



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2009년 2월
교육학석사(영양교육)학위논문

식품 중에 함유된 유해성 아크릴아마이드의 문헌적 고찰

조선대학교 교육대학원

영양교육전공

신 영 주

2009년 2월
교육학석사학위논문

식품중에 함유된 유해성 아크릴아마이드의 문헌적 고찰

신 영 주

식품 중에 함유된 유해성 아크릴아마이드의 문헌적 고찰

A philological study on poisoning of acrylamide
in food

2009 년 2 월

조 선 대 학 교 교 육 대 학 원

영양교육전공

신 영 주

식품 중에 함유된 유해성 아크릴아마이드의 문헌적 고찰

지도교수 김 경 수

이 논문을 교육학석사학위 청구논문으로 제출합니다.

2008 년 10 월

조 선 대 학 교 교 육 대 학 원

영양교육전공

신 영 주

신영주의 교육학 석사학위 논문을 인준합니다.

심사위원장 조선대학교 교수 인

심사위원 조선대학교 교수 인

심사위원 조선대학교 교수 인

2008 년 12 월

조선대학교 교육대학원

목 차

표목차	V
그림목차	VII
ABSTRACT	VIII
제 1 장 서론	1
제 2 장 아크릴아마이드 개요	3
제 1 절 아크릴아마이드의 특성	3
제 2 절 아크릴아마이드의 생성기전	4
1. 식품 내 아크릴아마이드의 생성 메카니즘	4
가. Maillard reaction에 의한 아크릴아마이드의 생성	4
나. methionine으로부터 아크릴아마이드의 생성	6
제 3 절 아크릴아마이드의 체내 생리적 특성	7
1. 아크릴아마이드의 흡수	7
2. 아크릴아마이드의 분포	7
3. 아크릴아마이드의 대사	7
4. 아크릴아마이드의 배설	9
제 4 절 아크릴아마이드의 독성	10
1. 아크릴아마이드의 독성 연구	10
가. 아크릴아마이드의 일반 독성	10
(1) 아크릴아마이드의 독성 증상	10
(2) 아크릴아마이드의 1회 및 단기 노출량	11
나. 아크릴아마이드의 만성 독성	11
다. 아크릴아마이드의 신경 독성	12
(1) 동물 및 임상실험	12
(2) 신경 독성 기전	13
라. 아크릴아마이드의 발암성	14
제 3 장 아크릴아마이드의 분석 방법	15

제 1 절 LC/MS/MS에 의한 분석 방법	15
1. 분석기기 및 시약	15
2. 시험용액의 조제	15
3. 분석 조건	16
제 4 장 국내·외 식품 중 아크릴아마이드의 모니터링 결과 및 고찰	18
제 1 절 국외 모니터링 결과 및 고찰	18
1. 스웨덴	18
가. 가공하지 않은 식품	18
나. 포테토 칩류	19
다. 튀인식품	21
라. 재료를 혼합한 튀김 음식	21
마. 바삭한 빵류	22
바. 빵류	24
사. 시리얼류	26
아. 비스킷과 크래커류	28
자. 프렌치 프라이류	30
차. 기타 스낵류	32
2. 미 국	33
3. 캐나다	39
4. 일 본	41
5. 네덜란드	43
가. 감자류	43
나. 빵류	43
다. 알코올 음료류	44
라. 무알코올 음료류	44
마. 패스츄리와 케익류	45
바. 특별식으로 사용되는 음식류	46

사. 허브류와 양념류	47
아. 견과류와 스낵류	47
자. 정식 요리류	48
차. 사탕류	48
카. 생선류	48
타. 우유 및 유제품류	49
파. 육류류	50
6. 유럽 연합 국가의 모니터링	51
제 2 절 국내 모니터링 결과 및 고찰	52
1. 실험목적	52
2. 실험식품군	52
3. 실험 결과	54
가. 분석 실험군	54
나. 분석 결과 및 고찰	55
다. 그 외 분석 결과	57
제 5 장 아크릴아마이드의 생성조건에 관한 연구	58
제 1 절 가열온도에 따른 아크릴아마이드의 생성량 변화	58
제 2 절 가열시간에 따른 아크릴아마이드의 생성량 변화	59
제 3 절 pH에 따른 아크릴아마이드 생성량 변화	60
제 4 절 원료 전처리에 따른 아크릴아마이드의 생성량 변화	61
제 5 절 저장온도에 따른 아크릴아마이드 생성량 변화	62
제 6 장 아크릴아마이드의 저감화 방법	64
제 1 절 원재료의 보관 방법에 따른 저감화 방법	64
제 2 절 전처리 과정을 통한 저감화 방법	64
제 3 절 가열 조리 방법에 따른 저감화 방법	64
제 7 장 국내 · 외 아크릴아마이드 위해성 평가, 규제 동향 및 정책	66
제 1 절 아크릴아마이드 노출 및 위해성 평가	66

1. 스웨덴	66
2. FAO/WHO	67
3. 미 국	67
4. JECFA(FAO/WHO 합동 식품첨가물 전문 위원회)	68
5. 네덜란드	68
6. 대한민국	68
제 2 절 아크릴아마이드의 규제 동향 및 정책	69
1. EU(European Union)의 규제 동향 및 정책	69
2. CODEX(국제식품규격위원회)의 규제 동향 및 정책	69
3. JECFA(Joint of Expert Committee on Food Additives)의 규제 동향 및 정책	70
4. 국내의 규제 동향 및 정책	70
제 8 장 요 약	71
참고문헌	73

표 목 차

<표 1> LC/MS/MS의 분석 조건	16
<표 2> 가공하지 않은 식품의 아크릴아마이드 함량	18
<표 3> 포테토 칩류의 아크릴아마이드 함량	20
<표 4> 끓인식품의 아크릴아마이드 함량	21
<표 5> 재료를 혼합한 튀김 음식의 아크릴아마이드 함량	22
<표 6> 바삭한 빵류의 아크릴아마이드 함량	23
<표 7> 빵류의 아크릴아마이드 함량	25
<표 8> 시리얼류의 아크릴아마이드 함량	27
<표 9> 비스킷과 크래커류의 아크릴아마이드 함량	29
<표 10> 프렌치 프라이류의 아크릴아마이드 함량	31
<표 11> 기타 스낵류의 아크릴아마이드 함량	32
<표 12> 미국 식료품중의 아크릴아마이드 함유량	35
<표 13> 캐나다의 식품속 아크릴아마이드의 분포 현황	40
<표 14> LC/MS/MS와 GC/MS에 의한 일본 식품 중의 아크릴아마이드 함량 분석	42
<표 15> 알코올 음료류의 아크릴아마이드 함량	44
<표 16> 무알코올 음료류의 아크릴아마이드 함량	45
<표 17> 패스츄리와 케익류의 아크릴아마이드 함량	46
<표 18> 특별식으로 사용되는 음식류의 아크릴아마이드 함량	47
<표 19> 허브류와 양념류의 아크릴아마이드 함량	47
<표 20> 정식요리류의 아크릴아마이드 함량	48
<표 21> 생선류의 아크릴아마이드 함량	49
<표 22> 우유와 유제품류의 아크릴아마이드 함량	49
<표 23> 육류류의 아크릴아마이드 함량	50
<표 24> 식품중 아크릴아마이드의 함량 국외 모니터링 결과	51
<표 25> 국내 식품군 모니터링 선정	53
<표 26> 국내 식품군 모니터링 분석 실험 샘플	54

<표 27> 국내 식품군 모니터링 결과	56
<표 28> 아크릴아마이드 저감화를 위한 소비자 권고사항	65
<표 29> 식품에 따른 아크릴아마이드에 대한 노출량	66

그림 목차

<그림 1> 아크릴아마이드의 구조	3
<그림 2> Asparagine과 Glucose에 의한 아크릴아마이드의 생성	4
<그림 3> Maillard reaction에 의한 아크릴아마이드 생성 경로	5
<그림 4> Methionine과 Asparagine의 의한 아크릴아마이드의 생성 경로	6
<그림 5> 쥐의 아크릴아마이드와 glyciamide의 대사경로	8
<그림 6> LC/MS/MS에 의한 아크릴아마이드의 분석 방법	17
<그림 7> 가열온도에 따른 아크릴아마이드 생성량 변화	58
<그림 8> 가열시간에 따른 아크릴아마이드 생성량 변화	59
<그림 9> pH에 따른 아크릴아마이드 생성량 변화	60
<그림 10> 침지온도에 따른 아크릴아마이드 생성량 변화	61
<그림 11> 감자의 저장온도에 따른 아크릴아마이드 생성량 변화	63
<그림 12> 미국 식품의 아크릴아마이드에 대한 상대적 노출량	68

ABSTRACT

A philological study on poisoning of acrylamide in food

Young-joo Shin

Advisor : Prof. Kyong-Su Kim, Ph.D.

Major in Nutrition Education

Graduate School of Education, Chosun University

In 2002 Swedish National Food Administration(SNFA) was detected acrylamide in baked and fried foods, were carcinogen suspicious material, after being announced, IARC(International Agency for Research on Cancer) were classified 'Group 2A carcinogen' and treated about hazard specific gravity. The acrylamide present in high concentrations in heat treated food products rich in carbohydrates, and like this research variously research was executed about that mechanism of formation, reducing, toxicity, method of analysis, content in food. The formation of acrylamide was comes to created with non-enzymatic browning reaction by sugars and amino acids with maillard reaction, out of this combination of glucose and asparagine are accomplished mostly composition. In the all countries of the world executed monitoring test and hazard evaluation about acrylamide, but international acceptable daily intakes and provisional tolerable weekly intakes were not concluded. For acrylamide reducing find result of research that the raw material(potato etc.) control heating time and heating temperature, pH, and when preprocessing soaking temperature and time. Especially to in case 60℃ distilled water to soaking 45 minute bring about 74% formation of acrylamide to reduction, also be with various research were

advanced for reducing of it. In future the research of acrylamide hazard affect to the human body continuous must be enforced, and so must set up the foothold will be able to contribute national dietary life development and healthily

제 1 장 서 론

2002년 4월 스웨덴 국립식품청 SNFA(Swedish National Food Administration)에서 2002년 4월에 감자칩 등 탄수화물을 많이 함유하는 식품원료를 고온에서 가열 처리시 발암의심물질인 아크릴아마이드가 검출되었다는 분석결과를 발표하면서 이에 대한 국제적인 관심이 집중되었다(1). 스웨덴의 학자 Tareke 등(2)은 튀김음식으로 키운 쥐에서 아크릴아마이드와 식품과의 연관성이 있음을 보고하였다. 그 이후 2002년 11월에 노르웨이(3), 영국(4), 스위스(5), 독일(6), 미국(7), 일본(8), 캐나다(9) 등에서도 아크릴아마이드에 대한 모니터링 분석 결과를 차례로 발표하였으며, 현재에도 아크릴아마이드의 분석법, 생성 기작, 독성에 관한 연구가 세계적으로 꾸준히 연구되어지고 있다.

아크릴아마이드에 대한 관심이 집중되는 이유 중 하나는 국제암연구기관인 IARC(International Agency for Research on Cancer)에서 동물실험을 토대로 아크릴아마이드를 발암가능성이 있는 물질 즉 'Group 2A carcinogen'으로 분류되어 그 위해성을 비중있게 다루고 있기 때문이다(10). 아크릴아마이드는 asparagine 등의 아미노산과 포도당 등의 환원당의 반응, 즉 비효소 갈변화 반응인 maillard reaction에 의해 생성되는데 다른 아미노산보다 asparagine과 결합했을 때, 아크릴아마이드의 생성량이 가장 높았다. 특히 감자를 가열 조리하였을 경우 아크릴아마이드의 검출량이 많았는데 Martin(11)이 유리 아미노산인 asparagine이 감자 내에 많이 함유(93.9mg/100g)되어 있음을 밝혀냈다. 즉 유리 아미노산인 asparagine이 환원당과 결합하여 열을 만나 아크릴아마이드를 생성하기 때문이라는 연구 결과가 발표되었다.

이와 같이 아크릴아마이드의 생성 기작에 대한 연구를 비롯하여 체내 흡수와 배설 과정(12), 동물실험을 통한 체내 위해성 발현 등에 대한 연구가 국제적으로 시행되었고, 선진국을 비롯한 WHO, FAO 국제기구들의 노력으로 각 식품에 대한 아크릴아마이드의 모니터링을 실시, 그에 대한 연구 결과를 국제적인 네트워크를 통

하여 공유하고 있다. 우리나라의 경우, 2003년 식품의약품안전청의 ‘식품 중의 아크릴아마이드 모니터링’ 연구보고서에서 국내 식품에 대한 모니터링을 실시 327개의 제품에 대한 아크릴아마이드 모니터링을 실시 한 바 있다(13).

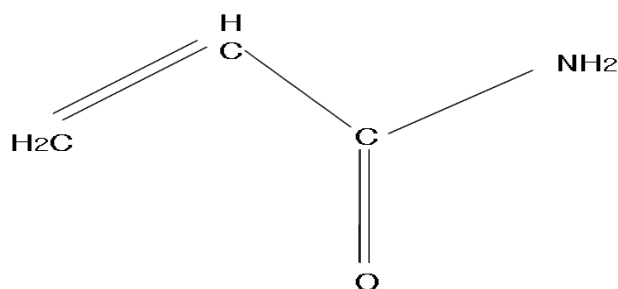
식품 내 아크릴아마이드 함량에 관한 여러 연구 결과 감자칩, 프렌치 프라이류, 커피류, 스낵류, 빵류 등 전분 가열 식품류의 아크릴아마이드의 함량이 비교적 높은 수준임을 알 수 있었다. 이는 국제적으로 전분식품류에 대한 의존성이 높고 식품의 섭취 형태가 대부분 가열식품이라는 점에서 인체가 아크릴아마이드의 위해성에 노출될 가능성이 높은 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 아크릴아마이드에 대한 국제적인 연구 동향을 살펴봄으로써 아크릴아마이드의 체내 작용과 위해성, 독성함량, 저감화 방법 등에 대한 전체적인 개관을 통하여 사람들에게 아크릴아마이드 위해성에 대한 정확한 인식을 돕고자 하였다.

제 2 장 아크릴아마이드의 개요

제 1 절 아크릴아마이드의 특성

아크릴아마이드는 자연 상태에는 거의 존재하지 않고, 대부분 인공적으로 합성된 상태로 존재한다. 무취의 백색결정이며, 분자량이 70.08, 비중은 1.122(30℃)이며 융점 84.5℃, 비점 87℃(2 mmHg), 125℃(25 mmHg)으로, 분자식 C_3H_5NO 의 화합물로써 IUPAC(International Union of Pure and Applied Chemistry)에서는 2-propenamide로 명명하였다. 물, 알콜, 아세톤 등 극성물질에 용해되는 반면에, 벤젠, 헵텐 같은 비극성 물질에는 용해되지 않는 성질을 지니고 있다(14). 실온에서는 안정하며, 승화성이 있고 열자외선 등에 의해 쉽게 중화되고 각종 화합물의 중합체로 사용되며, 실험실에서는 전기영동 방법에 필요한 폴리아크릴아마이드 겔을 만드는데 사용된다(15). 또한 폴리아크릴아마이드는 음용수 및 폐수 처리시 입자나 불순물을 제거할 때 접착제, 종이, 화장품 등 응집제로 사용되는 물질이다.



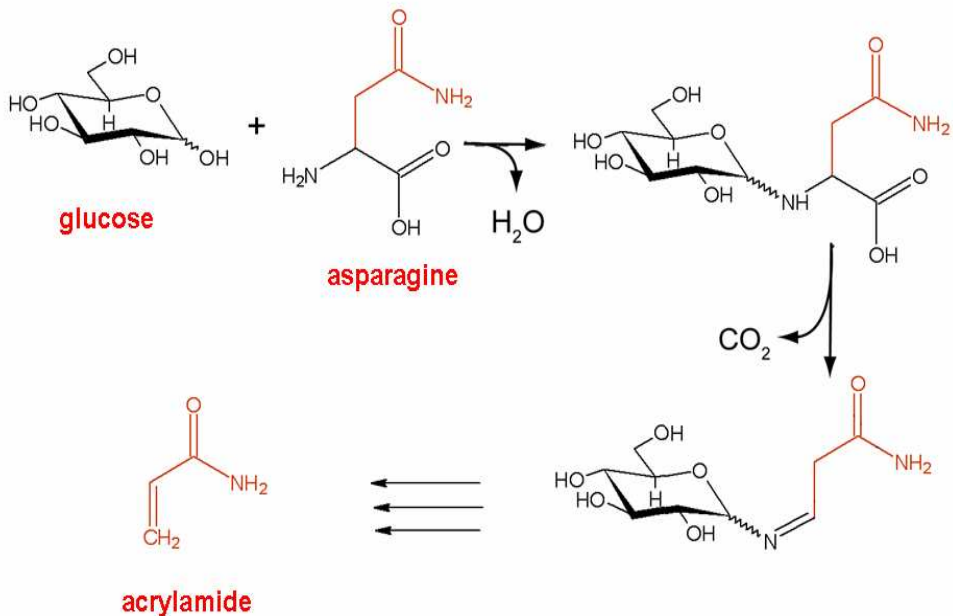
<그림 1> 아크릴아마이드의 구조

제 2 절 아크릴아마이드의 생성기전

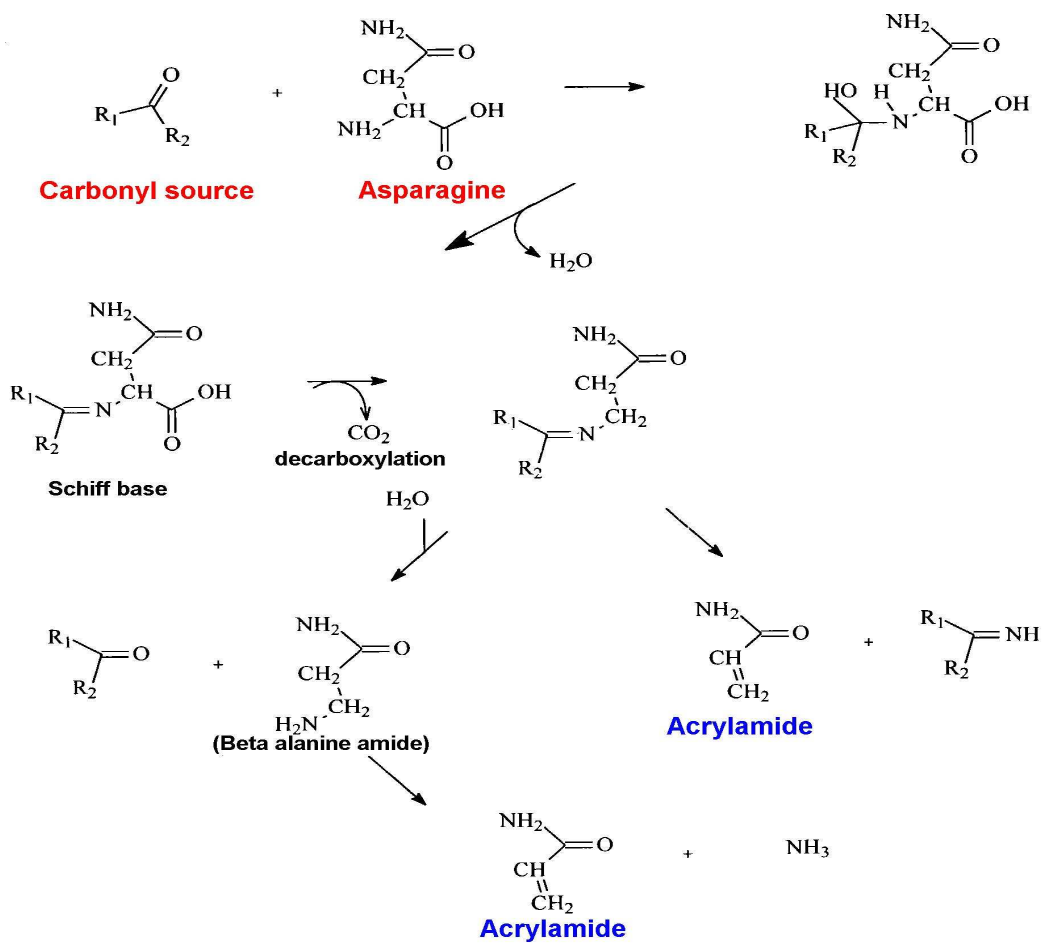
1. 식품 내 아크릴아마이드의 생성 메카니즘

가. *Maillard reaction*에 의한 아크릴아마이드의 생성

Asparagine을 설탕 등의 당과 함께 100℃ 이상의 온도로 가열하면 아크릴아마이드가 생성되기 시작하여 160-180℃에서 가장 많은 양이 생성 되는 것이 관찰되었으며, 200℃ 이상의 고온에서는 그 양이 다시 감소하였다. 이러한 반응은 그림 3의 maillard reaction에 의한 것으로 알려져 있다. 조리식품에서 아미노산과 당이 반응하는 maillard reaction은 색깔, 풍미, 맛에 영향을 주고 영양성분으로 존재하기도 한다(16).



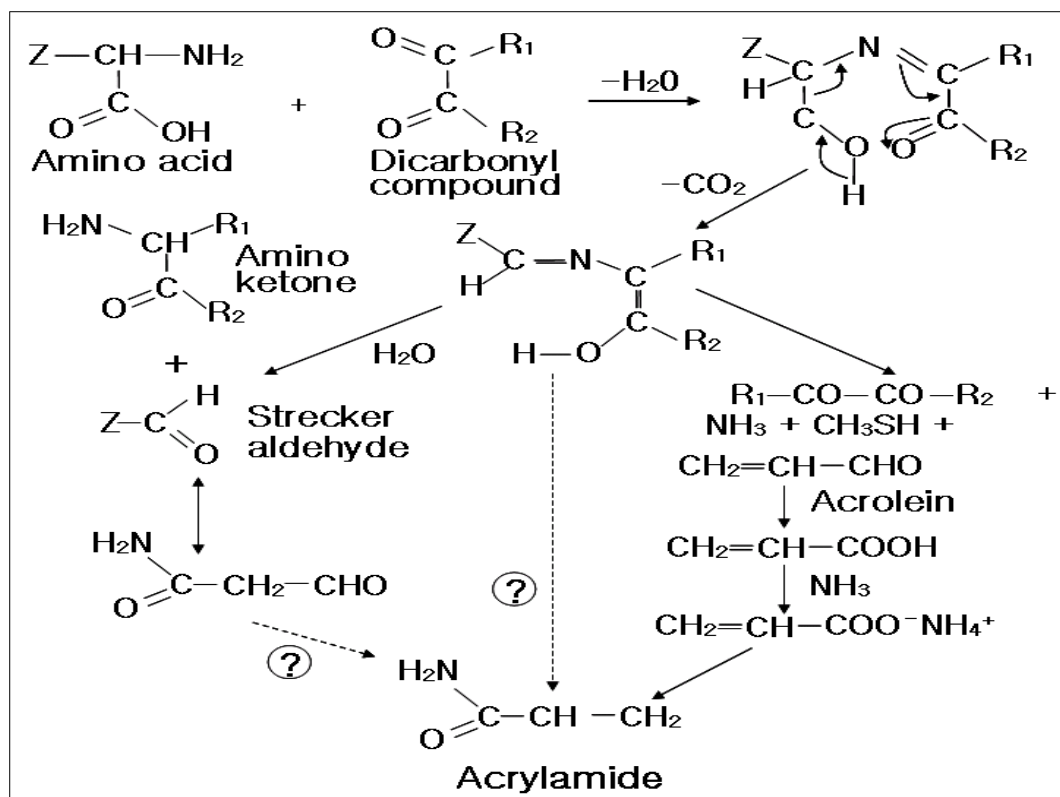
<그림 2> asparagine과 glucose에 의한 아크릴아마이드의 생성(17)



<그림 3> Maillard reaction에 의한 아크릴아마이드 생성 경로(17)

나. methionine으로부터 아크릴아마이드의 생성

Methionine으로부터 asparagine이 존재할 때 아크릴아마이드 생성되어 지는데, 아크릴아마이드 생성 기전은 탈탄산반응과 탈아미노반응을 통해 methionine으로부터 methional이 형성된다. 이는 asparagine의 α -NH₂와 반응해 Schiff base를 형성하는 것이다. 이 Schiff base는 탈탄산탈아미노반응을 통해 N-glycoside로 변형된 뒤 아크릴아마이드를 형성한다. 이때 methionine이 직접 아크릴아마이드로 변형되지 않고, carbonyl 화합물의 생성원이 포도당과 유사한 물질이라는 가정 하에 이루어진다. Asparagine이 존재하지 않을 때에는 methional은 H₂S의 제거를 통해서 acrolein으로 변형된다. 이렇게 생성된 acrolein은 acrylic acid로 전환된 뒤 아크릴아마이드로 변형이 가능하다고 알려졌다(18, 19).



<그림 4> Methionine과 asparagine의 의한 아크릴아마이드의 생성 경로(20)

제 3 절 아크릴아마이드의 체내 생리적 특성

1. 아크릴아마이드의 흡수

아크릴아마이드는 동물실험 결과 경구 투여로 체내에 흡수될 수 있으며, 특히 식수를 통하여 투입 시 체내 이용률은 50-75%로 아주 높다고 보고되었다(21). 그러나 식품 매트릭스 내에서 아크릴아마이드의 체내 이용률을 뒷받침 할 수 있는 자세한 연구 데이터는 없는 실정이므로 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 그러나 다른 연구 결과에서 비흡연자이면서 직업적으로 아크릴아마이드에 노출되지 않는 사람들도 헤모글로빈 부가생성물의 수치가 높았으며, 아크릴아마이드 대사산물인 glycidamide가 발견되었다. 이를 통해 식품 내의 아크릴아마이드가 부분적으로 체내에 흡수되고 있음을 알 수 있었다(22).

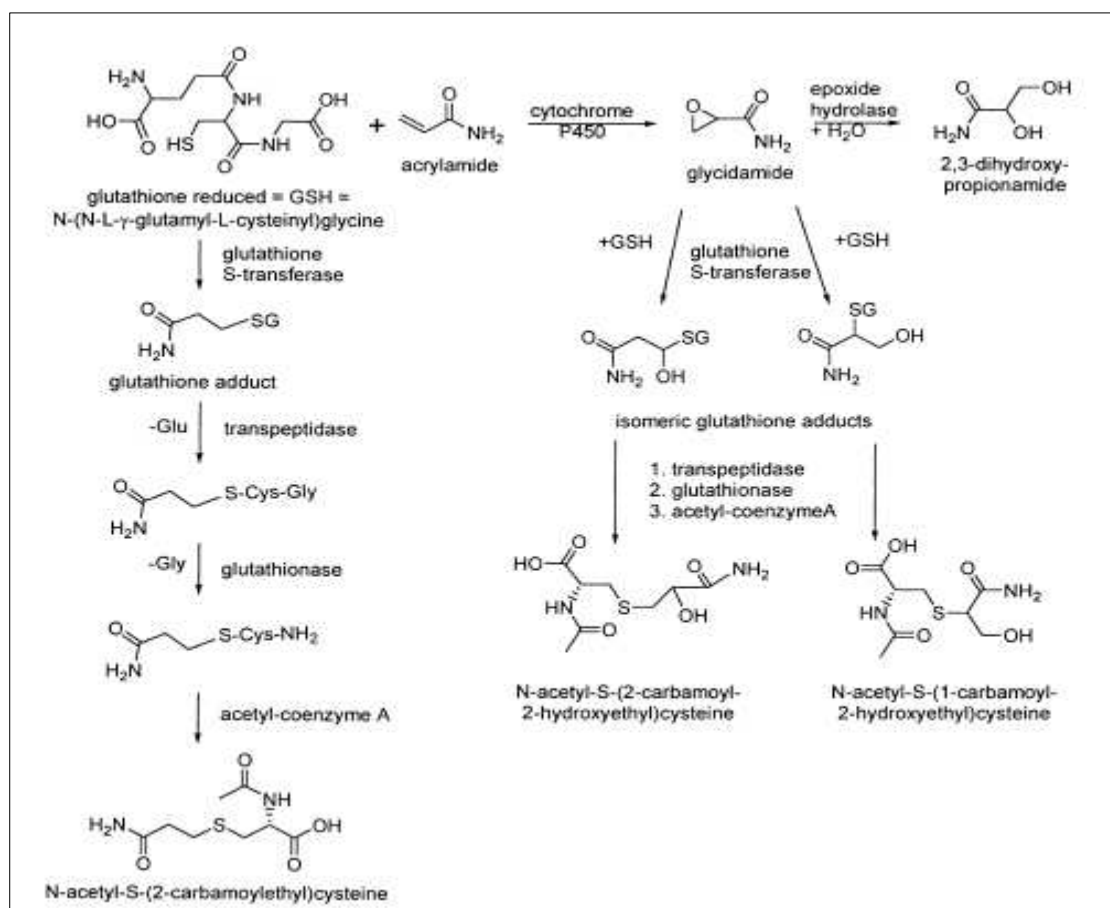
2. 아크릴아마이드의 분포

아크릴아마이드의 체내 분포에 관한 연구로는 흰쥐에게 아크릴아마이드를 단회 정맥주사하면 30분 내로 체내 전체 체액에 분포되었으며, 경구투여[10 mg/kg bw(body weight)]하였을 경우에는 최초 한시간 이내에 제일 잘 흡수되는 기관으로는 간, 지방, 신장 및 고환 고환이었다. 또한 아크릴아마이드는 간과 신장과 같은 특정조직에 있는 단백질에 결합되어 축적되어진다고 알려져 있다(23).

3. 아크릴아마이드의 대사

아크릴아마이드는 섭취, 흡입 및 피부를 통해서 쉽게 흡수되어지는 것으로 알려져 있다. 흡수된 아크릴아마이드는 가체액에 분포되고, 태반 장벽도 통과한다. 흰쥐에서 아크릴아마이드의 변화는 glutathione 공유결합과 탈탄산화를 통해 일어난다. 흰쥐

의 뇨에서 검출되는 네가지



<그림 5> 흰쥐의 아크릴아마이드와 glycidamide의 대사경로(17)

대사산물은 mercapturic acid와 cysteine-S-propionamide이다.

Glutathione-S-transferase(GST)에 의해 가수분해 되어진 GSH(glutathione reduced)와 결합하여 mercapturic acid[N-acetyl-S-(2-carbamoyl-2-hydroxyethyl)-cysteine]로 배출되는 것은 아크릴아마이드가 대사되고 해독되는 중요한 경로이다. Mercapturic acid는 사람의 소변을 통해 배출된다. 아크릴아마이드의 흡수는 소화관을 통하여 쉽게 흡수되고 소변을 통한 배설이 빠르기 때문에, 빠른 시간 내에 흡수된 아크릴아마이드의 절반 이상이 소변으로 배설 된다(24).

4. 아크릴아마이드의 배설

Miller 등(25)에 의하면 흰쥐의 뇨중 초기 아크릴아마이드의 배설 반감기는 7.8시간이다. 또한 뇨중 아크릴아마이드의 제거율은 투여 경로와 무관하다고 보고하였다. 24시간 이내에, 투여량의 약 2/3가 뇨를 통해 배설되고 약 3/4은 7일 이내 배설된다. 상대적으로 분변으로 배설되는 양은 적다고 보고되었는데 24시간 이내 4.8%, 7일 이내에 6%가 배설되었다고 한다.

제 4 절 아크릴아마이드의 독성

1. 아크릴아마이드의 독성 연구

아크릴아마이드는 IARC에서 인간에게 암을 일으킬 개연성이 있는 ‘Group 2A carcinogen’으로 분류하였으며, 급성 신경독을 일으키고 동물실험에서는 암을 일으킨다고 알려져 있다. 1986, 1989, 1999년에 실시된 3차례에 걸친 임상연구에 의하면 아크릴아마이드에 노출과 암 발생 사이의 상관관계를 증명할 수 있는 확실한 증거는 아직 밝혀지지 않았다. 또한 동물실험에서 병변되었다고 하여도 사람에게도 같은 결과가 나오지는 않으며, 소량의 식품 섭취시에도 같은 결과가 나온다고 보기는 어렵다고 하였다(26).

아크릴아마이드는 동물실험 결과 발암성분 이외에도 신경계 이상, 생식 기능 이상, 유전적 변이 등을 초래하는 것으로 알려졌다(27). 동물실험에서 흰쥐를 장기간 아크릴아마이드에 노출시켰을 때 자궁, 신장, 유선, 고환, 폐, 피부 등에 종양이 유발되었으나, 사람에게 암을 발생한다는 연구 결과는 아직 과학적으로 규명된 바 없다(28).

또한, 동물실험에서 아크릴아마이드는 주로 물로 섭취시킨 것이므로 식품에 함유된 아크릴아마이드는 어느 정도 장내에서 이용되는지에 대한 연구가 더욱 필요하다고 보고되었다(12).

가. 아크릴아마이드의 일반 독성

(1) 아크릴아마이드의 독성 증상

아크릴아마이드의 독성은 피부자극, 점막의 국소적인 영향과 중추, 말초, 그리고 자율신경계에 기인한 전신적인 영향이 나타난다. 또한 피부나 점액점막의 국소 자

극은 손과 발의 창백함, 물집이나 박리정도로 나타난다. 중추신경의 영향은 기면, 혼수, 기억 장애, 현기증을 보이며, 심한 중독 시에는 혼돈, 방향감각 상실 그리고 환각의 증상이 나타난다(29).

(2) 아크릴아마이드의 1회 및 단기 노출량

LD₅₀를 구하기 위한 급성 독성시험이 여러 실험동물 중에서 수행되었는데 McCollister 등(1964)은 흰쥐, 기니피그, 토끼에서 단회 경구투여 용량으로 150-180 mg/kg bw/day의 반수치사량(LD₅₀)을 얻었다. 고양이와 원숭이의 감수성도 비슷하였으며, Edwards(30)는 아크릴아마이드의 아급성 용량에서 암탉의 민감도가 상당히 다양하다는 것을 보고하였다.

나. 아크릴아마이드의 만성 독성

동물실험의 의한 아크릴아마이드에 관한 만성독성에 관한 연구는 Fullerton과 Barnes에 의해서 실시되었다. 흰쥐에게서 아크릴아마이드를 경구투여 하였는데 100 mg/kg을 1주일에 2회, 100 mg/kg을 1주일에 1회, 100 mg/kg을 10일동안에 1번씩, 100 mg/kg을 1주일에 1회, 100 mg/kg을 2일에 1번씩, 50 mg/kg을 1주일에 5회, 25 mg/kg을 1주일에 5회, 10 mg/kg을 1주일에 5회로 8군으로 나누어 실시하였다.

첫 번째 그룹의 경우 증상발현일은 21일, 용량수는 6회였으며 축적 용량은 600 mg/kg, 신경조직의 아크릴아마이드 농축 평균 310-450 $\mu\text{mol/kg}$, 증상은 후지의 심한 마비 증상이 나타났다. 두 번째 그룹의 경우 증상발현일은 56일, 용량수는 8회였으며, 축적 용량은 800 mg/kg, 신경조직의 아크릴아마이드 농축 평균은 150-300 $\mu\text{mol/kg}$, 증상은 후지의 심한 마비 증상이 나타났다. 세 번째 그룹의 경우 증상발현일은 240일, 용량수는 24회였으며, 축적 용량은 2,400 mg/kg, 신경조직의 아크릴아마이드 농축 평균은 90-240 $\mu\text{mol/kg}$, 증상은 역시 후지의 심한 마비 증상이 나타났다.

다. 네 번째 그룹의 경우 증상발현일은 28일, 용량수는 4회였으며, 축적 용량은 400 mg/kg, 신경조직의 아크릴아마이드 농축 평균은 140-280 $\mu\text{mol/kg}$, 증상은 후지의 심한 마비 증상이 나타났다. 다섯 번째 그룹의 경우 증상발현일은 390일, 용량수는 28회였으며, 축적 용량은 2,800 mg/kg, 신경조직의 아크릴아마이드 농축 평균은 50-200 $\mu\text{mol/kg}$, 증상은 후지의 심한 마비 증상이 나타났다. 여섯 번째 그룹의 경우 증상발현일은 15일, 용량수는 12회였으며, 축적 용량은 600 mg/kg, 신경조직의 아크릴아마이드 농축 평균은 410-470 $\mu\text{mol/kg}$, 증상은 중전과는 다른 심한 쇠약과 더불어 사망례가 나타났다. 7번째 그룹의 경우 증상발현일은 28일, 용량수는 20회였으며, 축적 용량은 500 mg/kg, 신경조직의 아크릴아마이드 농축 평균은 230-270 $\mu\text{mol/kg}$, 증상은 후지의 유약이었다. 여덟 번째 그룹의 경우 증상발현일은 77일, 용량수는 55회였으며, 축적 용량은 550 mg/kg, 신경조직의 아크릴아마이드 농축 평균은 100-110 $\mu\text{mol/kg}$, 증상은 없는 것으로 나타났다.

이상의 결과 아크릴아마이드를 만성적으로 반복투여 하였을 때 마비 증상이 심하게 나타났으며 사망례도 관찰되었다.

다. 아크릴아마이드의 신경 독성

(1) 동물 및 임상실험

실험동물에게 아크릴아마이드를 반복적으로 투여하였을 때 말초신경계의 손상이 가장 컸다. 독성 실험 시 근육과 고환의 기능이 퇴화되었으며 감소된 적혈구 파라미터가 관찰되었다(23). 또한 말초 신경장애와 헤모글로빈 부가생성물의 형성은 직업적으로 노출된 사람에게도 나타난다(31).

아크릴아마이드에 노출된 근로자는 말초신경장애 증상을 보였다. 따라서 아크릴아마이드가 인간에 대한 신경독을 일으킴을 알 수 있었다. 아크릴아마이드와 N-methyloacrylamide를 포함한 그라우트(시멘트의 보조적 접합제)에 직업적으로 노출된 스웨덴 터널 근로자는 말초신경계 증상을 나타냈다. 이에 의거해 JECFA(Joint Expert Committee on Food Additives)의 64번째 회의에서 흰쥐에게 음용수를 통해 아크릴아마이드를 90일 동안 투여한 결과 0.2 mg/kg b.w./day에서 신경에 아무런 형태학적 변화가 발견되지 않음이 발표되어 아크릴아마이드의 최대무적용량(No-observed-adverse-level)을 0.2 mg/kg b.w./day로 정의하고 있다(32).

(2) 신경 독성 기전

아크릴아마이드가 실험동물에게 신경학적인 변화에 관한 초기 연구에서는 말초신경 말단의 axonopathy를 일으킨다고 하였다. 최근 연구에서는 지속적으로 적은 양의 중독에 의해서는 axonopathy 장애가 시작되는데, 일반적으로 아크릴아마이드 신경독성에 관한 두 가지의 주요 역학적인 가설이 있다. 첫번째는 kinesin-based fast axonal transport의 억제이며, 다른 하나는 신경전달의 직접적인 억제이다(17). 복막내 아크릴아마이드 100 mg/kg 1회 주입하였을 때, 흰쥐의 뇌에서 neurofilament proteins에 대한 mRNA의 발현을 증가시켰다. 이와 같은 아크릴아마이드에 의한 역효과의 기전은 뇌 단백질의 합성을 지배하는 유전자의 발현 변화를 포함할지도 모른다는 것을 시사하였다. 또한 in vitro와 in vivo 동물실험에서 아크릴아마이드와 sulfhydryl의 상호작용은 신경기능 재생의 손상, 신체적 상해에 따른 axons 재생의 손상, axonal 신경전달의 손상, 골격약화, 뒷다리 마비, 걸음걸이 이상 등의 증세를 포함한 신경독성의 주요한 병인이 될지도 모른다는 가설을 보여주었다. 뉴런에 존재하는 단백질과 아미노산의 변형과 신경계 단백질에 아미노산 결합이 억제되는 것은 신경 장애에 대한 생화학적 근거를 제시할 수 없었다.

결론적으로 아크릴아마이드의 신경독성에 대한 가능성 있는 기전은 아크릴아마이드가 양극성 물질이며, $\text{CH}_2=\text{CH}$ 는 hydrophobic interactions 하고 CONH_2 는

hydrogen bonding interactions를 하여 세포막 구조를 변화시키는 능력을 강화하며 신경계의 정상적인 기능과 관련된 신경말단으로 이들의 확산과 투과를 촉진시킬 가능성의 여부에 대해 관심이 모아지고 있다(33).

라. 아크릴아마이드의 발암성

아크릴아마이드의 발암 가능성은 아크릴아마이드의 독성 중에서 인간에게 위해 가능성이 가장 높기 때문에 최우선시 되고 있다.

Fischer 344 쥐로 수행한 2년간의 아크릴아마이드의 독성 및 발암성 시험은 2.0 mg/kg bw/day으로 암, 수 모두에서 신생종양의 현저한 증가를 보였다(34). 또한, 0.5 mg/kg bw/day의 용량으로 수컷 흰쥐에게 투여시 음낭강에서 종피종의 현저한 증가를 보였다. 이와같이 동물 실험연구에 따르면 아크릴아마이드는 쥐의 뇌, 중심 신경 시스템, 갑상선, 내분비선 등의 암 발생률을 증가시켰다. 식수를 통해 만성적으로 투여된 아크릴아마이드에 대한 동물실험에 따르면 유방, 자궁, 부신, 갑상선, 고환 등에 종양 발생률이 증가되었다(34). 또, 흰쥐의 폐와 피부에서도 종양이 유발되었다는 보고도 있다(12). 많은 양의 아크릴아마이드를 섭취한 흰쥐에게서 암을 발생시킨다는 동물실험을 바탕으로 인간에게도 잠재 가능성이 있다고 여겨져 왔는데 식품에 함유된 낮은 수치의 아크릴아마이드가 인간에게도 암을 유발시키는가에 대해서는 아직 명확하게 밝혀진 바가 없으며 이에 대한 자세한 연구가 필요하다고 사료된다.

제 3 장 아크릴아마이드의 분석 방법

제 1 절 LC/MS/MS에 의한 분석 방법

아크릴아마이드의 분석 방법에는 검체를 균질화하고 물로 추출한 후 SPE(Solid Phase Extraction)컬럼을 이용하여 정제한 후 얻어진 시험용액을 LC/MS/MS(Liquid Chromatography-tandem Mass Spectrometry)에 주입하여 MRM(Multiple reaction monitoring)을 이용하여 분석하는 방법을 사용한다(35).

1. 분석 기기 및 시약

아크릴아마이드의 분석 방법에는 LC/MS/MS(Liquid Chromatography-tandem Mass Spectrometry)를 사용하였으며 시약은 모두 HPLC 등급을 사용하였다. 정제 컬럼은 OASIS HLB(C₁₈, 200 mg, vol: 6 ml), Bond Elut-Accucat (C₈, SAX, SCX 200 mg, vol: 3 ml)또는 이와 동등한 것들을 사용하였다. 내부표준원액은 탄소13 동위원소(¹³C₃)로 치환된 아크릴아마이드가 메탄올에 녹아 있는 용액 (1 mg/ml)을 사용하였으며, 내부표준요액은 0.1% 개미산을 가해 200 ng/ml로 사용하였다. 여과튜브로는 Maxi-spin filter tube(0.45 µm PVDF)또는 이와 동등한 것들을 사용하였다 (35).

2. 시험용액의 조제

검체는 믹서기를 이용하여 균질화 한 후 1 g을 정밀히 취하여 50 ml 폴리프로필렌 코니컬 튜브에 넣고 내부 표준용액 1 ml와 물 9 ml를 가한 후 잘 혼합하여 진탕기에 넣어 180-200 rpm으로 20분 동안 추출한 후 원심분리기를 이용하여 9,000 rpm으로 30분 동안 원심분리한다. 이후 원심분리하여 얻어진 물층 5 ml를 여과튜브

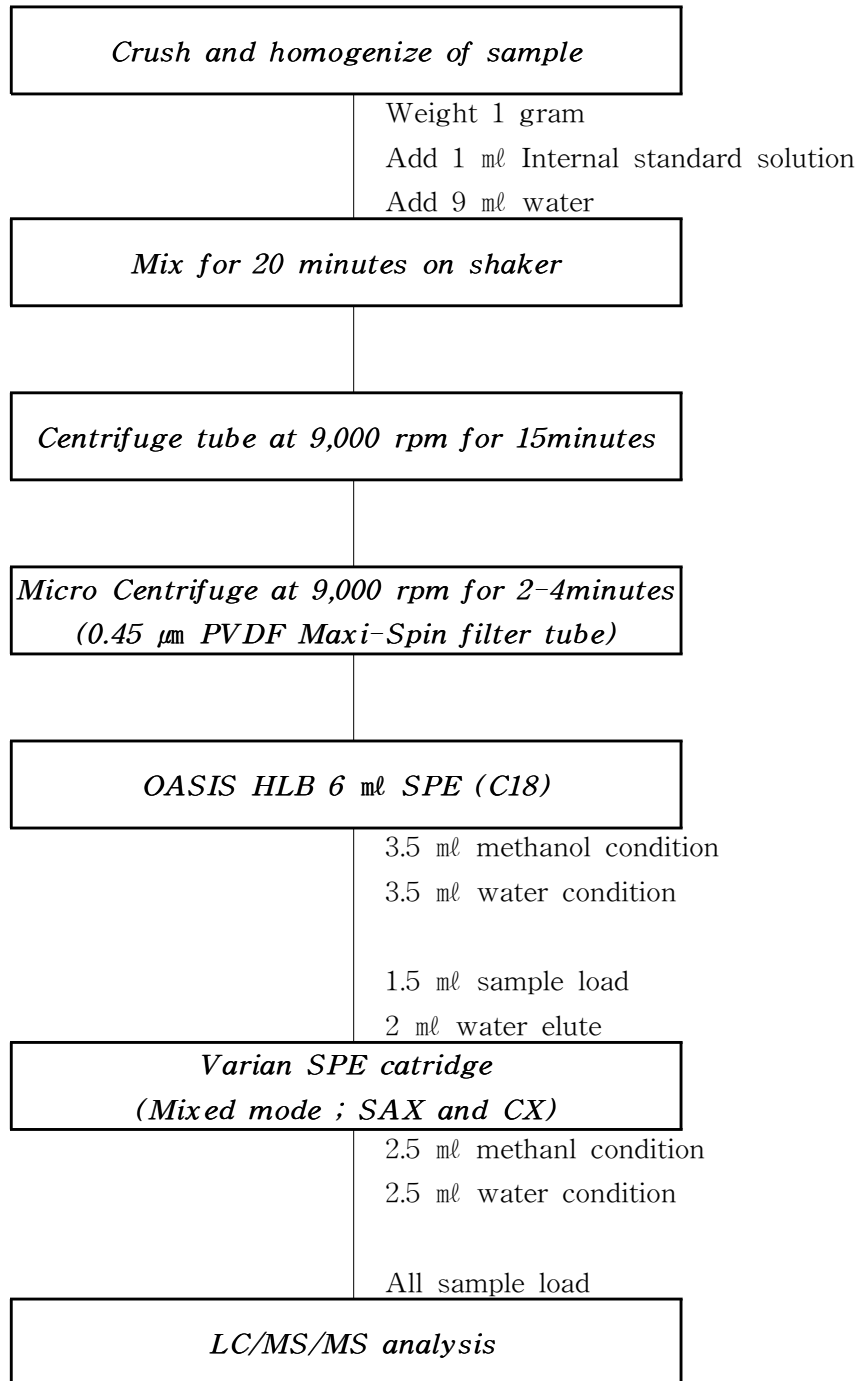
브에 옮기고 7,000 rpm으로 10분간 다시 원심분리하여 A액을 얻는다. 메탄올 3.5ml와 물 3.5 ml로 활성화시킨 OASIS HLB SPE 카트리지에 A액 1.5 ml를 넣어 통과시킨 후 물 0.5 ml를 흘려버리고 물 1.5 ml를 용출시켜 모아 B액을 얻는다. 메탄올 2.5 ml와 물 2.5 ml로 활성화시킨 Bond Elut-Accucat SPE 카트리지에 B액 1.5 ml를 넣은 후 처음 0.5 ml를 흘려버리고 이후 얻어진 1 ml를 액체크로마토그래프의 시험용액으로 한다(36).

3. 분석 조건

아크릴아마이드를 분석하기 위한 LC/MS/MS의 조건은 다음과 같다(33).

<표 1> LC/MS/MS의 분석 조건(33)

<i>MS method & tune file</i>	Acrylamide_ESI_MRM & acrylamide.jpr
<i>Ionization mode</i>	ES+
<i>Run time</i>	0-9.8 min
<i>Inter-channel delay</i>	0.03
<i>Inter scan delay</i>	0.02
<i>Source temperature</i>	120℃
<i>Probe temperature</i>	240℃ (2 min)
<i>Collision gas pressure</i>	8×10^{-4} Torr
<i>Collision energy</i>	45 volts(MN: Adjust to yield fragments in approximate proportions (m/z 27 80(%), m/z 55(100%) and m/z 72(30%))
<i>MS/MS experiment</i>	MRM(Multiple reaction ion monitoring). ±0.25 amu window on each monitored mass
<i>Ions monitored</i>	Acryamide(m/z 71.8, 54.8). Internal Standard(74.8,57.8)



<그림 6> LC/MS/MS에 의한 아크릴아마이드의 분석 방법(37)

제 4 장 국내 · 외 식품 중 아크릴아마이드의 모니터링 결과 및 고찰

제 1 절 국외 모니터링 결과 및 고찰

1. 스웨덴

가. 가공하지 않은 식품

스웨덴의 자료 중 먼저 가공되지 않은 식품, 원재료 식품을 살펴보면 <표 2>에
서와 같이 기울을 제거하지 않은 밀가루나 Porridge oat(귀리를 물이나 우유로 끓
인 죽), 귀리 밀기울 등이 아크릴아마이드 함유량은 30 ppb 이하로 낮은 편이다
(38). 이로써 아크릴아마이드는 원재료에서는 거의 검출되지 않음을 알 수 있다.

<표 2> 가공되지 않은 식품의 아크릴아마이드 함량(38)

Products	Acrylamide concentration ($\mu\text{g/kg}$)	Measurement uncertainty ($\mu\text{g/kg}$)
Wholemeal(Kungsörnrn)	<30	
Rey flour(Kungsörnrn)	<30	
Porridge oats(Axa)	<30	
Oat-bran(Kungsörnrn)	<30	
Bacan(mixed products)	<30	

나. 포테토 칩

<표 3>에서와 같이 오리지날 포테토칩(First Price)는 332 ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다. Original(Pringles) 614 ppb이고, Grillchips(Extrella)는 669 ppb이다(38). Vickningschips(ICA)는 694 ppb로 Grillchips와 비슷한 수치를 보였다. Original chips(ICA)는 906 ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다. Naturchips(OLW)도 Original chips(ICA)와 비슷한 결과가 나왔다. Svenska Lantchips kantarell는 1000 ppb 이상의 아크릴아마이드가 검출되었고, Potatischips(KF) 1407 ppb의 검출량이 보였다. Grillchips(OLW)도 Potatischips(KF)와 비슷한 수치의 결과를 보였다. Weekendchips(OLW), Potatischips dillsmak(KF), Svenska Lantchips 및 Grillchips(OLW)은 아크릴아마이드가 각각 1573 ppb, 1594 ppb, 1833 ppb, 2030 ppb가 검출되었다. Lättsaltade chips(OLW)는 가장 높은 수치인 2287 ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다.

전체적으로 아크릴아마이드는 전분류가 많은 감자류 등을 고온에서 가열한 감자칩 제품류에서 다량 검출되는 것을 분석결과를 통해 알 수 있다. 그러므로 조리 방법과 원재료 선택을 주의하여 식품섭취를 해야 한다.

<표 3> 포테토 칩의 아크릴아마이드 함량(38)

Products	Acrylamide	Measurement
	concentration	uncertainty
	($\mu\text{g/kg}$)	($\mu\text{g/kg}$)
Potatischips original (First Price)	332	± 66
Original (Pringles)	614	± 123
Grillchips (Estrella)	669	± 134
Vickningschips (ICA)	694	± 139
Original chips (ICA)	906	± 181
Naturchips (OLW)	980	± 196
Svenska Lantchips kantarell (Svenska Lantchips AB)*	1035	± 207
Potatischops (KF)	1407	± 281
Grillchips (OLW)*	1418	± 284
Weekendchips (OLW)*	1573	± 315
Potatischips dillsmak(KF)*	1594	± 319
Svenska Lantchips (Svenska Lantchips AB)	1833	± 367
Grillchips (OLW)	2030	± 406
Lättsaltade chips (OLW)	2287	± 457

다. 끓인 식품

삶은 감자, 스파게티, 밥, 오트밀 등의 끓인 식품에서는 <표 4>에서와 같이 아크릴아마이드 모두 30 ppb 이하로 검출량이 적었다(38). 이로써 아크릴아마이드는 찌거나 삶는 식품에서는 발생하지 않고, 고온에서 튀긴 식품에서 다량 발생한다는 것을 알 수 있었다.

<표 4> 끓인 식품의 아크릴아마이드 함량(38)

Products	Acrylamide	Measurement
	concentration	uncertainty
	($\mu\text{g/kg}$)	($\mu\text{g/kg}$)
Potato	<30	
Spaghetti (mixed products)	<30	
Rice (mixed products)	<30	
Oatmeal porridge	<30	

라. 재료를 혼합한 튀김 음식

튀긴 음식이나 재료가 혼합된 레스토랑에서 사용하는 음식을 대상으로 분석하였다<표 5>. 팬케익, 와플, 스틱모양의 생선튀김, 고기 덩어리, 양배추 그라탕, 송아지 고기 커틀렛, 피자 등에서도 아크릴아마이드의 검출량은 30-64 ppb 사이로 적은 편이다(38). 고온에서 튀긴 제품들이지만 육류나 어류와 같은 전분 함량이 많지 않은 식품에서는 아크릴아마이드가 검출되지 않는 편이다.

<표 5> 재료를 혼합한 튀김 음식의 아크릴아마이드 함량(38)

Products	Acrylamide concentration ($\mu\text{g/kg}$)	Measurement uncertainty ($\mu\text{g/kg}$)
Pancake (mixed products)	<30	
Waffles (mixed products)	42	± 21
Fishfingers (mixed products)	30	± 15
Chickenbits (Restaurant)	39	± 20
Deep fried fish (Restaurant)	39	± 20
Meat balls (mixed products)	64	± 32
Cauliflower gratin (Restaurant)	<30	
Vegetarian schnitzel (Restaurant)	<30	
Pizza (Restaurant)	<30	

마. 바삭한 빵류

바삭한 빵류는 호밀, 밀가루로 만든 얇고 바삭바삭한 비스킷이다. <표 6>에서와 같이 Vete, Falu rägrut, Husman, Mora, original Krögarknäcke, Havre, Mora, normalgräddat(Wasa), Rågi(Wasa)는 아크릴아마이드 검출량이 86 ppb 이하로 낮았다. Flatbröd (Wasa)와 Flatbröd (Kavli)는 각각 307 ppb와 560 ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다. Råg(Ryvita)와 Råg(Ryvita)는 각각 1453 ppb와 1874 ppb로 가장 높은 아크릴아마이드 검출량을 보였다(38).

<표 6> 바삭한 빵류의 아크릴아마이드 함량(38)

Products	Acrylamide concentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Measurement uncertainty ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Vete (Wasa)	<30	
Falu rägrut (Wasa)	41	± 21
Husman (Wasa)	50	± 25
Mora, original Krögarknäcke(Wasa)	51	± 26
Havre (Wasa)	60	± 30
Mora, normalgräddat(Wasa)	65	± 32
Rågi (Wasa)	86	± 43
Mora, sprödgräddat (Wasa)	102	± 20
Runda Björn (Lövånger Bröd)	129	± 26
Tunnbröd (Gene)	135	± 27
Mora, brungräddat (Wasa)	142	± 28
Vika (Vika Bröd AB)	174	± 35
Finn Crisp (Vasan&Vasan)	177	± 35
Brungräddat, 830 gram (Leksandsbröd)	185	± 37
Vetetunnbröd (Mjälloms)	186	± 37
Sport (Wasa)	214	± 43
Flatbröd (Wasa)	307	± 61
Flatbröd (Kavli)	560	± 112
Sesam (Ryvita)	1194	± 239
Råg (Ryvita)*	1453	± 291
Råg (Ryvita)	1874	± 375

바. 빵 류

<표 7>에서와 같이 빵류를 모니터링 하였다(38). 밀로 만든 흰빵과 밀과 호밀로 만든 빵은 30 ppb이하와 45 ppb의 아크릴아마이드 검출량을 나타냈다. Dunkles Vollkornbrot와 Må Bättre hevre(Fazer)는 아크릴아마이드의 검출량이 30 ppb 이하로 같았다. Jättefranska(Pågen), Jätterasker(Pågen), Jättefranska(toast - lightly toasted), Tunnbröd, Hönökaka도 30 ppb 이하로 아크릴아마이드 검출량이 비슷하였다. Jättefranska(toast-"well done"), Jätterasker(toast - "well done"), Kavring(Europabagaren)는 아크릴아마이드의 검출량이 52-69 ppb이었다. Rye bread(mixed products), Må Bättre råg(Fazer), Efterugnslimpa (Fazer)의 아크릴아마이드 검출량은 81-89 ppb이었다. Fullkorn rågbröd(Pågen)는 162 ppb의 가장 높은 수치의 아크릴아마이드가 검출되었다. 빵 제품류에서 전체적으로 아크릴아마이드의 검출량은 높지 않았다. 가장 높은 수치가 160 ppb 로 Crispbread의 1/10 수준 정도로 낮은 경향을 보여 주었다.

<표 7> 빵류의 아크릴아마이드 함량(38)

Products	Acrylamide concentration ($\mu\text{g/kg}$)	Measurement uncertainty ($\mu\text{g/kg}$)
White bread from wheat (mixed products)	<30	
Bread from wheat and rye (mixed products)	45	± 23
Rye bread (mixed products)	89	± 45
Jättefranska (Pågen)	<30	
Jättefranska (toast - lightly toasted)	<30	
Jättefranska (toast - "well done")	60	± 30
Jätterasker (Pågen)	<30	
Jätterasker (toast - lightly toasted)	30	± 15
Jätterasker (toast - "well done")	69	± 35
Dunkles Vollkornbrot (Purgebacken)	<30	
Må Bättre hevre (Fazer)	<30	
Må Bättre flerkorn (Fazer)	33	± 16
Delikatesslimpa (Schulstad)	45	± 22
Kavring (Europabagaren)	53	± 27
Må Bättre råg (Fazer)	81	± 41
Efterugnslimpa (Fazer)	85	± 42
Fullkorn rågbröd (Pågen)	162	± 32
Tunnbröd (Anglamark)	<30	
Hönökaka (Pågen)	<30	
Tunnbröd (Polarbröd)	36	± 18
Polarkaka (Polarbröd)	49	± 24
Citronmuffins (Häggess)	<30	

사. 시리얼류

시리얼의 경우 Corn Flakes와 구운쌀의 아크릴아마이드 함량은 각각 53 ppb와 61 ppb로 나타났다. Müsli (KF)와 Müsli Bran Flakes (Frebaco)는 아크릴아마이드의 검출량이 31 ppb와 30 ppb로 검사 제품중에서 가장 낮은 값을 나타냈다. Start Naturell(Ceralia Breakfast Cereals)의 아크릴아마이드 검출량은 164 ppb였으며, Cheerios(Nestlé), Kalaspuffar(Quaker), Rice Krispies(Kellogg's), Fitness(Nestlé), Special(Kellogg's)도 207-269 ppb의 그리 높지 않은 아크릴아마이드가 검출되었다. 그러나 Haver Fras(Quaker)와 Haver Fras (Quaker)는 1000 ppb이상의 높은 아크릴아마이드가 검출되었는데 각각 1031 ppb와 1346 ppb가 검출되었다. 같은 Breakfast cereal 이지만 제품에 따라 아크릴아마이드 함량에 차이가 있는 것으로 나타났다. 30 ppb 이하의 낮은 값부터 200 ppb 정도의 제품이 가장 많았고, 2종류의 Haver Fras 제품만 1000 ppb가 넘는 높은 수치를 보여서 이 두 제품은 아크릴아마이드 저감화가 필요하다고 보고하였다(38).

<표 8> 시리얼류의 아크릴아마이드 함량(38)

Products	Acrylamide concentration ($\mu\text{g/kg}$)	Measurement uncertainty ($\mu\text{g/kg}$)
Corn Flakes (mixed products)	53	± 27
Rostat Ris (Rainbow)	61	± 31
Special (KF)	73	± 37
All Bran plus (Kellog's)	99	± 50
Start Naturell (Ceralia Breakfast Cereals)	164	± 33
Cheerios (Nestlé)	207	± 41
Kalaspuffar (Quaker)	236	± 47
Rice Krispies (Kellog's)	247	± 49
Fitness (Nestlé)	254	± 51
Special (Kellog's)	269	± 54
Haver Fras (Quaker)*	1031	± 206
Haver Fras (Quaker)	1346	± 269
Sunt&Goe Müsli (Finax)	<30	
Müsli (KF)	31	± 16
Müsli Bran Flakes (Frebaco)	30	± 15

아. 비스켓과 크래커류

비스켓과 크래커류의 경우 Guld Marie(Göteborgskex)*와 Guld Marie(Göteborgskex)의 아크릴아마이드 검출량이 652 ppb와 642 ppb로 가장 높았다(38). 그 다음으로 Digestive(KF)와 Digestive(KF)*의 범위가 높게 검출되었는데 아크릴아마이드 검출량은 630 ppb와 539 ppb이었다. Variant(Göteborgskex)와 Variant(Göteborgskex)*는 각각 분석치가 479 ppb와 442 ppb였다. Riskakor (Friggs)의 아크릴아마이드 분석결과는 333 ppb였다. 그리고 크래커류 (mixed products)는 아크릴아마이드 검출량이 비교적 높은 534 ppb이었다. 지금까지 살펴본 아크릴아마이드 검출량은 300 ppb 이상으로 높은 편이었으나, 나머지 제품은 300 ppb 이하의 결과를 보였다. 비스켓류 (mixed products)는 검출결과 230 ppb이었고, Mjölkhokladflarn(Karen Volf), Gammeldags Pepparkakor (Pricks), Smörgåsrått(Oxford)의 아크릴아마이드 검출량은 비슷한 값인 각각 128 ppb, 129 ppb, 134 ppb였다. 비스켓과 크래커류 14개의 제품 중 아크릴아마이드 검출량이 가장 낮은 것은 Krisprolls veteskorpor(Pågen)로 아크릴아마이드 검출량이 30 ppb 이하로 나타났다. 이상의 결과 같은 제품류에서도 제품에 따라 20배가 넘는 차이를 보였다(38).

<표 9> 비스켓과 크래커류의 아크릴아마이드 함량(38)

Products	Acrylamide concentration ($\mu\text{g/kg}$)	Measurement uncertainty ($\mu\text{g/kg}$)
Biscuits (mixed products)	230	± 46
Crackers (mixed products)	534	± 107
Krisprolls veteskorpor (Pågen)	<30	
Haverflarn (KF)	73	± 36
Mjölchokladflarn (Karen Volf)	128	± 26
Gammeldags Pepparkakor (Pricks)	129	± 26
Smörgåsrån (Oxford)	134	± 27
Riskakor (Friggs)	333	± 67
Variant (Göteborgskex)*	442	± 88
Variant (Göteborgskex)	479	± 96
Digestive (KF)*	539	± 108
Digestive (KF)	630	± 126
Guld Marie (Göteborgskex)	642	± 128
Guld Marie (Göteborgskex)*	652	± 130

자. 프렌치 프라이류

프렌치 프라이즈류에 대한 10개 제품의 결과를 <표 10>에서와 같이 비교하여 작성하였다(38). Pommes frites(Saffet 's), Pommes frites(Saffet 's)*, Pommes frites(McDonald 's), Pommes frites(deep frozen; briefly heated in oven), Klyftpotatis(Restautang)의 5종류는 10개의 검사 제품 중 가장 낮은 수치인 300 ppb대의 검출량을 보였다. 값은 각각 306 ppb, 321 ppb, 379 ppb, 301 ppb, 367 ppb이었다. Pommes frites(mixed products)과 King fries(Burger King)* 는 각각 450 ppb와 483 ppb의 분석치를 나타냈다. 버거킹의 또 다른 제품인 King fries는 514 ppb, Pommes frites(McDonald 's)는 2번째로 높은 755 ppb이었다. 가장 높은 수치를 보인 것은 Pommes frites(deep frozen; heated longer in oven) 으로 아크릴아마이드 검출량이 1104 ppb였다. 프렌치 프라이즈류의 아크릴아마이드 검출량은 대체적으로 높은 경향이였다. 이러한 결과는 아크릴아마이드가 프렌치 프라이즈류에서 높다는 것을 다시 한 번 입증하였다.

<표 10> 프렌치 프라이류의 아크릴아마이드 함량(38)

Products	Acrylamide concentration ($\mu\text{g/kg}$)	Measurement uncertainty ($\mu\text{g/kg}$)
Pommes frites (Saffet's)	306	± 61
Pommes frites (Saffet's)*	321	± 64
Pommes frites (McDonald's)	379	± 76
Pommes frites (mixed products)	450	± 90
King fries (Burger King)*	483	± 97
King fries (Burger King)	514	± 103
Pommes frites (McDonald's)*	755	± 151
Pommes frites (deep frozen; briefly heated in oven)	301	± 60
Pommes frites (deep frozen; heated longer in oven)	1104	± 221
Klyftpotatis (Restautang)	367	± 73

차. 기타 스낵류

마지막으로 기타 스낵류의 경우 <표 11>에서와 같이 팝콘(OLW)에서 아크릴아마이드의 검출량이 가장 많아 416 ppb를 나타내었다(38). Tortilla chips(OLW)와 Nachips(Old El Paso)는 각각 비슷한 수치인 122 ppb와 149 ppb이었다

<표 11> 기타 스낵류의 아크릴아마이드 함량(38)

Products	Acrylamide	Measurement
	concentration	uncertainty
	($\mu\text{g/kg}$)	($\mu\text{g/kg}$)
Tortilla chips (OLW)	122	± 24
Nachips (Old El Paso)	149	± 30
Tortilla chips (Diva)	184	± 37
Pop Corn (OLW)	416	± 83

2. 미 국

미국은 2002년 9월부터 미국식품의약품안전청(Food Drug Administration)에서 아크릴아마이드 모니터링 실험을 하고 있는데 <표 12>에서와 같이 약 900개 식품의 데이타베이스(database)를 확보하였다(39).

우유제품으로는 아이스크림, 밀크셰이크, 초콜렛 등을 샘플링 하여서 모니터링을 실시하였다. 이들 제품에는 아크릴아마이드는 검출되지 않았거나 그 양이 미비하였다.

이유식품에서는 첨가루로 만든 쿠키가 305 ppb, 이가 나는 시기에 제공되는 비스킷이 381 ppb로 가장 높았으나 전체적으로는 곡류나 야채와 고기를 섞은 이유식품, 조제분유 등과 같은 식품에서는 검출되지 않았고 마카로니와 토마토, 고기, 이유식품 중 치킨과 쌀을 섞은 것, 완두콩 등에서는 검출량이 30-50 ppb 사이거나 이하로 낮은 함량을 보였다.

육류, 가금류, 어류를 보면 돼지고기 소시지(토막이나 패티)에서는 검출되지 않았고 어류를 막대모양, 패티, 얼린 것을 오븐에 조리한 것도 검출되지 않았다. 닭고기 덩어리에서는 19 ppb가 나왔고 치킨 가슴살에서는 검출되지 않았다. 이 역시 어·육류에서는 아크릴아마이드의 검출량이 거의 없었다고 말할 수 있다.

콩과 식물을 살펴보면 땅콩버터에서 54 ppb로 검출량이 최대였으며, 땅콩을 볶거나 소금처리 한 것은 41 ppb, 돼지고기와 콩을 캔으로 만든 것은 22 ppb로 나왔다. 전체적으로 미검출로부터 54 ppb까지의 범위였으므로 콩과 식품에서는 아크릴아마이드의 검출량은 낮은 수준이었다.

곡류와 전분을 구운 제품들인 사과파이, 베이글, 호밀빵에서는 각각 18, 32, 25 ppb로 적은 양이 검출되었으며 프레젤(매듭 또는 막대 형태의 딱딱하고 짭짤한 비스킷)에서 검출량이 470 ppb으로 가장 높았고, 토르티야(멕시코 지방의 둥글고 얇게 구운 옥수수빵)에서 355 ppb가, 버터 바른 크래커가 336 ppb이 검출되었다. 나머지 대부분의 샘플에서의 검출량도 미검출로부터 230 ppb 사이로 다른 제품류에 비해서는 높은 편이다.

과일류에서는 병으로 된 자두 주스가 326 ppb이었다. 야채류에서는 프렌치 프라이(즉석식품)는 393 ppb, 포테토 칩 346 ppb로 비교적 높은 수치가 검출되었으며 블랙 올리브가 237 ppb, 오크라는 검출되지 않았다. 전분질이 많이 함유되고 aspartic acid의 함량이 높은 감자를 튀겼을 때 아크릴아마이드의 생성량이 높아짐을 알 수 있다.

샌드위치나 캐서롤 같은 혼합물류의 경우 칠리고추를 넣은 저민 고기와 강낭콩 스투(멕시코 요리)에서는 55 ppb가 검출되었고, 치킨파이는 44 ppb가 검출되었다. 그러나 비프 스트로가노프(밀가루와 달걀로 만든 국수, 집에서 만든 것)나 구운 치킨을 빵에 샌드위치한 것에서는 검출량이 없었다.

수프, 피자류에서는 타코/토스타나에서만 27 ppb이 검출되었고 나머지 10개의 샘플에서는 검출되지 않았다.

사탕, 설탕, 시럽류에서는 17 ppb이 검출되었고 시럽에서는 32 ppb가 검출되었다.

음료류에서는 커피나 카페인을 제거한 커피에서 둘 다 검출되지 않았다.

<표 12> 미국 식료품중의 아크릴아마이드 함유량(39)

Food Category	Food Description	Concentration of Acrylamide ($\mu\text{g/kg}$)
Dairy	Ice cream, lights, vanilla	18
	Ice cream, regular, vanilla	ND
	Milk shake, chocolate, fast-food	Nd
Baby Food	BF, arrowroot cookies	305
	BF, carrots	33
	BF, cereal, oatmeal w/ fruit, prepared w/ water	ND
	BF, chicken noodle dinner	ND
	BF, chicken w/ rice	55
	BF, Dutch apple/apple cobbler	ND
	BF, green beans	27
	BF, macaroni, tomato and beef	32
	BF, mixed vegetables	19
	BF, plums/prunes w/ apples and/or pears	ND
	BF, squash	19
	BF, sweet potatoes	30
	BF, teething biscuits	381
	BF, turkey and rice	32
	BF, vegetable and turkey	ND
	BF, vegetable and beef	ND
	BF, vegetable and chicken	35
	BF, vegetable and ham	ND
	BF, zwieback toast	33
	Infant formula, milk-based, high iron, RTF	ND
	Infant formula, milk-based, low iron, RTF	ND
	Infant formula, soy-based, RTF	ND

<표 12> 미국 식품품중의 아크릴아마이드 함유량(39)

Food Category	Food Description	Concentration of Acrylamide ($\mu\text{g/kg}$)
Meat/Poultry /Fish	Chinken breast, fried, fast-food (w/ skin)	ND
	Chicken nuggets, fast-food	19
	Fish sticks or patty, frozen, oven-cooked	ND
	Pork sausage (link/patty), oven-cooked	ND
Legumes	Peanut butter, creamy	54
	Peanut, dry roasted, salted	41
	Pork and beans, canned	22
	Refried beans, canned	ND
	Sunflower seeds (shelled), roasted, salted	33
Grains/ Starches/ Baked Goods	Apple pie, fresh/frozen	18
	Bagel, plain, toasted	32
	Biscuits, refrigerated-type, baked	16
	Bread, cracked wheat	16
	Bread, rye	25
	Bread, whole wheat	19
	Breakfast tart/toaster pastry	15
	Brownie	43
	Cake, chocolate w/ icing	20
	Chocolate chip cookies	229
	Corn flakes cereal	50
	Corn/tortilla chips	355
	Crackers, butter-type	336
	Crackers, graham	130
	Crackers, saltine	39
	Crisped rice cereal	36
	Doughnut, cake-type, any flovor	26
	English muffin, plain, toasted	23

<표 12> 미국 식료품중의 아크릴아마이드 함유량(39)

Food Category	Food Description	Concentration of Acrylamide ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Grains/ Starches/ Baked Goods	Fruit-flavored cereal, presweetened	28
	Granola bar, w/ raisins	26
	Granola w/ raisins	129
	Muffin, fruit or plain	28
	Oat ring cereal	156
	Pancakes, frozen, heated	17
	Popcorn, microwave, butter-flavored	103
	Pretzels, hard, salted	470
	Pumpkin pie, fresh/frozen	37
	Raisin bran cereal	151
	Sandwich cookies w/ crème filling	101
	Shredded wheat cereal	237
	Sugar cookies	105
Fruits	Sweet roll/Danish pastry	ND*
	Tortilla, flour	ND
Vegetables	Prune juice, bottled	326
	Black olives	237
	Green beans, canned	ND
	Potato chips	346
	Potato, baked (W/ peel)	23
	Potato, french-fried, fast-food	393
	Sweet potatoes, canned	30
Mixtures (e.g., casseroles, sandwiches	Beef and vegetable stew, canned	22
	Burrito w/ beef, beans, and cheese, from	18
	Mexican carry-out	
	Chicken filet (broiled) sandwich on bun, fast-food	ND

<표 12> 미국 식품품중의 아크릴아마이드 함유량(39)

<i>Food Category</i>	<i>Food Description</i>	<i>Concentration of Acrylamide ($\mu\text{g}/\text{kg}$)</i>
soups, pizza)	Chicken potpie, frozen, heated	44
	Chili con carne w/ beans, canned	55
	Clam chowder, New England, canned, cond, prepared w/ whole milk	ND
	Egg, cheese, and ham on English muffin, fast food	ND
	Fish sandwich on bun, fast-food	ND
	Fried rice, meatless, from Chinese carry-out	ND
	Pizza, cheese and pepperoni, regular crust, from pizza carry-out	ND
	Soup, bean w/ bacon/pork, canned, cond, prepared w/ water	ND
	Soup, chicken noodle, canned, cond, prepared w/ water	ND
	Soup, vegetable beef, canned, cond, prepared w/ water	ND
	Spaghetti w/ meat sauce, homemade	ND
	Taco/tostada w/ beef and cheese, from Mexican carry-out	27
	Tuna noodle casserole, homemade	ND
Candy/Sweets/ Sugar/Syrups	Candy bar, chocolate, nougat, and nuts	17
	Candy bar, milk chocolate, plain	17
	Syrup, chocolate	32
Beverages	Coffee, from ground	ND
	Decaffeinated coffee, from ground	ND

ND: Non Detected

3. 캐나다

식품내 아크릴아마이드 함량 분석에 관한 캐나다의 Health Canada의 분석결과를 살펴보면 <표 13>에서와 같다(40). 맥주는 5개의 시료를 검사하였는데 평균 6 ppb 이하로 검출량이 낮았다. 빵은 10개의 시료를 분석하였을 때 14-47 ppb로 평균 27 ppb였다. 빵 역시 맥주와 같이 아크릴아마이드 검출량이 매우 적다고 할 수 있다. 토스트로 구운 빵은 2개의 샘플을 분석하였을 때 28-290 ppb로 평균 159 ppb의 값을 나타냈다. 똑같은 빵을 섭취할 때도 그냥 섭취하는지, 어떤 조리를 하는 지에 따라서 아크릴아마이드의 생성량은 다르므로, 조리법이 매우 중요하다는 사실을 알 수 있었다.

씨리얼은 3개의 샘플을 분석하였을 때 100-170 ppb이며, 평균 130 ppb이다. 코코아 제품들은 8개의 샘플을 분석하였을 때 2-190 ppb 사이의 값을 가졌고 평균 50 ppb 이하의 결과를 나타내었다. 커피는 11개의 제품을 분석하였을 때 4-150 ppb 사이였으며 평균 27 ppb 이었다. 곡물차는 1개의 샘플을 분석하였을 때 430 ppb의 평균값을 나타내어서 커피보다 훨씬 높은 수치가 검출되었음을 알 수 있다.

프렌치 프라이즈류는 8개의 제품을 검사하였는데 59-1,900 ppb 수치를 나타내었고, 평균값은 679 ppb로 캐나다 검사 제품중에서 비교적 높은 수치를 나타내었다.

패스트 푸드류 햄버거는 1개의 제품을 검사하였는데 3 ppb 이하의 값을 나타내었고, 동부 인도의 스넥인 Papadum은 1개의 제품에서 170 ppb의 결과가 나왔다.

땅콩버터는 1개의 제품을 검사하였을 때 53 ppb가 나왔고 포테토 칩은 10개의 제품을 분석하였는데 430-3,800 ppb로 평균값이 1,271 ppb로 가장 높았다. 갈아서 끓인 포테토류 제품은 1개를 분석하였는데 4 ppb보다 작은 값이 나왔고, 구운 견과류, 씨앗류, 콩류는 5개의 제품을 검사하였는데 25-260 ppb로 평균 87 ppb가 검출되었다.

마지막으로 고구마 제품을 검사하였을 때 260 ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다.

위의 결과들을 살펴보았을 때 캐나다의 분석결과 역시, 다른 나라와 비슷하게 프

렌치 프라이류나 포테토 칩류와 같은 전분 함량이 높고 고온에서 튀긴 식품에서 아크릴아마이드의 검출량이 높음을 알 수 있다.

<표 13> 캐나다의 식품속 아크릴아마이드의 분포 현황(40)

Food	Number of samples	Average (ppb)	Minimum (ppb)	Maximum (ppb)
Beer	5	<6	<6	<6
Bread	10	27	14	47
Bread (toasted)	2	159	28	290
Cereals	3	130	100	170
Cocoa products	8	<50	<2	190
Coffee	11	27	4	150
Coffee substitute, grain based	1	430		
French fries	8	679	59	1900
Hamburger, fast-food	1	<3		
Papadum (East Indian snack)	1	170		
Peanut butter	1	53		
Potato chips	10	1271	430	3700
Potatoes, boiled & mashed	1	<4		
Roasted nuts, seeds, & legumes	5	87	25	260
Sweet potato chips	1	260		

4. 일 본

일본의 2003년 식품내 아크릴아마이드 함량을 분석한 결과를 <표 14>에서 살펴보면, 일본은 LC/MS/MS 방법과 GC/MS 방법을 병행하여서 분석하였다(41). 그릴에 구운 쌀 크래커 E, F, G, H로 나누고 4종류를 분석하였을 때 LC/MS/MS로 분석하였을 경우에는 117-303 ppb 수준이었고, GC/MS로 분석하였을 경우에는 84-223 ppb였다. 쿠키도 A와 B의 2 종류로 나누어서 LC/MS/MS 방법과 GC/MS 방법을 이용하여 분석하였더니 92-104 ppb와 89-100 ppb가 검출되었다. 크래커는 1종류를 분석하였는데 각각 18과 20 ppb가 검출되었다. 빵에 설탕을 바르고 튀긴 Karinto는 LC/MS/MS 방법으로 분석했을 때 136 ppb, GC/MS 방법으로 분석했을 때 133 ppb로 비슷한 수치로 검출되었다. 맛탕 3종류의 경우도 LC/MS/MS 방법으로는 119-147 ppb, GC/MS 방법으로는 84-139 ppb로 근사한 경향을 보였다. 튀긴 콩은 45와 39 ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다. 구운 밤은 72와 51 ppb, 국수(제철에 튀겨서 말린)A는 LC/MS/MS 방법과 GC/MS 방법의 결과가 11 ppb로 같았고 국수B도 30 ppb와 29 ppb로 거의 같은 수치를 나타냈다. 인스턴트 중국식 국수(튀겨서 건조한)는 18 ppb와 10 ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다. 다른 튀긴 중국식 국수에서는 4와 8 ppb 그리고 마지막으로 튀긴 쌀 시럽은 LC/MS/MS 방법으로 분석했을 때 4 ppb, GC/MS 방법으로 분석했을 때 6 ppb가 검출되었다.

일본의 2003년 모니터링 결과 자료를 분석해 보면 구운 쌀 크래커와 맛탕에서 아크릴아마이드의 수치가 높았다. 그릴에 구운 쌀 크래커는 어떤 성분들이 함유되어 있는 지 정확히 알 수 없었지만, 주목할 점은 역시 탄수화물류에서의 아크릴아마이드의 검출량이 돋보였다는 것이다. 그러나 콩, 밤, 국수 제품류에서의 아크릴아마이드의 검출량의 수치는 매우 낮은 분포를 보였다.

<표 14> LC/MS/MS와 GC/MS에 의한 일본 식품 중의 아크릴아마이드 함량 분석(41)

Foods	LC/MS/MS ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	GC/MS ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Average ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Median ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Minimum- maximum	n
Rice Crackers (grilled) E	117	87				
Rice Crackers (grilled) F	120	102				
Rice Crackers (grilled) G	125	84				
Rice Crackers (grilled) H	303	223	112	96	42-303	8
Cookies A	92	89				
Cookies B	104	100	98	98	92-104	2
Crackers	18	20				
‘Karinto’ (fried and sugar cake)	136	133				
Candied sweet potatoes A	119	84				
Candied sweet potatoes B	140	126				
Candied sweet potatoes C	147	139	135	140	119-147	3
Fried beans	45	39				
Roasted chestnuts	72	51				
Snack noodles (dried by frying and seasoned) A	11	11				
Snack noodles (dried by frying and seasoned) B	30	29	21	21	11-30	2
Precooked Chinese noodles (dried by frying)	18	10				
Fried Chinese noodles	4	8				
Fried rice threads	4	6				

5. 네덜란드

가. 감자류

네덜란드의 식품 중 아크릴아마이드 함량 분석 결과 중 감자류의 모니터링 결과는 다음과 같다(42). 7종류의 감자를 모니터링 하였는데 바로 먹을 수 있도록 냉동된 감자를 오븐에 구운 칩은 9개의 샘플을 분석하였는데 평균값이 130 ppb였고, 중앙값은 70 ppb이었다. 또한 바로 먹을 수 있도록 기름에 튀긴 칩은 33개의 샘플을 분석하였을 때 평균 351 ppb, 중앙값은 300 ppb이었다. 냉동 감자 크로켓은 2개의 제품을 분석하였을 때 평균값은 중앙값과 같은 93 ppb였다. 감자 퓨레 분말은 3개의 제품을 모니터링 하였는데 평균값은 중앙값과 같은 15 ppb였고 가장 작은 값을 가졌다. 포테토 프라이드는 2개의 제품을 검사하였는데 평균값은 역시나 중앙값과 같은 190 ppb였다. Rosti prepared는 3개의 제품을 분석하였고 평균값은 328 ppb였다. 마지막으로 Potato puree spring deep-fried 는 1개의 제품을 모니터링 하였으며 가장 큰 평균값이 나왔다.

나. 빵류

빵 제품류는 14종류를 모니터링 하였다(42). 그 중에서 가장 높은 수치를 보인 것은 토스트로 17개의 제품을 분석하였는데 평균값이 183 ppb이었고, 중앙값이 90 ppb으로 가장 높았다. 두 번째로 높은 평균값을 보인 것은 크림 크래커로 4개의 제품을 분석하였을 때 평균값이 218 ppb, 중앙값이 185 ppb였다. 바삭한 빵도 6개의 제품을 모니터링 하였다. 평균값과 중앙값은 149 ppb와 45 ppb였고 Cream crackers와 비슷하였다. 마지막으로 Bread, wheat, Bread, white-milk, Bread, wholemeal은 중앙값과 평균값이 같거나 거의 비슷한 15~20 ppb을 가졌다.

다. 알코올 음료

알코올 음료는 <표 15>에서는 같이 4종류를 모니터링 하였다(42). 관찰시 주안점은 모든 알코올 음료의 평균값과 중앙값은 15 ppb로 같았다.

맥주(Lager)는 3종류를 분석하였고, Gin young Dutch 와 Gin old Dutch는 2개의 제품을, Coffee liqueur도 역시 2개의 제품을 모니터링 하였다. 아크릴아마이드의 수치가 매우 낮았으며 알코올 음료에서는 아크릴아마이드가 거의 검출되지 않았다.

<표 15> 알코올 음료의 아크릴아마이드 함량(42)

Product description	N	Mean	S.D.	Median	Range
Beer (Lager)	3	15	0	15	<30-<30
Gin young Dutch	2	15	0	15	<30-<30
Gin old Dutch	2	15	0	15	<30-<30
Coffee liqueur	2	15	0	15	<30-<30

라. 무알코올 음료

무알코올 음료는 <표 16>에서와 같이 2개의 종류를 분석하였고 각각 4개의 종류씩 모니터링을 실시하였다(42). 결과는 알코올 음료와 같은 평균값과 중앙값은 15 ppb이었다. 무알코올 음료에서도 아크릴아마이드의 검출량은 낮은 수준으로 검출되었다.

<표 16> 무알코올 음료의 아크릴아마이드 함량(42)

Product description	N	Mean	S.D.	Median	Range
Whey drink	4	15	0	15	<30-<30
Breakfast fruit drink	4	15	0	15	<30-<30

마. 패스츰리와 케익류

패스츰리와 케익류는 <표 17>에서와 같이 18개의 종류에 대한 아크릴아마이드 함량에 관한 모니터링을 실시하였다(42). 먼저 Berliner pastry, Butter biscuits, Suger coated long egg biscuits, Bread crumbs의 제품들은 1종류씩 모니터링을 실시하였는데 거의 비슷한 값이 나왔다. 평균값이 15 ppb였다. Macaroni raw역시 2개의 제품을 분석하였을 때 평균값이 15 ppb이었다. 가장 높은 수치를 보인 종류는 Gingerbread로 21개의 제품을 모니터링 하였을 때 평균값이 890 ppb, 중앙값이 1,070 ppb로 아크릴아마이드의 검출량이 가장 높았다. 그 다음으로는 Children's biscuits으로 3개의 제품을 모니터링 하였을 때 283 ppb의 평균값과 300 ppb의 중앙값을 가졌다. 3번째로 높은 수치를 보인 것은 Spiced biscuit speculaas으로 가장 많은 27개의 제품의 모니터링을 실시하였고 평균값은 213 ppb이었고, 중앙값은 190 ppb이었다.

전체적으로 감자류처럼 높은 수치의 분석결과를 보인 것은 아니지만, Gingerbread 제품은 빵류인데도 높은 수치를 보여서 저감화를 위한 품질개선이 시급히 요구되었고, 어린이용 비스킷도 높은 아크릴아마이드 함량을 보여서 이 제품 또한 품질개선을 위한 빠른 조치가 필요하다고 사료된다. 그 외의 나머지 제품에서는 아크릴아마이드의 검출 수치가 낮은 결과를 보였다.

<표 17> 패스츄리와 케익류의 아크릴아마이드 함량(42)

Product description	N	Mean	S.D.	Median	Range
Berliner pastry	1	15			<30
Butter biscuits	1	15			<30
Cafe Noir biscuits	11	166	127	210	<60-400
Children's biscuits	3	283	126	300	150-400
Cake sponge plain	1	15			<30
Cracknel	1	15			<30
Doughnuts plain	1	15			<30
Gingerbread	21	890	393	1070	260-1410
Fruit biscuits	1	110			
Shortbread biscuits, Bastogne	1	70			
Spiced biscuit speculaas	27	213	132	190	<60-510
Suger coated long egg biscuits	1	15			<30
Cereal products					
Bread crumbs	1	15			<30
Breakfast cereals	2	15	0	90	<30-<30
Corn flakes	12	121	89	15	<30-300
Macaroni raw	2	15	0		<30-<30
Muesli	4	31	33	15	<30-80

바. 특별식으로 사용되는 음식류

특별식으로 사용되는 음식으로는 <표 18>에서와 같이 2종류를 분석하였다. 먼저 다이어트 제품으로 1개의 제품을 모니터링 하였고 그 결과는 평균값이 15 ppb 이었다. 또한 유아의 조제분유는 2개의 제품을 모니터링 하였으며 평균값과 중앙값은 다이어트 제품과 같은 15 ppb이었다.

<표 18> 특별식으로 사용되는 음식류의 아크릴아마이드 함량(42)

Product description	N	Mean	S.D.	Median	Range
Whey drink	1	15			<30
Breakfast fruit drink	2	15	0	15	<30-<30

사. 허브와 양념류

허브와 양념류에는 <표 19>에서와 같이 Gravy powder 2제품을 모니터링 하였다. 평균값과 중앙값은 15 ppb 이었으며 아크릴아마이드의 함유량이 아주 미비하게 검출되었다.

<표 19> 허브와 양념류의 아크릴아마이드 함량(42)

Product description	N	Mean	S.D.	Median	Range
Gravy powder	2	15	0	15	<30-<30

아. 견과류와 스낵

견과류와 스낵은 7종류를 모니터링 하였다(42). Crisps의 검출량이 가장 높았는데 40제품을 모니터링 하였는데 평균값이 1,249 ppb, 중앙값이 1,105 ppb 이었다. 그 다음으로 Cocktail snacks은 19개의 제품의 분석을 실시한 결과 평균값이 1060 ppb, 중앙값이 555 ppb이었다. 나머지 제품들은 평균값은 15-23 ppb으로 검출량이 미비하였으나 이 두 제품의 아크릴아마이드 함유량은 높으므로 이들 제품 섭취시 주의가 필요하다.

자. 정식 요리류

정식요리류(Complete dishes)의 연구에서는 팬케익과 토마토와 치즈가 뿌려진 피자, Sping roll fried 모두 1제품을 모니터링 하였다(42). 그 결과는 <표 20>에서 보는 것과 같이 평균값이 15 ppb이었다.

<표 20> 정식 요리류의 아크릴아마이드 함량(42)

Product description	N	Mean	S.D.	Median	Range
Pancake ready to serve	1	15			<30
Pizza with cheese and tomatoes	1	15			<30
Spring roll fried	1	15			<30

차. 사탕류

Chocolate nut spread는 1제품을 모니터링 하였다(42). 평균값은 15 ppb이었다. Sugar soft brown의 모니터링 결과도 Chocolate nut spread와 같았다.

카. 생선류

생선류는 <표 21>에서와 같이 Fish fingers fried, Haddock fillet deep-fried, Eel smoked, Fishburger의 4종류를 각각 1제품씩 모니터링 하였다(42). 결과는 평균값이 15 ppb로 모두 같았다. 생선류에서도 아크릴아마이드의 검출량은 낮은 수준이었다.

<표 21> 생선류의 아크릴아마이드 함량(42)

Product description	N	Mean	S.D.	Median	Range
Fish fingers fried	1	15			<30
Haddock fillet deep-fried	1	15			<30
Eel smoked	1	15			<30
Fishburger	1	15			<30

타. 우유와 유제품류

우유와 유제품류 5종류를 <표 22>에서와 같이 각각 1제품씩 모니터링 하였다 (42). Chocolate drinking made up with whole milk, Coffee creamer powder, Yoghurt flavoured drink, Custard caramel, Milk powder의 모니터링 결과값은 평균 값 15 ppb로 생선류와 같았다. 우유제품에서도 아크릴아마이드의 검출량은 미비한 수준이었다.

<표 22> 우유와 유제품류의 아크릴아마이드 함량(42)

Product description	N	Mean	S.D.	Median	Range
Chocolate drinking made up with whole milk	1	15			<30
Coffee creamer powder	1	15			<30
Yoghurt flavoured drink	1	15			<30
Custard caramel	1	15			<30
Milk powder	1	15			<30

파. 육류류

마지막으로 육류류는 <표 23>에서와 같이 Hamburger, Chiken nuggets deep-fried, Chicken with skin grilled, pork schnitzel with breading prepared, Sausage smoked cooked의 5종류를 각각 1제품씩 모니터링 하였다(42). 결과는 생선류와 우유제품과 같이 평균값 15 ppb였다. 육류류에서도 아크릴아마이드의 함량은 낮은 경향을 보였다.

<표 23> 육류류의 아크릴아마이드 함량(42)

Product description	N	Mean	S.D.	Median	Range
Hamburger	1	15			<30
Chiken nuggets deep-fried	1	15			<30
Chicken with skin grilled	1	15			<30
pork schnitzel with breading prepared	1	15			<30
Sausage smoked cooked	1	15			<30

6. 유럽 연합 국가의 모니터링

아크릴아마이드에 대한 유럽 국가들의 모니터링 결과를 종합해보면<표 24>, Chips, potato의 함량이 30-3,500 ppb로 가장 높았으며, 뒤이어 Biscuits, Crackers류 등이 30-3,200 ppb, cirps, potato/sweet potato에서 170-2,287 ppb의 순서로 높은 수치를 나타내었다(26). 이는 전분 함유량이 많고 가열조리 식품에서 다량의 아크릴아마이드가 검출되었음을 알 수 있었으며, 따라서 이를 감소시킬 수 있는 방안에 대한 연구의 필요성이 사료된다.

<표 24> 식품중 아크릴아마이드의 함량 국외 모니터링 결과(26)

Foods and food product group	Acrylamide level ($\mu\text{g/kg}$)			
	Mean	Median	Minimum-Maximum	Number of samples
Crisps, potato/sweet potato	1312	1343	170-2287	38
Chips, potato	532	330	<50-3500	39
Batter based products	36	36	<30-42	2
Bakery products	112	<50	<50-450	19
Biscuits, crackers, toast, bread crisps	423	142	<30-3200	58
Breakfast cereals	298	150	<30-1346	29
Crisps, corn	218	167	34-416	7
Bread, soft	50	30	<30-162	41
Fish and seafood, crumbed, battered	35	35	30-39	4
Poultry or game, crumbed, battered	52	52	39-64	2
Instant malt drinks	50	50	<50-70	3
Chocolate powder	75	75	<50-100	2
coffer powder	200	200	170-230	3
Beer	<30	<30	<30	1

제 2 절 국내 모니터링 결과 및 고찰

1. 실험목적

2002년 4월 스웨덴 국립식품청원 발표 이후 2002년 11월 노르웨이, 스위스, 영국, 미국, 일본, 네덜란드의 자료가 발표되었다. 국내에서는 2002년 11월 미국 FDA에서 추천하는 분석방법을 이용하여 아크릴아마이드 검출량을 모니터링 하였다. 여러 연구 결과를 종합하여 분석한 결과는 다음과 같다(43).

2. 실험 식품군

생산활동은 국민경제를 구성하고 있는 중요한 산업으로 수행되며, 이러한 생산활동의 결과는 경제성장, 고용, 물가, 국제수지, 투자 등 여러 가지 일반경제지표에 영향을 미치게 된다고 한다(44). 따라서 김의 연구(45)에서는 실험군은 2003년도 식품유통연감에 게재된 식품의약품안전청에서 발표한 통계자료 ‘주요 식품 품목별 생산 실적-출하액 기준 상위 20개 품목(2001)’을 바탕으로 식품군을 선정하여 이를 기준으로 모니터링 식품군을 선정하였다(46)<표 25>.

<표 25> 국내 식품군 모니터링 선정(45)

	식 품 군		식 품 군
1	원료식품군	11	크래커, 스낵 및 비스킷류
2	밥류	12	시리얼류
3	떡류	13	차 및 음료수류
4	빵류	14	커피류
5	면류	15	초코릿 및 사탕류
6	영, 유아식류	16	통조림류
7	프렌치 프라이즈류	17	버터 및 마가린류
8	빵튀기, 누룽지, 강냉이 및 건빵류	18	장 류
9	단백질 식품류	19	소스류
10	포테이토 칩 및 포테이토 스낵류	20	기타

3. 실험 결과

가. 분석 실험군

<표 26>에서와 같이 총 20개의 실험군을 대상으로 327개의 샘플을 분석하였다(45).

<표 26> 국내 식품군 모니터링 분석 실험 샘플(45)

	식 품 군	회 사	샘 플 수
1	원료식품류		28
2	밥류	2	12
3	떡류	3	10
4	빵류	3	16
5	유당 면류	5	18
6	영, 유아식류	3	11
7	후렌치후라이류	5	14
8	빵튀기, 누룽지, 강냉이 및 건빵류	7	20
9	단백질 식품류	6	14
10	포테이토 칩류	4	17
11	크래커, 스낵 및 비스킷류	4	27
12	시리얼류	2	12
13	차, 음료수류	10	20
14	커피류	2	7
15	초코릿 및 음료수류	3	20
16	통조림류	7	18
17	버터, 마가린 및 유제품류	9	28
18	장 류	3	13
19	소스류	4	18
20	기타류	2	4
	합 계		327

나. 분석 결과 및 고찰

원료식품류에서 아크릴아마이드가 검출되지 않은 것은 아크릴아마이드가 대부분 조리과정 중에 생성된다는 연구결과를 뒷받침해준다. 이는 아크릴아마이드는 삶거나 찌는 과정에서는 거의 검출되지 않고, 주로 고온에서 튀기는 조리법 등을 이용한 식품에서 많이 검출된다고 연구되었는데(62), 우리의 주식인 밥은 끓이는 조리법, 떡은 찌는 조리법을 이용하므로 다양한 종류의 밥류, 떡류에서도 아크릴아마이드가 검출되지 않은 것으로 분석되어졌다(43).

현재까지 진행된 아크릴아마이드에 관한 연구에서는 감자를 원료로 하여 조리한 식품에서 가장 많이 아크릴아마이드가 검출됨을 알 수 있었다.

또한, 비스킷류나 시리얼류의 결과에서 제조과정과 원료의 차이에 의해서 아크릴아마이드 생성량이 변하는 것으로 여겨져 제조과정 차이에 의한 아크릴아마이드 생성변화도 연구되어야 할 것으로 사료된다.

그리고 커피류에서 커피음료나 원두에서 내린 커피에서는 아크릴아마이드가 검출되지 않았다. 이 커피류에서 394-1,026 ppb의 결과값은 인스턴트 커피를 말하는데 인스턴트 커피는 커피가루를 만드는 과정에서 maillard reaction이 일어나서 아크릴아마이드가 많이 생성되어 지는 것으로 보인다. 그러므로 커피를 먹더라도 어떤 커피를 선택하는 것에 의해 섭취량에 많은 차이를 가져올 것으로 사료된다.

마지막으로 지방으로 구성된 버터와 마가린류의 아크릴아마이드 분석결과가 미검출에서부터 10 ppb인 것은 지방으로부터는 아크릴아마이드가 생성되지 않는다는 연구결과에 기인한 것이라 여겨진다<표 27>(31).

<표 27> 국내 식품군 모니터링 결과(45)

식품군	식품	Acrylmaide concentration (ppb)
원료식품류	조,현미, 검은콩	<20
	쌀, 보리, 팥, 녹두, 현미,	ND
	수수, 노란조, 노란콩	
밥류	쌀밥, 흑미밥	<10
	현미밥	<14
떡류	떡	<10
빵류	빵	<10-50
유당면류	봉지면, 유당면	<27
영유아식류	분유, 유아용 주스	<15
후렌치후라이류	후렌치후라이	141-1118
빵튀기·누룽지·강냉이 및 건빵류	빵튀기	17-66
	누룽지	15-18
	강냉이류	75-587
	건빵	152-237
단백질 식품류	햄, 소시지, 두부	<10
포테이토 칩·포테이토 스낵류	포테이토칩, 포테이토 스낵류	278-3277
크래커, 스낵, 비스킷류	크래커	13-459
시리얼류	시리얼	12-236
	차, 음료	ND-10, 24
	커피	394-1026
초코릿 및 사탕류	국내제품	13-30
	국외제품	ND-909
	사탕류, 카라멜	ND-34
통조림류	참치캔, 과일캔, 야채캔	ND-10
버터·마가린 및 유제품류	버터, 마가린	<10
	치즈, 요플레	ND
장 류	간장	<23
	된장	34, 60
	고추장	6
	쌈장	<10, 51
소스류	케첩류	<16
	머스타드	10, 51
	드레싱	<10
	마요네즈	ND
기타(땅콩, 호두)	땅콩	ND
	호두	<3
	아몬드	236-457

다. 그 외의 분석 결과

이외에도 조리식품 중의 아크릴아마이드 함량을 분석한 연구(47)에서도 알가공품, 팝콘용 옥수수가공품, 올리브가공품, 즉석판매식품 등에서 모두 아크릴아마이드가 검출되었으며, 올리브나 팝콘용 옥수수가공품에서는 100-400 ppb 정도의 검출량을 보였으며, 즉석판매식품이나 알가공품등에서는 미량의 아크릴아마이드가 검출되었다. 또한 가정조리식품(48)을 분석한 연구에서는 국,찌개류는 김치찌개, 된장찌개, 미역국, 콩나물국울, 전, 튀김, 볶음류는 육원전, 호박전, 김치전, 고구마튀김, 오징어튀김, 느타리버섯볶음, 멸치볶음, 진미채볶음, 잡채를, 조림류는 연근조림, 감자조림, 콩자반을, 나물류는 고사리나물, 도라지나물을, 구이류는 삼치구이를 선정하여 아크릴아마이드 함량을 분석하였다. 국, 찌개류는 일반음식점에서 구입하여 분석하였는데, 아크릴아마이드 함량이 검출한계(10 ppb) 이하이거나 검출되지 않았다. 전, 튀김, 볶음류에서는 미검출에서부터 12 ppb, 조림류에서는 연근조림에서 35 ppb, 콩자반에서는 78-218 ppb, 고사리나물, 도라지나물, 삼치구이에서는 미검출에서부터 10 ppb 이하의 아크릴아마이드가 검출되었다. 조림류 중 콩자반의 아크릴아마이드 함량이 높았는데, 2003년 모니터링 결과에 의하면 콩자반의 원재료인 검은 콩에서는 10-12 ppb의 아크릴아마이드가 검출되었으므로, 콩자반의 조리과정에 의해 아크릴아마이드 함량이 증가 될 수 있을 것이라고 보고되었다(61).

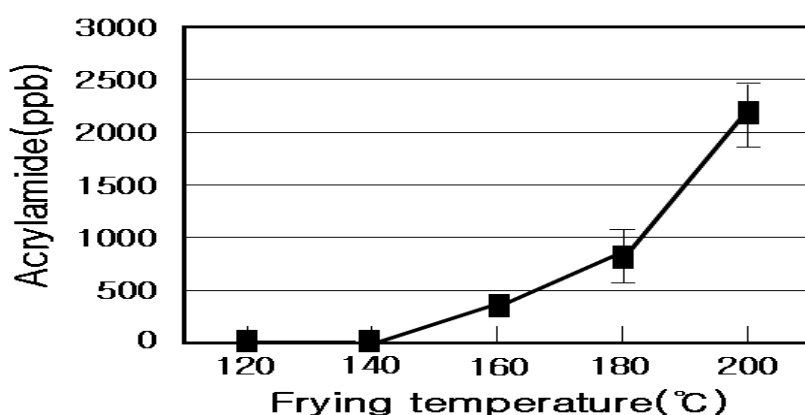
제 5 장 아크릴아마이드의 생성 조건에 관한 연구

아크릴아마이드 생성에 영향을 미치는 요인으로는 열처리 과정의 시간과 온도, pH, 식품 저장 조건등 여러 요인에 의한 것으로 보고되었다(49-50). 이에 따라 온도, 시간, pH, 전처리, 저장조건 등에 대한 아크릴아마이드 생성량 변화를 연구한 것을 종합 분석하면 다음과 같다.

제 1 절 가열온도에 따른 아크릴아마이드의 생성량 변화

식품 조리 시 가열온도가 식품 내에 아크릴아마이드 형성 요인이라는 가정하에 이루어진 연구로 아크릴아마이드는 삶거나 찌는 과정에서는 거의 생성되지 않고 튀기거나 태우는 과정에서 일정량 이상 생성되었다. 감자튀김에서 아크릴아마이드 생성량은 온도가 증가함에 따라 증가하였다(51).

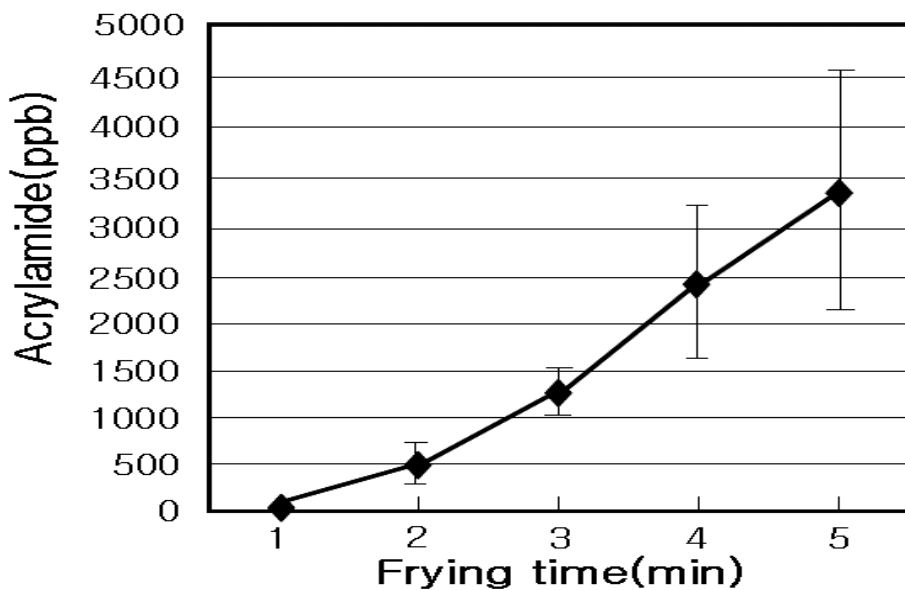
120-140℃에서는 아크릴아마이드 검출되지 않았으나, 160℃에서 서서히 증가하여, 180℃, 200℃에서 아크릴아마이드의 생성량이 급격히 증가하였다.



<그림 7> 가열온도에 따른 아크릴아마이드 생성량 변화(2)

제 2 절 가열시간에 따른 아크릴아마이드의 생성량 변화

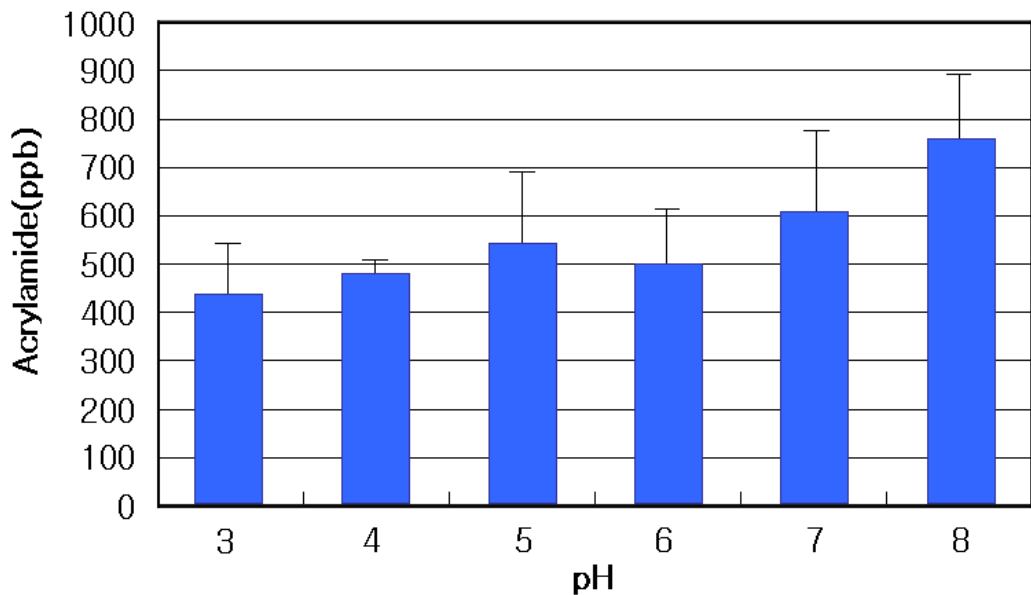
가열시간이 증가할수록 프렌치 프라이내의 아크릴아마이드 생성량이 계속적으로 증가되었다. 가열시간과 아크릴아마이드 생성량과의 상관관계에 대한 또 다른 연구에서 마이크로웨이브로 50초, 100초, 150초 동안 mash potato를 가열하였을 때 각각 5, 47, 4,400 ppb의 아크릴아마이드가 형성되었다. 또한, 아크릴아마이드 농도는 같은 온도에서 가열 시간에 비례하였다(51).



<그림 8> 가열시간에 따른 아크릴아마이드 생성량 변화(52)

제 3 절 pH에 따른 아크릴아마이드 생성량 변화

침지액 pH 변화에 따른 아크릴아마이드 함량에도 차이가 있었다. pH 변화에 따른 다른 실험결과를 살펴보면, 중성에서 아크릴아마이드 생성이 최대였으며, pH 5.0 이하에서 아크릴아마이드 생성이 확실히 억제되었고 pH 6.0에서도 아크릴아마이드 생성이 상당히 억제되었다(52).

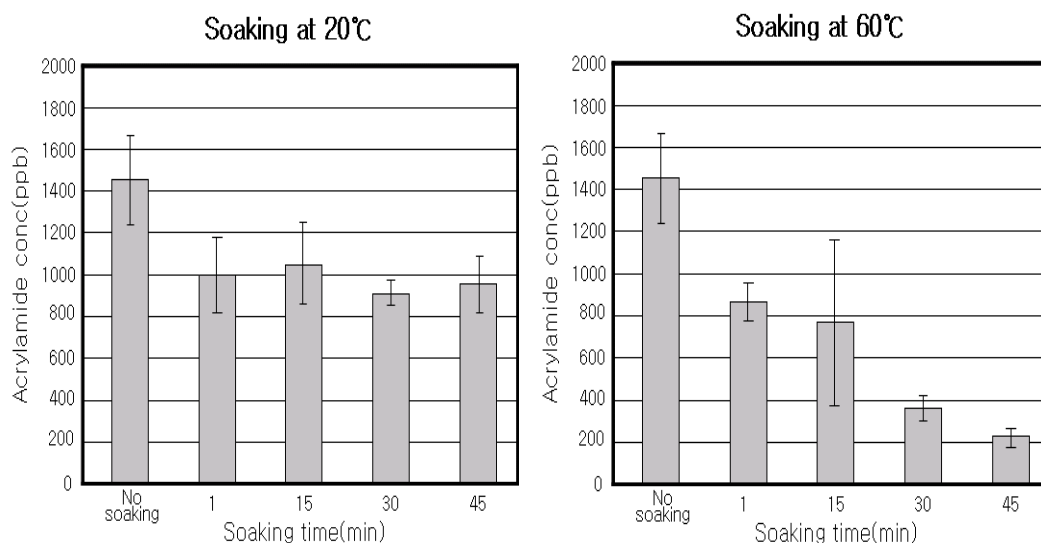


<그림 9> pH에 따른 아크릴아마이드 생성량 변화(52)

pH 3에서 아크릴아마이드 생성량이 최소였으며, pH가 증가될수록 아크릴아마이드 생성이 점차 증가되었다. 그러나 Brown의 결과(52)와는 달리 pH 5.0에서 생성된 양이 pH 6.0에서 생성된 양보다 많았다. 이는 pH 3.0-5.0 범위와 pH 6.0-8.0 범위에서 사용된 buffer 용액이 다르기 때문이라고 생각된다.

제 4 절 원료 전처리에 따른 아크릴아마이드의 생성량 변화

아크릴아마이드는 원료전처리(침지, 수세) 과정을 통해서도 그 생성량을 감소 시킬 수 있다는 연구 보고가 있다(53). 특히 60℃ 증류수에 45분간 침지하였을 때 아크릴아마이드 생성량은 74% 감소하였다. 이는 표면의 당과 아미노산이 수세의 의하여 씻겨져 나가기 때문에 표면에서 가장 많이 일어나는 maillard reaction이 어느 정도 감소된 것으로 생각된다. 또한 침지온도에 의해서도 아크릴아마이드 생성량이 변화되었다. 상온의 증류수와 60℃ 증류수에 각각 침지한 실험군들에서 서로 다른 아크릴아마이드 감소를 나타냈다. 60℃에서 침지한 실험군의 감소폭이 더욱 컸으며 침지 시간이 길어질수록 감소량은 더욱 증가하였다. 그러나 상온에서 증류수로 수세하였을 때는 수세시간의 증가가 프렌치 프라이즈내의 아크릴아마이드 생성량을 감소시키지는 않았다. 또한 다른 전처리 방법으로 물과 식초 혼합물(1:1)에 15분간 침지한 후 조리하면 아크릴아마이드 생성을 억제할 수 있었다고 보고하였다.



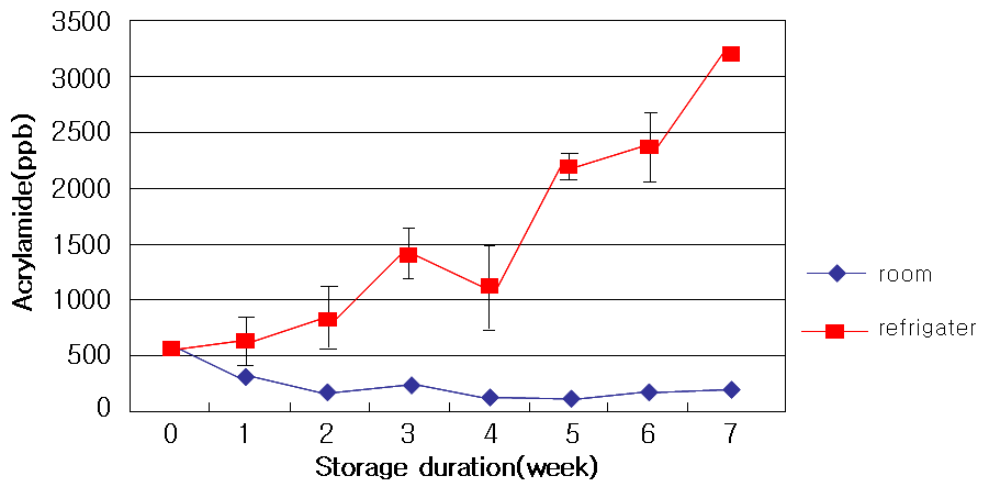
<그림 10> 침지온도에 따른 아크릴아마이드 생성량 변화(53)

제 5 절 저장온도에 따른 아크릴아마이드 생성량 변화

상온에 저장한 감자와 4℃ 냉장 보관한 감자의 아크릴아마이드 생성량 변화를 비교 분석한 연구(45)에 의하면 감자를 구입 일에 수세, frying(180℃, 3분)하였을 때 아크릴아마이드 생성량은 약 569 ppb였다. 이를 다른 각각의 조건에서 보관한 후, 1주일 간격으로 7주간 저장한 후 수세, frying하여 분석하여 아크릴아마이드 생성량의 변화 추이를 비교 분석하였다. 상온 보관한 감자를 분석한 실험군 각각의 아크릴아마이드 함량은 285 ppb, 122ppb, 190 ppb, 72 ppb, 62 ppb 122 ppb, 136 ppb이며, 4℃에서 저장 후 분석한 실험군 각각의 아크릴아마이드 함량은 638 ppb, 835 ppb, 1395 ppb, 1101 ppb, 2221 ppb, 2358 ppb, 3189 ppb이었다(그림 10).

상온 보관한 감자의 경우 0-2주간은 아크릴아마이드 생성량은 감소되다가 그 이후에는 생성량이 일정하여 7주 보관한 감자로 제조한 샘플에서 생성된 아크릴아마이드 생성량은 137 ppb이었다. 4℃ 냉장보관한 감자의 경우 보관기간이 길어질수록 아크릴아마이드 생성량이 계속 증가되어 7주 보관된 감자에서 아크릴아마이드 생성량은 1,393 ppb로 상온 보관한 것과 비교하여 무려 23배의 생성되었다.

Vattem 등(54)과 Amrein 등(55)는 8℃ 이하로 감자를 냉각하는 것은 포도당과 과당의 함량은 현저히 높으므로 아크릴아마이드 생성 가능성이 높아진다고 보고하였다. Marquez 등(56)의 연구에 의하면 3℃에서 저장한 감자의 환원당의 함량은 저온저장시 환원당량이 저장 초반에 비해 55%까지 증가하였고, Nourian 등(57)에 의하면 저장기간을 늘이기 위해 냉장 보관을 하면 감자의 전분이 환원당으로 전환됨으로 환원당량이 급속히 증가한다고 보고하였다.



<그림 11> 감자의 저장온도에 따른 아크릴아마이드 생성량 변화 (54)

제 6 장 아크릴아마이드 저감화 방법

제 1 절 원재료의 보관 방법에 따른 저감화 방법

아크릴아마이드의 저감화는 일차적으로 원료 내 아크릴아마이드를 생성 가능한 물질을 줄임으로써 이루어질 수 있다. 냉장보관한 감자의 아크릴아마이드 생성량은 보관기간이 길어질수록 증가되는 연구 결과가 발표 되었다(45). 이는 보관 기간 중 감자속의 환원당량이 증가되어 아크릴아마이드 생성량이 증가되는 것이다(58). 따라서 감자를 냉장 보관하는 것을 가급적이면 피해야 하며 원료감자는 되도록 빨리 제조 · 소비하는 것이 아크릴아마이드의 생성량을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

제 2 절 전처리 과정을 통한 저감화 방법

아크릴아마이드는 전처리 과정 통하여 그 생성량을 줄일 수 있음이 앞서 살펴본 왔듯이 연구(53)되어졌다. 60℃의 증류수에 45분간 침지하였을 때 아크릴아마이드 생성량이 약 74% 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 침지과정은 프렌치 프라이 제조시 제품의 색감을 좋게 하기 위해 제조과정 중 포함되어 있으므로 기업의 부담을 줄일 수 있으며, 60℃ 침지시간을 증가시켜 주는 것만으로 아크릴아마이드 생성을 상당 수준 억제시킬 수 있었다. 또한 제품의 호화를 위한 튀김시간 및 온도를 줄일 수도 있어 아크릴아마이드 저감화 효과가 상승되리라 생각되어진다고 보고되었다.

제 3 절 가열 조리에 따른 저감화 방법

식품을 가열시 생성되는 아크릴아마이드를 억제하기 위해서는 가열온도 및 시간을 관리하여야 한다. 일반적으로 프렌치 프라이는 160-180℃ 온도에서 2-5분간 가

열한다. 아크릴아마이드 생성량은 가열시간 및 온도에 크게 영향을 받으므로 이를 관리, 규제함으로써 아크릴아마이드를 저감화 할 수 있다고 한다. 아크릴아마이드는 160℃ 이상의 고온에서 생성이 급속도로 증가되므로 기업체에서 식품을 조리 시 그 가열온도를 가능한 160℃ 이하로 조절하는 것이 좋은 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다(59).

이처럼 아크릴아마이드의 저감화에 대한 여러 방법들 <표 28>이 제시 되고 있으며 좀더 구체적인 방안 마련을 위한 심층 연구가 수행되어야 한다고 사료된다.

<표 28> 아크릴아마이드 저감화를 위한 소비자 권고사항(59)

- 120℃ 보다 낮은 온도에서 삶거나 끓이는 음식에서는 아크릴아마이드가 검출 되지 않는다.
- 감자는 8℃ 이상의 음지에 보관하고 냉장 보관하지 않는다.
- 감자는 황금색 정도로 튀기거나 굽고, 갈색으로 변하지 않게 조리한다.
- 튀김온도는 175℃를 넘지 않게 하고, 오븐에서도 190℃를 넘지 않도록 한다.
- 가정에서 생감자를 튀길 경우 물·식초 혼합물(물:식초=1:1)에 15분간 침지한다.
- 빵이나 시리얼 등의 곡류 제품은 갈색으로 변하지 않도록 조리하고, 조리 후 갈색으로 변한 부분은 제거하고 섭취한다.
- 식품을 지나치게 높은 온도로 가열하지 않는다. 단, 육류의 경우 식중독에 걸리지 않도록 충분히 익혀서 먹는다.
- 제품에 표시된 방법대로 조리한다.

제 7 장 국내 · 외 아크릴아마이드 위해성 평가, 규제 동향 및 정책

제 1 절 아크릴아마이드 노출 및 위해성 평가

1. 스웨덴

스웨덴에서는 식품 내 존재하는 아크릴아마이드의 위해성 평가는 아크릴아마이드 함량에 의거하여 산출되었고 <표 29>과 같다(30). 스웨덴은 총 100개의 샘플 결과를 정리하여 위해성 평가에 활용하였으며, 8가지의 식품분류에 대한 중앙값(Median)을 사용하여 아크릴아마이드에 노출된 평균을 구하였다. 아크릴아마이드 노출량에 대한 평균값은 $40 \mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$ ($0.67 \mu\text{g}/\text{kg b.w.}/\text{day}$, $60 \text{ kg b.w.}/\text{day}$)으로 나타났다. 그리고 샘플링에 포함되지 않은 식품군에 대해서는 기대값으로 포함시켜 노출량을 산출하였다(1).

<표 29> 식품에 따른 아크릴아마이드에 대한 노출량(30)

Meal category	acrylamide intake($\mu\text{g}/\text{kg b.w.}$)	exposure(%)
Breakfast	0.022	8
Lunch	0.057	21
Dinner	0.061	22
Snacks	0.037	13
Coffee	0.100	36
Total	0.277	100

이 결과를 살펴보면 주 식사 이외의 스낵이나 커피에서 아크릴아마이드에 노출되는 정도가 전체 노출량의 약 50% 정도를 차지하는 것을 알 수 있다. 이를 통해 스

웨덴의 식이 패턴에서 간식이나 기호식품이 차지하는 비중이 높으며, 이에 대한 섭취량을 줄이기만 해도 아크릴아마이드로부터 노출되는 정도를 크게 줄일 수 있음을 알 수 있다. 또한 감자칩 중 아크릴아마이드 검출량은 상대적으로 높게 나타나지만 전체 식이 섭취량 중 감자칩의 섭취량은 5% 미만으로 나타났다(30, 6).

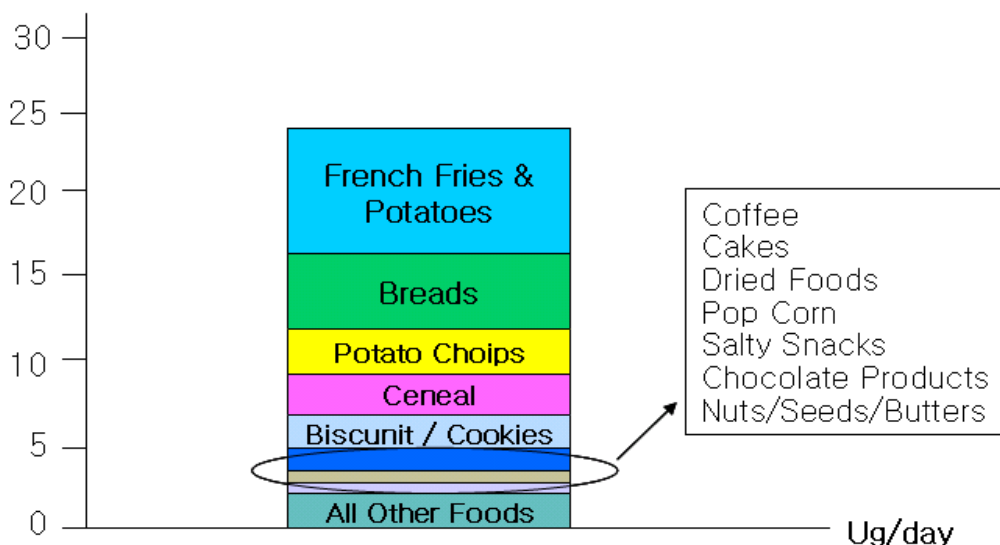
2. FAO/WHO

FAO/WHO consultation에서도 스웨덴의 샘플 분석 결과와 미국, 네덜란드, 노르웨이, 오스트리아, 스웨덴 IARC(International Agency for Research on Cancer)의 ERIC(Educational Resources Information Cancer)자료로부터 식품 소비 데이터를 수집하여 위해도 평가를 수행하였다. 이를 통해 장기간의 노출량을 $0.3-0.80 \mu\text{g/kg b.w./day}$ 로 추정하였다(12).

3. 미 국

미국 FDA/CFSAN의 DiNovi에 의해 2004년 추가 보안된 아크릴아마이드 식이 노출량은 CFS II (1994-96)(1998)를 통해 산출하였다. 2세 이상의 인구에서 아크릴아마이드는 평균 $0.43 \mu\text{g/kg b.w./day}$ 를 섭취하고, 2-5세의 어린이의 경우 평균 $1.06 \mu\text{g/kg b.w./day}$ 를 섭취하며 전체 인구보다 훨씬 높은 노출량을 보이고 있다. 아크릴아마이드에 대한 미국의 위해성 평가는 미국의 식품섭취조사와 American diet의 소비식품 조사를 바탕으로 식품 내 아크릴아마이드 함량에 대한 모니터링 결과를 반영하여 산출하였다. 그 결과는 <그림 12>와 같다.

이는 스웨덴의 결과와 달리 미국에서는 프렌치 프라이와 감자칩 등의 감자를 원료로 한 식품이 많이 소비되고 있으므로 전체 아크릴아마이드 노출 평균량에서 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있었다. 미국인의 식이에서는 감자로 만들어진 패스트푸드와 스낵류의 섭취를 줄이는 것만으로도 아크릴아마이드에 노출되는 확률을 많이 줄일 수 있음을 알 수 있다(60).



<그림 12> 미국 식품의 아크릴아마이드에 대한 상대적 노출량(52)

4. JECFA(FAO/WHO 합동 식품첨가물 전문 위원회)

JECFA에서는 평균 섭취자의 경우 아크릴아마이드 노출량을 $1 \mu\text{g/kg b.w./day}$ 이며, 고위험군(95th percentile)의 경우 $4 \mu\text{g/kg b.w./day}$ 라고 발표하였다(32).

5. 네덜란드

네덜란드의 1998년 국민 총 식이조사에 근거해 작성된 아크릴아마이드 식이 노출량 평가는 평균 $0.48 \mu\text{g/kg b.w./day}$ 이며, 고위험군의 경우에는 $1.1 \mu\text{g/kg b.w./day}$ 으로 보고되었다(63).

6. 대한민국

국민 섭취량 데이터는 2005년 식약청에서 발표한 “식이노출량 평가를 위한 식품별 섭취량 분포”를 참고하고, 체중 데이터는 “2005년 국민건강 · 영양조사”에 의

거해 노출량을 산출하였다.

산출된 노출량은 총 국민의 평균 섭취자의 경우 1인 1일당 0.15 $\mu\text{g/kg b.w./day}$ 를 섭취하며, 고위험군의 경우 0.54 $\mu\text{g/kg b.w./day}$ 로 추정한다(64). 우리나라의 생활이 다른 나라들과 다르기 때문에 1인 1일 섭취량에 많은 차이가 있는 것으로 보인다. 아크릴아마이드는 발암 개연성이 있는 물질로 추정되고 있으므로 아직 국제적으로 안전성 평가를 위한 주간섭취허용량, 일일섭취량의 기준 설정이 연구 진행 중이다.

제 2 절 아크릴아마이드의 규제 동향 및 정책

1. EU(European Union)의 규제 동향 및 정책

유럽식품산업협회는 2004년 12월까지 식품 생산자에 의해 편찬된 아크릴아마이드 경감 달성 보고서에 대한 재검토서를 제출했다. 아크릴아마이드 경감 달성보고서에 의하면 포테이토 제품을 생산·판매하는 포테이토칩 기존 생산절차에 여러 가지 설비를 도입하는 것만으로도 평균 30-50%의 감소 달성할 수 있다고 밝히고 있다.

영국 식품안전청은 EU와 식품 업계의 협력을 받아 식품 중 아크릴아마이드 함량을 줄이는 데 도움이 될 가이드라인을 만들고 있으며 균형 있는 식사를 하도록 제안하고 있다(65).

2. CODEX(국제식품규격위원회)의 규제 동향 및 정책

식품첨가물 및 오염물질 분과위원회(CCAFC)는 연구 조사를 통하여 아크릴아마이드의 독물학 정보, 분석적 방법론, 형성 및 식품 내 아크릴아마이드 감소를 위한 방법을 제시했다.

식품 내 아크릴아마이드의 유해성으로 인한 전반적인 영향에 대해서는 여전히 불확실 하지만 정부와 단체들은 아크릴아마이드 형성을 최소화라 수 있는 식품 가공기술에 대한 변경을 권고하기 시작하였다.

3. JECFA(*Joint of Expert Committee on Food Additives*)의 규제 동향 및 정책

FAO/WHO 합동 식품첨가물 전문 위원회에서는 64번째 회의에서 아크릴아마이드의 노출량, 용량 반응평가, 독성 등에 대한 결과를 발표하였다. 식품 중 비의도적인 오염물질인 아크릴아마이드는 국민건강의 관심 대상이 될 수 있다고 경고하였고, 아크릴아마이드 감소를 위한 계속적인 노력을 요청했다(32).

4. 국내의 규제 동향 및 정책

우리나라의 경우 2003년 유기산을 넣어 아크릴아마이드 생성을 억제하는 방법이 개발되어 연구가 진행 중이다. 연구팀은 아스파라긴산과 포도당이 결합해 생성된다는 점을 착안하여, 산을 첨가해 수소이온 농도를 낮춘 결과 생성량이 감소하였다고 설명했다. 2006년 식약청에서는 “아크릴아마이드 저감화 추진 T/F”를 구성해 아크릴아마이드의 저감화를 촉진하고 있다(59).

제 8 장 요약

아크릴아마이드는 Tareke 등(2)이 튀긴 음식으로 키운 쥐에서 아크릴아마이드와 식품 간의 연관성을 알아내서 2002년 스웨덴 식품청(SNFA)에 그 유해성을 처음으로 발표하였다. 전분 함량이 많고 고온에서 가열된 식품일수록 많은 양의 아크릴아마이드가 검출됨을 주장하였고 이것을 계기로 국제적으로 생성기전 및 저감화, 독성, 분석기법, 식품내 함량 등에 관한 연구가 실시되었다. 아크릴아마이드의 대부분의 주요 생성 경로는 당과 아미노산의 비효소 갈변화 반응인 maillard reaction이고 그 중에서도 glucose와 asparagine의 결합이다. 아크릴아마이드는 인체내에 신장 및 간장에 축적되어 신경독 작용을 하며, IARC(International Agency for Research on Cencer)에서 발암물질 2A Group으로 분류하여 인간에게 잠재적 발암 가능성을 지닌 물질(Probably carcinogenic to human)로 규정하는 등 그 유해성에 관한 문제점을 인식하고 각국에서 연구가 활발히 진행되고 있다.

각국에서 자체적인 유해평가가 실시되고 있으나 아직 국제적으로 1일 허용량 및 주간 섭취허용량은 정해지지 않은 실정이다. 우리나라에서는 1일 1인 노출량을 평균 섭취자의 경우 $0.15 \mu\text{g/kg b.w./day}$ 로 추정하고 있다. 특히 우리나라의 1일 1인 노출량이 외국과 상당한 차이가 있는 것으로 나타났으며 이러한 원인은 우리나라의 식습관이 아크릴아마이드가 많이 검출되는 제품인 비스킷류, 스낵류, 감자튀김류, 빵류, 커피에 대한 의존률이 낮기 때문인 것으로 사료된다. 아크릴아마이드는 원재료(감자 등)를 가열시간, 가열온도, pH의 조절, 전처리시 침지온도와 침지시간을 조절하면 생성을 억제하는 연구 결과를 나타냈다. 60°C 의 증류수에 45분간 침지시 약 74%의 아크릴아마이드 생성량 감소를 가져올 수 있었으며 이와 함께 아크릴아마이드를 저감화 시키기 위한 다양한 연구도 진행 되고 있다.

이처럼 식품내 아크릴아마이드의 유해성에 대한 관심이 고조되면서 생성기전과 인체에 미치는 독성문제, 그리고 저감화 시키기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 하지만 연구 결과가 추측성이 많아 안전성 확보를 위한 명확한 연구 자료가 제시 되지 않고 있다. 따라서 인체에 위해성을 미치는 아크릴아마이드에 대한 지속적

인 연구가 시행되어야 하며 나아가 국민 식생활 발전과 건강에 기여 할 수 있는
발판을 마련해야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Swedish National Food Administration(2002). Acrylamide in food: Acrylamide in foodstuffs, consumption and intake, Apr. 10.
2. Tareke E., Rydbreg P., Karlsson P., Eriksson S.T., Rnqvist M.(2002). Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs, J. Agric. Food Chem. 50. 4998-5006.
3. Shibamoto, T. M.; Hengel, M. 2002. Investigation of Acrylamide Formation, Occurrence, and Minimization in Foods and Beverages. Department of Environmental Toxicology, University of California, Davis, CA95616
4. Food Standards Agency(2002). Paper and board packaging; Not likely to be a source of acrylamide in food. Food Standards Agency. <http://www.food.gov.uk>. Accessed Apr. 10
5. SFOPH. Preliminary communication ; Assessment of acrylamide intake by duplicate diet study. Swiss Federal Office of Public Health. <http://www.bag.admin.ch/verbrau/aktuell/d/DDS%20acrylamide20preliminary%20communication.pdf>
6. Rosen, J and Hellenas, (2002), K-E: Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry. Analyst. 127. 880-882
7. Food and Drug Administration(2002). Detection and Quantitatuin of acrylamide in foods. U.S. Departmant of Health and Human Services, U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition Office of Plant & Dairy Foods & Beverages. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrylami.html>
8. National Food Research Institute(2002). Analysis of acrylamide in processed foods in Japan. National Food Research Institute. Available From : <http://aa.iacfc.affrc.go.jp>. Accessed Apr. 10.
9. Becalski, A.; Lau B. P. -Y.; Lewis, D.; Seaman, S. W. 2003. Acrylamide in Foods:Occurrence, Sources, and Modeling . J. Agricultural and Food chemistry. 1:802-808
10. International Agency for Research on Cancer(2002). Available From : <http>

://www.iarc.fr. Accessed Sep. 10

11. Martin. F. L. Ames, J. M., , 2001, Formation of Strecker aldehydes and pyrazines in a fried potato model system. *J. Agric. Food Chem.* 49 : 3885-3892
12. FAO/WHO.(2002). Health implications of acrylamide in food, Report of a Joint FAO/WHO Consultation WHO Headquarters, Geneva, Switzerland.
13. Kim HY.(2004). Acrylamide Monitoring of Domestic Heat-Treated Food Products and Study of Acrylamide Formation Factors, Doctoral thesis. Ewha Womans University of Korea. 27
14. 이광목(1994), 화학물질의 독석/탄화수소생성물:아크릴아마이드, 클로로메틸 에텔, 에틸렌옥사이드, 프라스틱, 에폭시수지와 관련제제. 대한산업보건협회, 11:14-15
15. 양정선, 이미영, 박인정, 강성규(1998). 활성탄관을 사용하여 포집한 작업 환경 공기중 아크릴아마이드의 분석법. *한국분석과학회*, 11: 139
16. Korea Food and Drug Administration(2007). 아크릴아마이드 저감화 tool box. 7
17. Friedman, M. 2003. Chemistry,biochemistry, and safy of acrylamdie. A review. *J. Agric. Food Chem.*51:4504-4526
18. Stadler, R. H.; Blank, I.; Varga, N.; Robert, F.; Hau, J.; Guy, A. P.; Robert, M.-C.; Riediker, S. 2002. Acrylamdie from Marillard reaction products. *Nature*, 419 : 449
19. Zyzak, D.V., Sanders, R., Stojanovic, M., Tallmadge, D.H., Eberhart, B.L., Ewald, D.K., Gruber, D.C., Morsch, T.R., Strothers, M.A., Rizzi, G.P., and Villagram, M.D.(2003). Acrylamide Formation Mechanism in Heated Foods, *J. Agric. Food Chem.* 51. 4782-4787.
20. Mottram, D. S.; Wedzicha, B. L.; DodsOn, A. T. 2002. Acrylamide is formed in the Marllard reaction. *Nature*, 419 : 448-449
21. Barber, D. S.; Hunt, J. R.; Ehrich, M. F.; Lehning, E. J.; LoPachin, R. M. 2001. Metabolism, toxicokinetics and hemoglobin adduct formation in rats following subacute and subchronic acrylamide dosing. *Neuro Toxicology*. 22 : 341-353
22. Granath, F. N.; Vaca, C. E.; Ehrenberg, L. G.; Tornqvist, M, A. 1999
Cancer risk estimation of genotoxic chemicals based on target dose and a multiplicative model. *Risk Anal.* 19(2) : 309-320

23. Bull, R. J.; Robinson, M.; Laurie, R. D.; Stoner, G. D.; Greisiger, E.; Meier, J. R. J.; Stober, J. 1984. Carcinogenetic effects of acrylamide in Sencar and A/J mice. *Cancer Res.* 44 : 107-111
24. WHO/FAO, 2002. WHO/FAO acrylamide in food network <http://www.who.int/fsf/Acrylamide/research.htm>
25. Miller DD, Schricker BR, Rasmussen RR, Van Campen D. 1981. An in vitro method forestimation of iron availability from meals. *The American Journal of Clinical Nutrition* 34:2248-2256
26. European commission.(2002). Opinion of the scientific committee on food on new findings regarding the presence of acrylamide in Food. <http://europe.eu.int>
27. Gerz, C., Klostermann, S.(2002) Analysis of acrylamide and mechanism of its formation in deep-fried products, *European Journal of Lipod Science and Technology.* 104. 762-771.
28. Lehning, E. J., Balaban, C. D., Ross, J. F., Lopachin, R. M.(2002). Acrylamide Neuropathy II: Spatiotemporal Characteristics of Nerve Cell damage in Brainstem and Spinal Cord, *Neuro Toxicology.* 24. 109-123.
29. He, F. S.; Zhang, S. L.; Wang, H. L.; Li, G.; Zhang, Z, M.; Li, F. L.; Dong, X. M.; Hu, F.R. 1989. Neurological and electroneuromyographic assessment of the adverse effects of acrylamide on occupationally exposed workers. *J. Work Environ. Health.* 15(2) : 125-129
30. Edwards, P.M.(1975b)Neurotoxicoty of acrylamide and its analogues and the effects of these analogues and other agents on acrylamide neuropathy.Br. J. ind. Med., 32: 31-38
31. Hagmar, L.; Torqvist, M.; Nordander, C.; Rosen, I.; Bruze, M.; Kautiainen, A.; Magnusson, A. L.; Malmberg, B.; Aprea, P.; Granath, F.; Axmon, A. 2001. Health effects of occupational exposure to acrylamide using hemoglobin adducts as biomarkers of internal dose. *J. Work Environ. Health.* 27(4) : 219-226
32. FAO/WHO, 2005. Summary and conclusions of the sixty-fourth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives(JECFA), available at: <http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/en>
33. Korea Food and Drug Administration(2003). 식품 중의 아크릴아마이드 모니터링. 59, 91

34. Johnson, K., A.; Gorzinski, S. J.; Bodner, K. M.; Campbell, R. A.; Wolf, C. H.; Friedman, M. A.; Mast, R. W. 1986. Chronic toxicity and oncogenicity study on acrylamide incorporated in the drinking water of Fischer 344 rats. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 85(2) : 154-168
35. Korea Food and Drug Administration(2007). 식품등 중 기준규격미설정 물질의 시험방법 제정. 9-11
36. Food and Drug Administration(2002). Acrylamide Infonet. U.S. Department of health and human services, U. S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition Office of Plant & Dairy Foods & Beverages.
<http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/pestadd.html#acrylamide>
37. Food and Drug Administration(2003). Detection and Quantitation of Acrylamide in Foods. U.S. Department of Health and Human Services, U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition Office of Plant & Dairy Foods & Beverages.
<http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrylami.html>
38. Swedish National Food Administration(2002). April, 26
39. U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition(2002). Exploratory data on acrylamide in foods.
40. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*(2003). 51(3) : 802-808
41. Food Additives and Contaminants(2003). Analysis of acrylamide by LC-MS/MS and GC-MS in processed Japanese foods. 20(3) : 215-220
42. Food and Chemical Toxicology(2003). Acrylamide exposure from foods of the Dutch population and an assessment of the consequent risks. 41 : 1569~1579
43. Park, J.Y.(2003). Acrylamide monitoring of domestic heat-treated food products. MS thesis, Ewha Womans University, Seoul, Korea.
44. 식품유통연감(2003). 387-397
45. 김혜영(2004). 국내 가열식품군의 아크릴아마이드 모니터링 및 생성조건에 대한 연구, 이화여자 대학교 대학원. 41-66
46. Kang DI(2003). Annual production report of food items in Korea. *Food J.* Seoul, Korea.pp. 65-69
47. 식품의약품안전청(2004). 조리식품 중의 아크릴아마이드 함량 실태조사. 17-28

48. 이미선, 박재영, 오상석(2004). 가정식 음식의 아크릴아마이드 함량분석, 한국식품조리 과학회 학술지. 20(6).708-711.
49. T, Wiekland., H, Ostlie., O, Lothe., S. H, Knutsen, E, Brathen., A, Kita.(2003) *LWT*. 39. 571-575.
50. S, Eriksson., P, Karlsson..(2006). *LWT*. 391. 392-398.
51. 김혜영, 박재영, 김청태, 정소영, 소유섭, 이종옥, 오상석.(2004). French fries의 아크릴아마이드 생성에 영향을 미치는 인자에 관한 연구, 한국식품과학회지. 36(6). 857-862.
52. Brown R(2003). Formation, occurrence and strategies to address acrylamide in food, Food Advisory Committee Meeting Acrylamide.
53. Food and Drug Administration(2003). Exploratory Data on Acrylamide in Foods. U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydat2.html>
54. Vatter, D.A., Shetty, K.(2003). Acrylamide in food: a model for mechanism of formation and its reduction, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 4. 331-338.
55. Amrein, T.M., Bachmann, S., Noti, Am., Biedermann, M., Barbosa, M.R., Biedermann-Brem, S., Grob, K., Keiser, A., Realin,i P., Escher, F., Amad, R.(2003). Potential acrylamide formation, sugar and free asparagine in potatoes: A comparison of cultivars and farming systems, *J. Agric. Food Chem.* 51. 5556-5560.
56. Marquez, G., Anon, M.C.(1986). Influence of reducing sugars and aminoacids in the color development of fried potatoes. *J. Food Sci.* 51, 157-160.
57. Nourian, F., Ramaswamy, H.S., Kusnhalappa, A.C.(2003). Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures, *Lebensm.-Wiss. Technol.* 36. 49-65.
58. Korea Food and Drug Administration(2007). 식품 중 아크릴아마이드란?. 74-75
59. Korea Food and Drug Administration.(2007). 「아크릴아마이드 저감화 추진 T/F」 활동일지. 9-11
60. DiNovi M., & Howard D. 2004, The updated exposure assessment for acrylamide http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acy2004/acry_2004_dinovihoward.pdf

f.2004

61. 정형옥, 박성국, 최동미.(2007). 가공식품 중 아크릴아마이드 분석, 한국분석과학회. 20(2). 164-169.
62. 박재영, 김청태, 김혜영, 금은희, 이미선, 정소영, 소유섭, 이종옥, 오상석.(2004). 국내 생산식품의 아크릴아마이드 함량분석, 한국식품과학회. 36(6). 872-878
63. Koning EJM, Bears AJ, van Klaverev JD, Spanjer MC, Rensen PM, Hiemstra M, wan Kooji JA, Peters PWJ(2003). Acrylamide exposure from foods of the Dutch population and assessment of the consequent risks. Food Chem. Toxicol. 41:1569-1567
64. Korea Food and Drug Administration(2007). 식품 중 아크릴아마이드 모니터링 및 위해평가. 48-52
65. European Union(2004). Note of the meeting of experts on industrial contaminants on food: acrylamide workshop. Available from : http://www.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/acryl_guidance.pdf. Accessed Nov. 1

감사의 글

학교에 부푼 마음을 가지고 입학한지가 엇그제 같은데 벌써 3년이 지났습니다. 늦각이 공부를 시작하니 감회도 새로웠고 학업을 할 수 있다는 뿌듯함도 컸습니다.

본 논문의 처음 연구계획에서부터 완성에 이르기까지 학문적 기틀을 잡아 주시고 늘 저에게 지금까지 아낌없는 지도와 애정으로 가르침을 주신 김경수 교수님께 진심으로 깊은 감사를 드립니다. 그리고 논문심사 과정을 통하여 완성되기까지 지도 해주신 김복희 교수님, 이재준 박사님께도 감사드립니다.

학과 교수님이시며 3년동안 열심히 지도해 주신 이명렬 교수님, 노희경 교수님, 장해춘 교수님, 이소정 교수님께도 감사드립니다.

논문을 쓰는 동안 많은 도움을 주신 정민석 선생님, 심성례 선생님과 실험실 대학원생들에게도 감사드립니다. 어려워하고 힘이 들 때 많은 위로의 말과 늘 함께 있어 준 사랑하는 미영언니, 미주, 정화, 귀덕언니와도 이 시간을 나누고 싶습니다. 또, 은주, 운주, 종권, 지연언니에게도 감사하다는 말을 전하고 싶습니다.

큰 걱정 없이 공부할 수 있도록 묵묵히 뒷바라지를 해 주시며, 항상 믿어주시고 기도로 적극 후원해 주시는 사랑하는 엄마와 동생 현철이에게도 감사드리며, 이제 평생을 함께하기로 약속한 사랑하는 남편 상민씨와 복 중 태아 가을이에게와도 이 기쁨을 함께하고 싶습니다.

사랑합니다. 감사합니다.

2008년 12월 신 영 주

저작물 이용 허락서

학 과	영양교육	학 번	20068128	과 정	석사
성명	한글: 신영주 한문: 申 伶 珠 영문: Shin Young Joo				
주소	광주광역시 남구 주월동 1152 신영루체빌 1307호				
연락처	E-MAIL: breadgirl7@daum.net				
논문제목	한글 : 식품 중에 함유된 유해성 아크릴아마이드의 문헌적 고찰 영문 : A philological study on poisoning of acrylamide in food				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건 아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억 장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함.
다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

2009 년 1 월 14 일

저작자: 신 영 주 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하