질인 acrylamide-$^{13}C_3$는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)사의 제품을 사용하였다. Acrylamide 표준품을 정밀히 달아 물에 녹여 1 mg/mL이 되도록 조제한 후 실험에 필요한 농도로 희석하여 표준용액으로 사용하였다. 내부표준용액은 acrylamide-$^{13}C_3$ 표준품을 메탄올에 녹여 1 mg/mL로 조제한 후 0.1% formic acid에 녹여 최종 200 ng/mL 농도로 희석하여 사용하였다. 시료를 정제하기 위하여 OASIS HLB solid phase extraction (SPE) cartridge (200 mg/6 mL)는 Waters (Milford, MA, USA)에서, strong anion exchange (SAX)와 strong cation exchange (SCX)가 혼합 충전되어있는 Bond Elut Accucat SPE cartridge (200 mg/3 mL)는 Agilent (Santa Clara, CA, USA)에서 구매하여 사용하였다.

시료전처리

가열하여 섭취하는 냉동식품의 경우 제품에 표기된 에어프라이어 조리법에 따라 조리하였다. 에어프라이어(AF16, Livingwell, Seoul, Korea)는 이중열선을 사용하여 설정온도 유지가 잘 되며 디지털 방식으로 온도 및 시간 조절이 가능한 제품을 선택하였다. 가열온도가 높을수록, 조리시간이 길수록, 조리양이 적을수록 식품 중 아크릴아마이드 함량이 높다는 연구결과[13,14]가 있으므로 조리온도 및 시간은 최대값에 맞추고 조리양은 최소값으로 설정하였다. 조리법 미 표기 제품일 경우 에어프라이어 사용가이드에 따라 200°C, 15분으로 하고, 패스트푸드점 1인분 용량기준인 100 g으로 조리하였다. 에어프라이어 조리에 따른 아크릴아마이드 함량이 500 μg/kg을 초과하는 제품을 선별하

Table 1. The number of samples subjected to analysis in each food category

Food category			Number of samples
Frozen foods	Breads (Group 1)	Hot dog	7
		Pizza	5
		Dough	3
		Others	5
		Total	20
	Processed tuberous and corm vegetable product (Group 2)	French fries	24
		Hash brown	3
		Potato croquette	1
		Fried sweet potatoes	2
		Total	30
Cooked foods from food service business (Group 3)		French fries (ready-to-eat)	20

여 튀김기(DKR-113, Delki, Goyang, Korea) 조리법에 따라 조리하여 아크릴아마이드 함량을 비교하였다.

아크릴아마이드 분석방법

식품의약품안전처의 식품 중 아크릴아마이드 권장규격 운영 계획에서 제시한 방법으로 분석하였다[10]. 모든 검체는 믹서기(HMF-3970TG, Hanil Electric, Seoul, Korea)로 균질화 한 후 1 g을 정밀히 취하고 물과 내부표준용액(200 ng/mL)을 넣었다. 진탕기(iSwix MV, Neuation Technologies Pvt. Ltd., Kalol, India)와 원심분리기(5430R, Eppendorf, Hamburg, Germany)를 사용하여 추출한 후 카트리지로 정제하여 기기분석 시험용액으로 사용하였다(Fig. 1).

분석 장비는 U-HPLC (5200 NASCA2, Osaka Soda, Osaka, Japan) 및 LC-MS/MS (QTRAP 4500, AB Sciex, Foster City, CA, USA)를 사용하여 아크릴아마이드를 정량하였고 분석 조건은 Table 2 및 Table 3과 같다.

분석방법 유효성 확인

아크릴아마이드 표준용액을 10, 25, 100, 250, 500 ng/mL 농도로 희석하고 샘플에 첨가한 농도와 동일한 농도로 내부표준용액을 섞어 검량선 작성에 이용하였다. 각 농도별로 희석한 표준용액을 5반복 측정한 후 내부표준물질 피크의 면적에 대한 아크릴아마이드 피크의 면적 비로 검량선을 작성하여 회귀선의 결정계수(coefficient of determination, R^2)를 확인하고, 정밀성은 반복 측정한 분석결과의 CV (coefficient of variation, %) 값으로 확인하였다.

분석법의 검출한계(limit of detection, LOD)와 정량한계(limit of quantitation, LOQ)는 International Council for Harmonisation of Technical Requirements for

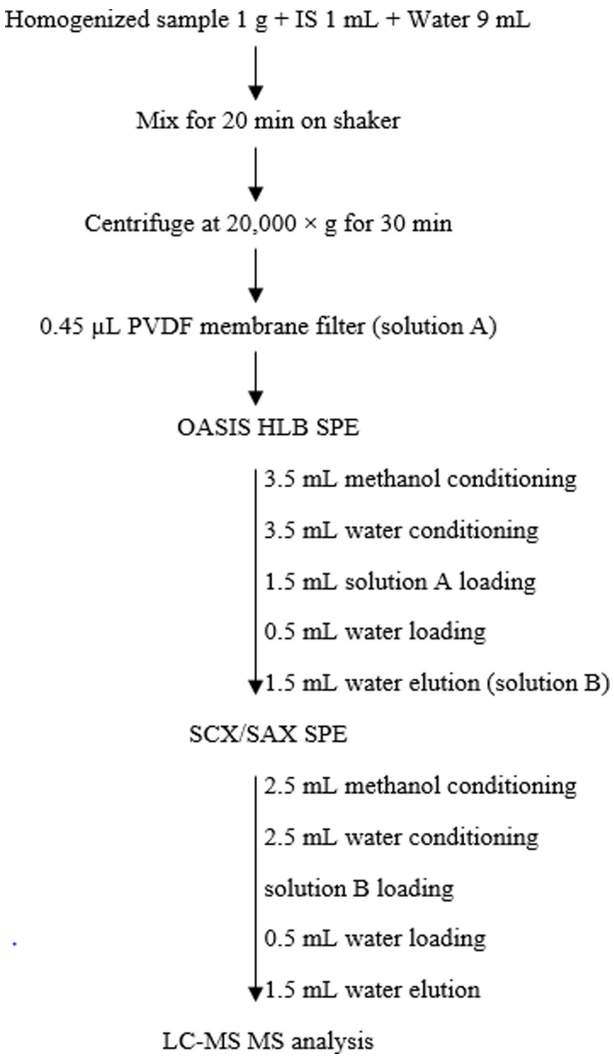

Fig. 1. Scheme for sample extraction.

Table 2. Operational parameters of LC-MS/MS

Instrument	Parameter	Condition			
LC	Column	Cadenza CD-C18 (150×3 mm, 3 μm, Lmtakt, Portland, OR, USA), 40°C			
	Mobile phase	A: 0.1% formic acid in water B: 100% methanol			
	Gradient settings	Time (min)	A (%)	B (%)	Flow rate (μL/min)
		0.0	90	10	300
		0.2	90	10	300
		3.0	5	95	300
		5.0	5	95	300
		5.1	90	10	300
		9.0	90	10	300
	Injection volumn	5 μL			
MS/MS	Ion source type	ESI (positive)			
	Capillary temperature	350°C			
	Capillary voltage	2.0 kV			

Table 3. Analyte-specific MS/MS conditions

Compound	Retention time (min)	Molecular weight	Exact mass	Precursor ion (m/z)	Product ion (m/z)	Collision energy (eV)
Acrylamide	3.3	71.08	71.03	72	44 55[1)]	27 16
Acrylamide-$^{13}C_3$	3.3	74.06	74.05	75	58[1)]	16

[1)] used for the calibration and quantification purpose.

Pharmaceuticals for Human Use (ICH)에서 제시한 기기반응(response)의 표준편차와 검량선의 기울기 평균에 근거하는 방법에 따라 구하였다[15].

$$LOD = 3.3 \times \sigma / S$$
$$LOQ = 10 \times \sigma / S$$

(σ: 반응의 표준편차, S: 검량선의 기울기)

회수율은 표준물질(reference materials, RM)인 FAPAS (food analysis performance assessment scheme)의 TFV013RM (french fries, pre-cooked)을 3회 반복 측정하여 구하였다.

Results and Discussion

분석법 유효성 검증

유효성 확인을 위한 기기 검출한계와 정량한계, 직선성, 정밀성, 회수율은 Table 4에 나타내었다. 검출한계와 정량한계는 각각 2.37 μg/kg, 7.17 μg/kg이었다. 검량선의 R^2 값은 1.00으로 양호한 직선성을 보였고 정밀성도 0.9-2.7% 범위로 나타났다. 분석법의 정확도를 확인하기 위해 FAPAS의 RM TFV013RM (french fries, pre-cooked)을 3반복 측정한 결과 평균값은 340±12 μg/kg으로 표준물질의 오차범위인 338±16 μg/kg을 만족하였고, 측정된 농도를 인증값으로 나눈 분석 회수율은 101±3.51% 였다. 검증 결과가 ICH, Association of Official Agricultural Chemists (AOAC), CODEX (Codex Alimentarius Commission, CAC) 등에서 요구하는 시험방법의 유효화 기준 범위에 적합하여 본 실험은 적절한 분석법으로 시행한 것으로 판단되었다[16-18].

냉동식품의 아크릴아마이드 함량 비교

가열하여 섭취하는 냉동식품(빵류, 서류가공품)을 제품에 제시된 에어프라이어 조리방법에 따라 조리하여 가열 전·후 아크릴아마이드 함량을 분석하였다. 식품 중 아크릴아마이드 생성량은 조리·가공 등의 온도와 시간 등에 따라 수준차가 크기 때문에 특정 식품의 기준 설정이나 섭취량 권고가 어렵다고 알려져 있다[19]. 따라서 감자튀김에 한하여 유럽연합은 저감화 권고치인 benchmark level로써 500 μg/kg[9], 식품의약품안전처는 1 mg/kg[10]을 권장규격으로 설정하여 관리하고 있다.

본 연구에서는 유럽연합 및 국내 권고량을 바탕으로 아

Table 4. Limit of detection, limit of quantitation, linearity, coefficient of variation (CV) and recovery results of analytical method for acrylamide

Compound	LOD (μg/kg)	LOQ (μg/kg)	Linearity (R^2)	CV (%)		Recovery (average±RSD, %)
				Mean	Range	
Acrylamide	2.37	7.17	1.00	1.41	0.9-2.7	101±3.51

Table 5. Effect of cooking on acrylamide contents

		Group 1		Group 2		Group 3
		Before cooking	After cooking	Before cooking	After cooking	
Number of samples	Total	20	20	30	30	20
	Detected (%)	4(20)	4(20)	5(17)	24(80)	20(100)
	Exceeded (%)[1)]	0	0	0	3(10)	6(30)
Mean (mg/kg)[2)]		0.0426	0.0593	0.0241	0.204	0.416
Median (mg/kg)		N.D.[3)]	N.D.	N.D.	0.164	0.336
Range of detected samples(mg/kg)		0.100-0.390[4)]	0.167-0.401	0.102-0.253	0.071-0.694	0.118-0.977

[1)] Exceeding the EU benchmark level; french fries(ready to eat) 0.5 mg/kg.
[2)] Mean was calculated by treating the value which was below the LOQ as zero.
[3)] N.D.: not detected.
[4)] Minimum to maximum value.

크릴아마이드 함량을 비교하였다. 정량한계(LOQ) 미만의 값은 불검출로 처리하고 평균값 계산 시 불검출 값은 0으로 계산하였다. 검출 범위는 아크릴아마이드가 검출된 시료 중에서 최소값과 최대값으로 나타내었다(Table 5).

빵류(Group 1, n=20)의 아크릴아마이드 함량은 에어프라이어 조리 전 4건에서 0.100-0.390 mg/kg으로 검출되었고, 조리 후 동일 제품에서 0.167-0.401 mg/kg으로 나타났다. 조리 전·후 아크릴아마이드 함량이 유럽연합의 빵류(soft breads)에 대한 benchmark level인 50-100 μg/kg[9] 보다 높게 나타난 것은 제품의 원료에 따른 결과로 판단된다. 4건은 모두 겉면에 감자가 붙은 핫도그 제품으로 감자를 원료로 하여 조리한 식품에서 가장 많은 아크릴아마이드가 검출 된다는 실험 결과들이 이를 뒷받침한다[20,21].

서류가공품(Group 2, n=30)의 아크릴아마이드 함량은 에어프라이어 조리 전 5건에서 0.102-0.253 mg/kg으로 검출되었고, 조리 후 24건에서 0.071-0.694 mg/kg으로 함량이 증가하였다. 가열 조리 후 유럽연합의 권고치를 초과한 검체는 3건이며, 국내 권장규격을 초과한 제품은 없었다.

식품접객업소 조리식품(감자튀김)의 아크릴아마이드 함량 비교

기름에 튀기는 방식으로 조리하는 대형 패스트푸드 프랜차이즈의 감자튀김을 수거하여 아크릴아마이드 함량을 분석하였다. 식품접객업소 조리식품(Group 3, n=20)의 아크릴아마이드 함량은 모든 제품에서 0.118-0.977 mg/kg으로 나타났다. 유럽연합의 권고치를 초과한 검체는 6건이며, 국내 권장규격을 초과한 검체는 없었으나 일부는 근접한 수치를 나타내었다. 또한 같은 프랜차이즈 업체의 감자튀김이라도 매장별 아크릴아마이드 함량에 차이가 있었다. 한꺼번에 많은 양을 조리하여 조리양, 기름온도, 튀기는 시간 등 조리조건이 동일하지 않아 아크릴아마이드 함량에 차이가 있었다고 판단된다. 매장에서는 조리조건을 일정하게 유지하고 프랜차이즈 본사는 아크릴아마이드 저감을 위한 적절한 조리법을 마련하여 관리해야 할 것이다.

에어프라이어 조리 후 냉동식품(Group 1, Group 2)의 아크릴아마이드 함량이 식품접객업소 조리식품(Group 3)의 아크릴아마이드 함량보다 낮게 나타났다. 따라서 냉동식품에 표시된 에어프라이어 조리법 관리가 잘 되고 있다고 판단된다. 향후 국내 권고규격의 절반 수준인 유럽연합의 benchmark level에 근접할 수 있도록 지속적인 평가 및 관리가 필요할 것으로 생각된다.

조리법에 따른 아크릴아마이드 함량 비교

에어프라이어 조리 결과 유럽연합의 권고치를 초과한 서류가공품(Group 2) 3건의 검체를 튀김기 조리법으로 조리한 후 아크릴아마이드 함량을 비교하였다(Table 6, Fig. 2). 조리기구 각각의 가열 원리가 다르고 기름이 공기보다 열전도도가 높아 짧은 시간에 음식을 익히기 때문에 에어프라이어와 튀김기의 가열조건을 동일하게 설정하여 비교할 수는 없지만 소비자에 제공된 조리법이 적절한지 확인하였다.

Table 6. Heating conditions for cooking

Sample	Frying method	Temp. (°C)	Time (min)
A	Air frying	200	15
	Deep-fat frying	180	4
B	Air frying	200	15
	Deep-fat frying	180	3
C	Air frying	200	16
	Deep-fat frying	175	5

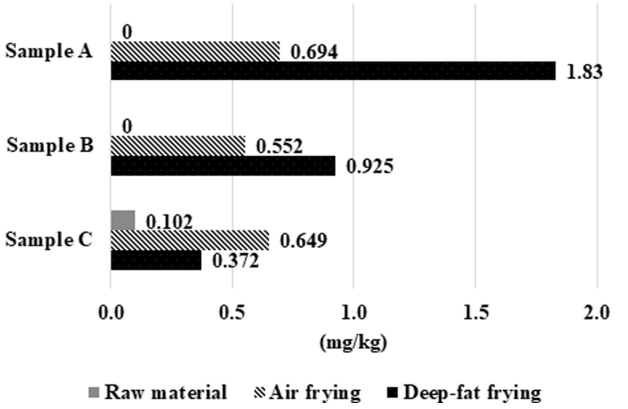

Fig. 2. Comparison of acrylamide contents according to frying methods.

검체 A는 수입제품으로 튀김기 조리 후 아크릴아마이드 함량이 1.83 mg/kg으로 나타나 국내 권고규격을 초과하였다. 조리법을 제조자가 아닌 수입자가 제공한 경우로 가열조건이 적절치 않아 튀겼을 때 진한 갈색을 띄는 것을 확인하였다. 검체 B는 튀김기 조리 후 아크릴아마이드 함량이 0.925 mg/kg으로 에어프라이어로 조리했을 때 보다 높게 나타났다. 검체 C는 튀김기 조리 후 아크릴아마이드 함량이 0.372 mg/kg으로 유럽연합 benchmark level 보다도 낮게 검출되었다.

아크릴아마이드의 형성은 식품에 존재하는 전구체 양에 의한 것 뿐만 아니라 가열온도 및 시간, 식품 매트릭스의 성질, 튀김 기름의 성질 등 다양한 가공 조건에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다[22]. 냉동제품의 조리법에 따른 아크릴아마이드 함량 차이는 검체 표면적에 작용하는 공기와 기름의 열전도도 및 가열 조건의 차이에 의한 것으로 생각된다.

미국 식품의약품청(FDA)의 식품 업체를 위한 아크릴아마이드 관련 지침에서는 감자튀김이 진한 갈색으로 나타나면 아크릴아마이드 함량이 높을 가능성이 있다고 설명하였으며, 유럽연합 역시 금빛 노란색이 될 때 까지만 익

힐 것을 권장하고 있다. 또한 가열온도 및 시간과 같은 생성 요인들의 개선만으로도 제품 중 아크릴아마이드 함량에 많은 영향을 줄 수 있다고 알려져 있다[14]. 일반적으로 튀김에 사용되는 온도는 아크릴아마이드가 형성되기 시작하는 온도인 120°C 보다 높으므로 어느 정도의 아크릴아마이드는 형성될 수 밖에 없지만, 제조·가공 업체는 제품 중 아크릴아마이드 생성을 최소화 할 수 있는 적정 조리법을 마련하여 소비자에 제공해야 할 것이다.

에어프라이어를 이용한 조리법은 기름에 튀기는 방식과 비교하였을 때 식품 중 수분함량, 기름 섭취량 및 아크릴아마이드 함량을 상당히 감소시키고, 튀김의 색과 식감도 뛰어나 건강하고 질 좋은 제품을 찾는 현대인들에게 적절한 조리법이 될 수 있다는 연구 결과들이 있다[12, 23]. 소비자들이 가정에서 제품에 제공된 에어프라이어 조리법에 따라 조리한다면 에어프라이어는 사용이 간편하면서도 건강한 식품을 섭취할 수 있는 조리 도구가 될 수 있을 것으로 생각된다.

국문요약

본 연구는 가열하여 섭취하는 냉동식품 중 빵류 20건 및 서류가공품 30건과 식품접객업소의 조리식품 중 감자튀김 20건을 대상으로 가열조리에 따른 아크릴아마이드 함량을 분석하였다. 에어프라이어를 이용한 냉동식품의 조리 전·후 아크릴아마이드 함량과 식품접객업소 조리식품의 아크릴아마이드 함량을 LC-MS/MS를 이용하여 분석하고 비교하였다. 아크릴아마이드 함량은 에어프라이어 조리 후 빵류 4건에서 0.167-0.401 mg/kg, 서류가공품 24건에서 0.071-0.694 mg/kg으로 나타났으며, 식품접객업소 조리식품은 모든 제품에서 0.118-0.977 mg/kg으로 나타났다. 이 중 국내 아크릴아마이드 권장규격인 1 mg/kg을 초과한 제품은 없었다. 하지만 유럽연합의 benchmark level (0.5 mg/kg)을 초과한 냉동 제품 3건을 튀김기 조리법으로 가열 조리하였을 때, 서류가공품 1건이 국내 권장규격을 초과하여 1.83 mg/kg으로 검출되었다. 아크릴아마이드에 대한 국내 노출량이 증가하는 추세이므로 아크릴아마이드 저감화를 위해 지속적인 평가와 관리가 필요한 것으로 판단된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

You-Jin Lee https://orcid.org/0000-0002-4258-0459
Myung-Gil Kim https://orcid.org/0000-0002-8607-5972
Hye-Jung Kwon https://orcid.org/0000-0001-7923-937X
Ho-Jeong Bae https://orcid.org/0000-0003-0945-9654
Kyong-Suk Lim https://orcid.org/0009-0004-7846-5534
Eun-Jin Baek https://orcid.org/0000-0003-2886-0603
Myung-Jin Lee https://orcid.org/0000-0002-4881-7672

References

1. WHO International Agency for Research on Cancer (2012), International Agency for Research on Cancer (IARC), monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: Arsenic, Metal, Fibres and Dusts, IARC. Volume 100C, pp. 41-85.
2. Swedish National Food Administration (SNFA), (2022, December 26). Acrylamide in foodstuffs, consumption and intake. Swedish National Food Administration. http://www.slv.se/engdefault.asp
3. European Food Safety Authority (EFSA), Update on acrylamide levels in food from monitoring years 2007 to 2010. *EFSA J.*, **10**, 1-38 (2012).
4. Mottram, D.S., Wedzicha, B.L., Dodson, A.T., Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, **419**, 448-449 (2002).
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2012. Toxicological Profile for Acrylamide, Agency for Toxic Substances and Disease Registry , Atlanta, GA, USA, pp. 7-16.
6. Krishnakumar, T., Visvanathan, R., Acrylamide in food products: a review. *J. Food Process. Technol*., **5**, e1000344 (2014).
7. World Health Organization (WHO), (2022, December 26). Health implications of acrylamide in food. Retrieved from https://www.who.int/publications/i/item/health-implications-of-acrylamide-in-food
8. Park, J.Y., Acrylamide monitoring of domestic heat-treated food products. MS thesis, Ewha Womans University, Seoul, Korea (2003).
9. European Commission, 2017. Establishing mitigation measures and benchmark levels for the reducton of the presence of acrylamide in food, 2017-2158, L304, pp. 24-44.
10. Korea Food and Drug Administration (KFDA), (2022, January 1). Operational Plan for the Recommended Standard for Acrylamide in Foods. Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_511/view.do?seq=33021
11. Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation, 2019. 2019 State of the processed foods segment (fast food), KAFFTC, Naju, Korea.
12. Amany, M.M.B., Hala, H.A.O., Effect of a novel technology (air and vaccum frying) on sensory evaluation and acrylamide generation in fried potato chips. *Banat's J. Biotechnol*., **7**, 101-112 (2016).
13. Korea Consumer Agency (KCA), 2019. A survey on the safety of cooked food using air fryer. KCA, Eumseong,

Korea, pp. 1-29.
14. Kim, J.M., Choi, J.H., Choi, Y.S., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A., Chung, H.K., Kim, C.J., Effects of frying time and temperature on formation of acramide and sensory evaluation in french fries. *Korean J. Food Sci. Technol*., **41**, 471-475 (2009).
15. ICH Steering Committee, 2005. ICH harmonised tripartite guideline-validation of analytical procedures: text and methodology Q2(R1), Minneapolis, MN, USA, pp. 11-12.
16. ICH Steering Committee, 2022. ICH harmonised guideline-validation of analytical procedures Q2(R2), Minneapolis, MN, USA, pp. 5.
17. AOAC International, 2016. Guidelines for standard method performance requirements. Rockville, MD, USA, pp. 8-9.
18. FAO/WHO, 2023. Codex alimentarius commission-procedural manual. 28th ed, Rome, Italy, pp. 58-59.
19. Shin, J.M., Kim, O.H., Lee, E.S., Kim, M.S., Ryu, H.J., Kim, H.J., Yun, E.S., Kim, M.S., Acrylamide monitoring in coffee using LC-MS/MS. *Report of S.I.H.E*., **55**, 11-19 (2019).
20. Park, J.Y., Kim, C.T., Kim, H.Y., Keum, E,H., Lee, M.S., Chung, S.Y., Sho, Y.S., Lee, J.O., Oh, S.S., Acrylamide monitoring of domestic food products. *Korean J. Food Sci. Technol*., **36**, 872-878 (2004).
21. Kim, H.Y., Acrylamide monitoring of domestic heat-treated food products & study of acrylamide formation factors. PhD thesis, Ewha Womans University, Seoul, Korea (2004).
22. Kim, H.Y., Park, J.Y., Kim, C.T., Chung, S.Y., Sho, Y.S., Lee, J.O., Oh, S.S., Factors affecting acrylamide formation in french fries. *Korean J. Food Sci. Technol*., **36**, 857-862 (2004).
23. Shaker, M.A., Comparison between traditional deep-fat frying and adir-frying for production of healthy fried potato strips. *Int. Food Res. J*., **22**, 1557-1563 (2015).