

발간등록번호

11-1543000-001028-01

수출용 김치의 안전성 확보를 위한  
아플라톡신 오염 방지 기술 개발

(Development of Prevention Technology of Aflatoxins  
Contamination to Ensure Safety of Exporting Kimchi)

세계김치연구소

농림축산식품부

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “수출용 김치의 안전성 확보를 위한 아플라톡신 오염 방지 기술 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2015년 11월 일

주관연구기관명 : 세계김치연구소

주관연구책임자 : 서 혜 영

연 구 원 : 조 정 은

연 구 원 : 정 영 배

연 구 원 : 김 성 현

연 구 원 : 이 상 일

연 구 원 : 김 수 지

연 구 원 : 정 혜 민

연 구 원 : 천 선 화

참 여 기 업 명 : (주)한성식품

연 구 원 : 신 흥 철

연 구 원 : 김 경 희

# 요 약 문

## I. 제 목

수출용 김치의 안전성 확보를 위한 아플라톡신 오염 방지 기술 개발

## II. 연구성과 목표 대비 실적

- 수출용 김치 및 원부재료에 대한 아플라톡신 오염 현황 조사 : 500건 완료
- 수출용 김치 및 원부재료 중 아플라톡신 오염 방지 기술 개발 : 1건 특허출원 완료
- 수출용 김치 제조 안전관리 매뉴얼 : 1건 발간 완료

## III. 연구개발의 목적 및 필요성

- 식품 중 아플라톡신은 발생빈도와 독성측면에서 위해도(hazard)가 매우 높아 국내외적으로 관리 기준을 강화하고 있는 실정으로 최근(2012.03.30.) 일본 후생노동성에서는 가공식품 수입 시 아플라톡신 검사를 강화한다는 방침을 발표한바 있음
- 일본 정부는 기존에 고춧가루, 피넛츠 등과 같이 아플라톡신 발생 원료에만 명령검사를 실시했으나, 2012년 4월부터 김치, 고추장, 젓갈류 등 아플라톡신 발생원료가 포함된 가공식품까지 명령검사 대상을 확대하는 것으로 지침을 변경하여 한국산 가공식품 전반에 영향을 미칠 것으로 예상됨
- 일본은 김치의 최대 수출시장으로 ‘아플라톡신 검사 의무화’에 따른 산업계 혼란이 야기되는 상황이며, 김치에 대한 아플라톡신 검출 현황 등 관련분야에 대한 기초자료가 전무한 실정이기 때문에 이 분야에 대한 연구가 시급함
- 따라서, 수출용 김치의 안전성을 확보하기 위하여 수출용 김치의 원부재료 및 완제품에 대한 총 아플라톡신 오염 현황을 조사하고 오염 원인을 파악하여 김치 제품 중 아플라톡신 오염을 방지할 수 있는 기술을 개발하고자 함

## IV. 연구개발 내용 및 범위

- 김치류 중 아플라톡신 분석법 확립
- 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신의 계절별 오염 현황 조사
- 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신 오염 원인 규명
- 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신 오염 방지 기술 개발
- 수출용 김치의 안전성 확보를 위한 아플라톡신 안전관리 매뉴얼 개발
- 수출용 김치의 품질 보증을 위한 국가 품질안전인증제(안) 마련

## V. 연구개발결과

### 1. 김치류 중 아플라톡신 분석법 확립

- 김치 및 원부재료 중 아플라톡신 분석을 위한 선별방법으로 현재 시판중인 ELISA kit 적용가능성을 검토하였음(정성 : Reveal<sup>®</sup>, Agri-Screen<sup>®</sup>/정량 : Veratox<sup>®</sup>)
- 시료 전처리 조건을 확립하기 위하여 AOAC법 및 식품공전법에 준하여 추출용매, 추출방법을 검토하였으며, 김치 원부재료 및 제품 중 아플라톡신을 추출하기 위한 전처리 방법으로 추출용매는 김치 원부재료의 경우 1% NaCl이 첨가된 70% methanol 용액으로, 김치 제품은 70% methanol 용액을 사용하여 추출방법으로는 초음파추출기를 사용한 방법을 선정하였음
- 아플라톡신류를 신속하게 분석하기 위해 u-HPLC/FLD 기기분석 조건을 확립하였음
- 확립된 분석법은 FDA guideline에 따라 검량선의 직선성, 검출한계(LOD), 정량한계(LOQ), 재현성 및 회수율을 산출하여 유효성 검증을 실시하였음

### 2. 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신의 계절별 오염 현황 조사

- 수출용 김치의 원부재료 및 제품 중 아플라톡신 오염 현황 조사
  - 수출용 김치 생산업체 현황은 식품의약품 통계자료를 활용하여 확인하였으며, 종류별 수출 현황 및 사용 원료의 원산지를 확인하였음
  - 수출용 김치 원부재료 및 제품 51종(김치 16종, 원부재료 35종)을 수집하여 이화학적, 미생물학적 품질 특성을 분석하고 아플라톡신 오염도를 분석하였음
  - 시판 김치 및 원부재료는 총 149종(김치 21종, 고춧가루 103종, 기타원부재료 25종)을 수집하여 이화학적, 미생물학적 품질 특성을 확인하고 아플라톡신 오염도를 분석하였음
- 수출용 김치의 원부재료 및 제품 중 아플라톡신의 계절별 발생현황 조사
  - 계절별 김치 원부재료 총 195종(건고추 및 고춧가루 138종, 기타 부재료 57종)을 수집하여 품질 특성(수분, 일반세균, 젖산균, 효모/곰팡이)을 확인하고 아플라톡신 오염도를 분석하였음. 그 결과 총 195종 원부재료 중 에서 32종(전체의 16.4%)의 원부재료에서 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 검출되었으며, 26종이 건고추 및 고춧가루에서 검출되었음. 검출된 원부재료 중 고춧가루 12종에서 0.09 ~ 2.56 µg/kg 농도로 오염된 것으로 나타났으며, 모두 식품공전 기준(장류 및 고춧가루 및 카레분, 아플라톡신 B<sub>1</sub> 10 µg/kg 이하) 이하로 확인되었음
  - 계절별로 판매되는 김치 제품 총 87종을 수집하여 이화학적(수분, pH, 산도, 염도), 미생물학적(일반세균, 젖산균, 효모/곰팡이)품질 특성을 확인하고 아플라톡신 오염도를 분석하였음. 그 결과, 87종 중 8종에서 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 검출되었으며, 모두 LOD이하로 확인되었음

### 3. 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신 오염 원인 규명

- 수출용 김치의 제조공정 및 환경 중 아플라톡신 발생 현황 조사
  - 수출용 김치를 생산하는 업체 6곳을 선정하여 제조공정별(3단계) 시료 18종을 수집하였음

- 공정별 시료의 이화학적, 미생물학적 품질 특성을 분석하고, 아플라톡신 함량을 분석하여 오염여부를 확인하였음. 제조공정별 시료의 아플라톡신 함량을 분석한 결과, 18종 모두에서 아플라톡신이 확인되지 않아 미생물 특성 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 수출을 전문으로 하는 제조업체에서 생산된 제조공정별 시료에서 아플라톡신 오염은 없는 것으로 확인되었음
- 김치의 저장·유통 중 아플라톡신 발생 현황 조사
  - 아플라톡신 생산 균주(*Aspergillus flavus* 및 *A. parasiticus* 혼합)를 고춧가루에 접종하여 저장조건(25°C, 35°C, 37°C, 동일 RH 75%) 중 아플라톡신의 생산 유무 및 함량을 분석하였음. 저장기간 동안 저장온도별(25°C, 35°C 및 37°C)로 생성된 총 아플라톡신류의 생성량은 각각 평균 6.2, 7.6 및 3.5 µg/kg으로 35°C 저장 시 아플라톡신 생성량이 많은 것으로 확인되었음
  - 김치는 포장형태(용량, 소재) 및 유통형태(온라인, 오프라인)으로 구분하여 아플라톡신 오염 여부를 확인하였음. 포장형태별 김치 제품의 아플라톡신 오염 현황을 확인한 결과, 아플라톡신이 검출된 제품 8종 중 PET 포장제품 2종(<LOD 이하), PE pouch 포장제품 1종(0.02 µg/kg), 소용량 4종(<LOD 이하), 대용량 1종(0.02 µg/kg)으로 확인되었으며, PET와 PE pouch의 포장용량을 감안할 때 소용량 포장 제품 7종에서 아플라톡신 오염이 확인되어 포장공정에서도 관리가 필요할 것으로 나타났다. 유통형태별로 김치 제품의 아플라톡신 오염도를 분류한 결과, 오프라인(대형마트)에서 판매되는 제품이 7종이었으며, 온라인(인터넷) 판매 제품은 1종으로 인터넷을 통하여 유통되는 제품보다 대형마트에서 유통되는 제품에서 오염 발생 빈도수가 높았으나 대부분 아플라톡신 오염은 거의 없는 것으로 확인되었음
- 김치 중 아플라톡신 오염원인 규명
  - 김치의 원부재료 및 제품, 제조공정별 시료 중 아플라톡신 함량을 모니터링 한 결과 부재료 중 건고추 및 고춧가루에서 아플라톡신이 오염되는 것으로 확인되었음. 아플라톡신 생성균주를 처리한 후 저장 조건별로 아플라톡신 생성유무 및 생성량을 확인한 결과, RH 75% 시 생성량의 차이가 발생하지만 25°C, 35°C 및 37°C 조건에서 아플라톡신을 생산하는 것으로 나타났다

#### 4. 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신 오염 방지 기술 개발

- 아플라톡신 생성 억제를 위한 김치 원부재료 저장조건 설정
  - 아플라톡신 생성 억제를 위한 김치 원부재료 저장조건 설정을 위해 아플라톡신 오염에 취약한 고춧가루를 대상으로 아플라톡신 생성균주를 오염시킨 후 온도 및 습도조건별로 저장하면서 아플라톡신 함량 변화를 확인하였음
  - *A. flavus*를 오염시켜 온도(10, 25 및 35°C) 및 습도(RH 35, 55 및 75%) 저장조건별로 아플라톡신 함량을 확인한 결과, 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 검출되었음. 동일 온도(25°C)에서 습도가 낮을수록 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 저장기간이 경과함에 따라 급격히 감소하였으며, 저장 7일째는 모두 불검출 되었음. 동일 습도(RH 75%)에서 온도가 높아질수록 아플라톡신 생성량이 높아졌으며, 35°C에서 생성량이 높은 것으로 확인되었음
  - *A. parasitivus*를 오염시켜 온도(10, 25 및 35°C) 및 습도(RH 35, 55 및 75%) 저장조건별로 아플라톡신 함량을 확인한 결과, 아플라톡신 B<sub>1</sub> B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> 및 G<sub>2</sub>가 모두 검출되었음.

총 아플라톡신 생성량은 *A. flavus*를 오염시킨 경우 보다 *A. parasiticus*에서 더 높게 확인되었으며, 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 경우 10배 이상 높게 확인되기도 하였음. 동일 온도(25°C)에서 습도의 영향을 확인한 결과, RH 55%에서 가장 높은 생성량을 나타내었으며, 저장기간에 따라 감소하는 경향은 확인되지 않았음. 동일 습도(RH 75%)에서 온도에 따른 생성량을 확인한 결과 25°C에서 높게 확인되었으며, 10°C 및 35°C 저장 시료에서는 유사한 함량으로 나타났음

- 결과적으로, *A. flavus*가 오염된 경우 10°C이하에서 저장할 경우 아플라톡신의 오염을 예방할 수 있었으며, *A. parasiticus*가 오염된 경우에는 생성균수에 따라 아플라톡신 함량이 증가하는 경향을 나타내어 초기 오염을 방지하고, 저온 및 RH 50% 이하에서 저장하는 것이 바람직 한 것으로 나타났음

- 김치 원부재료 및 제품 중 아플라톡신 생성 억제 및 저감효과 분석

- 김치 원부재료 및 제품 중 아플라톡신의 생성 억제 및 저감효과 분석을 위해 아플라톡신 오염에 취약한 고춧가루, 고춧가루가 첨가된 김치 양념 및 김치제품을 대상으로 아플라톡신 생성량이 높은 *A. parasiticus*를 오염시켜 물리적(적외선, UV, 감마선), 화학적(유기산, 자몽종자추출물) 및 미생물학적(젖산균) 처리 후 *A. parasiticus* 수 및 아플라톡신 함량 변화를 분석하였음
- 아플라톡신 생성 균주인 *A. parasiticus*의 포자 현탁액을 멸균된 고춧가루에 접종하여 30°C에서 16시간 및 96시간 배양 후 적외선(230V, 2000W)을 1, 2, 3분 동안 각각 처리하여 *A. parasiticus* 수 및 아플라톡신 함량의 변화를 확인하였음. 배양시간에 따라 4 및 8 log CFU/g 수준으로 나타난 *A. parasiticus*수는 적외선으로 1분 조사 후 2 log CFU/g 수준까지 감소하였으며, 2분 이상 조사 시 검출되지 않았음. 아플라톡신 함량은 초기 오염농도 수준에 따라 감소율이 다르게 나타났으며, 적외선 조사 시간에 따라 아플라톡신 B<sub>1</sub>과 G<sub>1</sub>의 감소로 총 아플라톡신 함량이 낮아지는 것으로 확인되었음. 적외선으로 3분 조사 시 전체 감소율은 저농도(4.41 µg/kg)에서는 약 7.7%, 고농도(111.2 µg/kg)에서는 약 11.5%이었음.
- 아플라톡신 생성 억제 및 저감효과 분석을 위해 UV-LED(275 nm)장치를 제작하였으며, 멸균 고춧가루에 *A. parasiticus* 포자 현탁액을 접종하여 배양한 시료를 장치에 넣고 1, 2 및 3시간 동안 UV를 조사하였음. *A. parasiticus* 수는 UV 조사 후 1 log 감소하였으며, 조사시간에 따른 차이는 확인되지 않았음. 아플라톡신 함량의 경우, UV 조사 후 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 약 26%, G<sub>1</sub>이 약 22% 감소하여 총 아플라톡신 함량은 평균 25% 수준 감소하였으며 처리시간에 따른 차이는 나타나지 않았음
- 감마선 조사에 의한 아플라톡신 생성균의 생육억제 및 아플라톡신 함량 저감 효과를 확인하기 위하여 멸균된 김치 및 양념에 *A. parasiticus* 포자 현탁액을 오염시켜 배양한 후 5, 10 및 20 kGy로 감마선을 조사하였음. 김치 및 양념에서 *A. parasiticus* 수(조사 전 4.6 log CFU/g 수준)는 5 및 10 kGy 감마선 조사 후 약 2 log 수준이 감소하였으며, 20 kGy로 조사된 시료에서는 모두 불검출 되었음. 총 아플라톡신 함량은 김치 및 양념 모두에서 10 kGy 이상 조사 시 유의적으로 감소하는 것으로 나타났으며 (p<0.05), 20 kGy 조사 처리구에서 감소율은 김치 및 양념에서 각각 8.4 및 11.5%이었음.

- 화학적 처리에 의한 아플라톡신 생성균의 생육억제 및 아플라톡신 저감 효과를 확인하기 위하여 유기산(acetic acid(AA) 1.0%, lactic acid(LA) 1.0%) 및 자몽종자추출물(0.3, 0.5 및 1.0%)을 *A. parasiticus*가 오염된 양념에 처리하여 배양(30°C, 42시간) 후 균수 및 아플라톡신 함량을 측정하였음. *A. parasiticus* 수(무첨가구 6.4 log CFU/g)는 유기산 첨가구에서 약 2-3 log 감소한 것으로 나타났으며, 자몽종자추출물은 무첨가구와 유사하게 나타나 아플라톡신 생성균의 생육억제 효과가 없는 것으로 확인되었음. 총 아플라톡신 함량은 무첨가구와 비교하여 AA 첨가구에서 약 5.1%로 감소한 것으로 나타났으며, LA 처리구 및 자몽종자추출물 처리구에서는 평균 6.5% 증가하는 것으로 나타나 아플라톡신 저감효과가 확인되지 않았음
- 미생물 처리에 의한 아플라톡신 생성균 생육 억제 및 아플라톡신 저감효과를 평가하기 위하여 멸균된 김치에 *A. parasiticus* 포자 현탁액을 접종하고 김치 발효에 관여하는 주요 젖산균 중 *Lactobacillus plantarum* (LP)과 *Leuconostoc mesenteroides* (LM)를 각각 접종시켜 30°C에서 배양하며 배양시간(0, 18 및 42시간)에 따른 화학적 및 미생물학적 특성, 아플라톡신 함량을 분석하였음. 배양시간이 경과함에 따라 시료의 pH는 낮아지고, 산도는 증가하는 것을 확인하였으며 젖산균 수도 증가하는 것으로 나타났음. *A. parasiticus* 수는 젖산균 무처리구 및 LM 처리구에서 배양시간 동안 5 log CFU/g을 유지하는 것으로 나타났으며, LP 처리구에서는 발효 진행에 따른 화학적 변화에 따라 pH가 3.4까지 내려간 시점에서 1 log 감소한 수준으로 확인되었음. 총 아플라톡신 함량의 경우 배양시간이 증가함에 따라 젖산균 무처리구에서는 초기 농도보다 약 2배 이상 증가한 것으로 나타났으나, 젖산균 처리구에서는 초기 오염농도와 유사하거나 낮은 수준으로 확인되었음. 결과적으로 김치 유래젖산균이 *A. parasiticus*의 생육억제 효과는 낮지만, 아플라톡신의 생성량을 50%이상 저감시키는 것으로 확인되었음
- 김치 발효조절에 의한 아플라톡신 생성 억제 효과분석
  - 김치 발효 중 농도별 아플라톡신 오염도 저감 효과를 확인하기 위하여 아플라톡신 농도(10 및 20 µg/kg)를 달리하여 김치에 오염시킨 뒤 저장 중 이화학적 및 미생물학적 품질특성을 분석하고, 아플라톡신 함량을 분석하였음. 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> 및 총 아플라톡신 함량은 저장기간이 증가하면서 점차 감소하는 경향을 나타내었으며, 초기 오염농도에 비해 평균적으로 약 49%의 감소율을 나타냄. 특히 아플라톡신 G<sub>1</sub>의 경우 저장 0주차에 10 µg/kg 오염구에서 7.79 µg/kg, 20 µg/kg 오염구에서 17.85 µg/kg이 검출되었으나 저장 8주 후 각각 2.83, 8.55 µg/kg으로 감소하여 60% 이상의 감소율을 나타냄
  - 김치 발효 중 젖산균이 아플라톡신 오염도 저감화에 미치는 영향을 평가하기 위하여 아플라톡신 기준농도인 10 µg/kg를 김치에 오염시킨 뒤 김치 발효에 대표적으로 관여하는 젖산균인 *Lactobacillus plantarum*(AFs+LP)과 *Leuconostoc mesenteroides* (AFs+LM)를 각각 접종시켜 4°C에서 8주간 저장하며 이화학적(수분, pH, 산도, 염도) 및 미생물학적 특성(일반세균, 젖산균, 효모 및 곰팡이, 대장균군 및 대장균), 아플라톡신 함량을 분석하였음. 저장 8주 후 아플라톡신 오염 및 젖산균을 첨가한 김치의 아플라톡신 평균 감소율은 아플라톡신 오염구(AFs)에서 7.1%, AFs+LP에서 21.5%, AFs+LM에서 24.1%로 나타나 젖산균을 첨가한 시료에서 감소율이 더 크게 나타남
  - 발효조건에 따른 아플라톡신 생성균의 생육억제 및 아플라톡신 오염도 저감 효과를 확

인하기 위하여 *A. parasiticus* 포자 현탁액을 김치에 오염시킨 후 저장온도(4°C, 10°C, 10°C→4°C)를 달리하여 저장 중 이화학적 및 미생물학적 품질 특성을 분석하고, 아플라톡신 함량을 분석하였음. 효모 및 곰팡이 수는 저장 1주차에 10°C→4°C 저장조건에서 2.77 log CFU/mL로 검출되어 약 2.71 log CFU/mL 수준이 감소하였음. 저장 2주차에는 효모 및 곰팡이 수가 2.48~3.58 log CFU/mL 검출되어 저장 초기에 비해 약 0.30~1.43 log CFU/mL 감소하였으며 저장 3주차 이후 모든 저장조건에서 효모 및 곰팡이수가 불검출 되었음. 저장조건에 따른 총 아플라톡신 함량은 저장 초기 약 20 µg/kg 수준으로 검출되었으나 저장 2~3주차까지 증가하여 약 25 µg/kg 까지 검출되었고, 이후 다시 감소하는 경향을 나타냄. 4°C 저장구의 경우 저장기간에 따라 아플라톡신 B<sub>1</sub>에서 유의적으로 감소하여 저장 3주차에 약 14%, 저장 4주차에 약 4%의 감소율을 나타냄

- 아플라톡신 등 곰팡이독소 생성균과 기타 미생물 제어를 위한 방법으로 식품의 재료를 혼합하면서 유해 미생물을 효과적으로 살균, 제거할 수 있는 살균기능을 갖는 식품혼합장치를 고안하였음

## 5. 수출용 김치의 안전성 확보를 위한 아플라톡신 안전관리 매뉴얼 개발

- 원료 구입, 검수, 보관 등 김치 원료의 관리 및 정선, 탈수, 양념제조 등 배추김치 제조단계별 관리항목을 제시하고, 일반위생관리 항목으로 작업장 관리, 제조환경 관리, 작업자 위생 관리 등 아플라톡신이 오염될 수 있는 경로차단에 중점을 둔 지침서를 제안함
- 매뉴얼에는 김치의 안전생산을 위한 농산물 품질관리를 위해 우수농산물 관리제도(GAP) 실천, 농산물 이력추적관리에 대한 내용을 포함하여, 김치 가공이력에 대한 기록 관리를 수행하되 주원료 및 부재료의 생산 및 유통단계 이력이 연계될 수 있도록 전후방 단계(one-step forward, one-step backward)에 대한 이력기록관리 체계 구축에 활용할 수 있도록 함
- 본 매뉴얼은 책자로 발간하여 중소기업에서 활용할 수 있도록 보급할 계획임

## 6. 수출용 김치의 품질 보증을 위한 국가 품질안전인증제(안) 마련

- 시스템 인증을 위한 평가기준의 경우 식품위생법에서 정하는 최소기준(제조업체 시설기준, 영업자 준수사항 등)을 충족시키고, 전통식품 품질인증규격의 시스템운영 관련 기준과 소규모업체를 위한 HACCP관리기준 중 선행요건관리 항목(15개 항목)을 포괄적으로 수용하며, 여기에 HACCP 개념을 포함하는 수준에서 시스템 인증기준의 제정이 필요함
- 수출경쟁력 강화 또는 수입산 제품의 위생수준 강화를 위해 교역현장에서 문제가 될 수 있는 항목들을 중요관리점(CCP) 항목으로 명시하는 방안을 고려함(예를 들어 고춧가루에서의 아플라톡신 유무, 주요 채소원료의 농약잔류기준 부합 여부 등)
- 제품품질 인증기준은 KS나 전통 규격의 품질기준을 고려하여 설정하되 위생이나(사분, 이물질 유무) 및 국제교역(고형량)과 관련된 기준은 반드시 포함시키도록 함

## VI. 연구성과 및 성과활용 계획

- 특허출원 : 1건
  - 살균기능을 갖는 식품혼합장치(제10-2015-0107072호, 2015 .07. 29.)
- 학술저서 : 1건
  - 수출용 김치의 안전성 확보를 위한 아플라톡신 관리 매뉴얼(ISBN 979-11-954378-3-2)
- 학술논문 : 1건
  - 젖산균이 김치 발효 중 아플라톡신 함량 변화에 미치는 영향(한국식품저장유통학회, 22(5), 758-767, 2015)
- 학술발표 : 4건
  - Development and validation of an analytical method for the determination of aflatoxins in kimchi using ultra-HPLC-FLD(한국식품과학회 국제학술대회, 2013. 08.29.)
  - Evaluation of aflatoxins contamination in commercial dried red pepper and red pepper powder(한국식품영양과학회 학술대회, 2014. 08. 26.)
  - Evaluation of aflatoxins contamination in commercial kimchi(한국식품영양과학회 국제 학술대회, 2014. 08. 26.)
  - Changes of aflatoxins during fermentation of contaminated kimchi(한국미생물생명공학회 국제학술대회, 2015. 06. 24.-25.)
- 언론 홍보 : 6건
  - 세계김치연구소 국산김치 아플라톡신 오염, 걱정 없다(프라임경제, 2015.03.03.)
  - 국내산 김치, 암 유발 독소 ‘아플라톡신’ 오염 걱정 없어(아시아경제, 2015.03.03.)
  - 국내산 김치, 곰팡이 독소 ‘아플라톡신’ 오염 걱정 없어(PBC뉴스, 2015.03.03.)
  - 국내산 김치 암 유발 독소 아플라톡신 걱정 없다(푸드투데이, 2015.03.03.)
  - 국내산 김치 원료 및 김치제품 아플라톡신 오염 문제 없다(식품음료신문, 2015.03.03.)
  - 국산 김치원료 97%가 ‘아플라톡신 불검출’(한국농어민신문, 2015.03.13.)
- 성과활용 계획
  - ‘살균기능을 갖는 식품혼합장치’에 대한 기술을 김치가공기계제조업체에 이전하여 상용화
  - ‘수출용 김치의 안전성 확보를 위한 아플라톡신 관리 매뉴얼’의 김치업체 보급 및 교육자료로 활용

# SUMMARY

## I. Title

Development of Prevention Technology of Aflatoxin Contamination to Ensure Safety of Kimchi for Export

## II. Research Outcomes Performance vs. Targets

- Investigation of the current status of aflatoxin contamination in raw ingredients and kimchi for export: 500 cases completed
- Development of technology for preventing aflatoxin contamination in kimchi for export: 1 case of patent application completed
- Safety management manual for the manufacture of kimchi for export: 1 case of publication completed

## III. Objectives and Significance of Research

- Aflatoxin in foods is highly hazardous in the aspects of frequency and toxicity, and its management criteria have been strengthened in and outside the country; recently, the Ministry of Health, Labor, and Welfare of Japan announced a policy, i.e., the test for aflatoxin would be strengthened when importing processed foods (2012.03.30).
- The Japanese government has performed Inspection Order only for aflatoxin-producing ingredients such as red pepper powder and peanuts, but it changed the guidelines by expanding the test targets for Inspection Order to processed foods containing aflatoxin-producing ingredients such as kimchi, gochujang (red pepper paste), and salted seafood as of April 2012; thus, Korean processed foods are expected to be affected in general.
- As the largest export market for kimchi, Japan is causing confusion in the industry with “Compulsory Aflatoxin Inspection”; studies on this area are urgent because there are no fundamental data on related areas including the current status of aflatoxin detected in kimchi.
- Thus, there is a need to develop technology that can prevent aflatoxin contamination in kimchi products by investigating the current status of aflatoxin contamination in raw ingredients and final kimchi products and by finding out the causes of contamination to ensure the safety of exported kimchi.

## IV. Scope and Contents of Research

- Establishment of method of analyzing aflatoxin in kimchi
- Investigation of the current status of aflatoxin contamination in raw ingredients and kimchi for export by season
- Determination of the causes of aflatoxin contamination in raw ingredients and kimchi for export
- Development of technology for preventing aflatoxin contamination in raw ingredients and kimchi for export
- Development of aflatoxin safety management manual for ensuring the safety of kimchi for export
- Preparation of National Quality and Safety Certification for the quality assurance of kimchi for export

## V. Results of Research

### 1. Establishment of method of analyzing aflatoxin in kimchi

- The applicability of ELISA kit, which is currently available in the market, was examined as a screening method for the analysis of aflatoxin in kimchi and raw ingredients (qualitative: Reveal®, Agri-Screen®/quantitative: Veratox®).
- Extraction solvents and methods were examined according to AOAC and Korean Food Standards Codex to establish sample pretreatment conditions. For the pretreatment for extracting aflatoxin in kimchi raw ingredients and final products, 70% methanol with 1% NaCl was selected as extraction solvent for raw ingredients and 70% methanol for final kimchi products. Ultrasonic extractor was selected as extraction method.
- The u-HPLC/FLD instrumental analysis conditions were established for the fast analysis of aflatoxins.
- A validation test was performed for the established analytical method by calculating the linearity of calibration curve, limit of detection (LOD), limit of quantitation (LOQ), reproducibility, and yield according to the FDA guidelines.

### 2. Investigation of the current status of aflatoxin contamination in raw ingredients and kimchi for export by season

- Investigation of the current status of aflatoxin contamination in raw ingredients and exported kimchi as final product
  - The current status of companies manufacturing kimchi for export was confirmed by KFDA statistical data, wherein the current export status by type and origin of raw ingredients used was identified.
  - A total of 51 kinds of raw ingredients and exported kimchi as final product (16 kinds

of kimchi, 35 kinds of raw ingredients) were collected and analyzed for physicochemical and microbiological quality characteristics as well as aflatoxin contamination.

- A total of 149 raw ingredients and final kimchi products in the market (21 kinds of kimchi, 103 kinds of red pepper powder, 25 kinds of other raw ingredients) were collected and analyzed for physicochemical and microbiological quality characteristics as well as aflatoxin contamination.

- Investigation of the current status of aflatoxin contamination in raw ingredients and kimchi for export by season

- A total of 195 kinds of raw ingredients of kimchi by season (138 kinds of dried red pepper and red pepper powder, 57 kinds of other raw ingredients) were collected and identified for quality characteristics (moisture, general bacteria, lactic acid bacteria, yeast/fungi) and analyzed for aflatoxin contamination. The results showed that aflatoxin B<sub>1</sub> was detected in 32 out of 195 raw ingredients (16.4%), among which 26 were dried red pepper and red pepper powder. Among the aflatoxin-contaminated raw ingredients, 12 kinds of red pepper powder were contaminated at concentration of 0.09 ~ 2.56 µg/kg; all were identified to fall below the Korean Food Code criteria (fermented soybean products and red pepper powder and curry powder, aflatoxin B<sub>1</sub> of less than 10 µg/kg).

- A total of 87 kimchi products by season were collected and tested for physicochemical (moisture, pH, acidity, salinity) and microbiological (general bacteria, lactic acid bacteria, yeast/fungi) quality characteristics, and then analyzed for aflatoxin contamination. As a result, aflatoxin B<sub>1</sub> was detected in 8 out of 63 kinds, but all of them were identified to fall out below than LOD.

### 3. Determination of the causes of aflatoxin contamination in raw ingredients and kimchi for export

- Investigation of the current status of aflatoxin contamination in the manufacturing process and environment of kimchi for export

- 6 companies manufacturing kimchi for export were selected, and 18 kinds of samples by manufacturing process (3 steps) were collected.

• Samples by process were analyzed for physicochemical and microbiological quality characteristics and for aflatoxin content to determine the presence of contamination. The aflatoxin content analysis in samples by process found no aflatoxin contamination in all 18 samples, which was consistent with the result of microbiological characteristics. Thus, samples by process produced in companies manufacturing kimchi for export only were confirmed to have no aflatoxin contamination.

- Investigation of the current status of aflatoxin contamination during the storage and distribution of kimchi

- The production of aflatoxin and its contents were analyzed by inoculating

aflatoxin-producing strains (*Aspergillus flavus* and *A. parasiticus* mixture) onto red pepper powder under storage conditions of 25°C, 35°C, 37°C, and same RH 75%. By storage temperature (25, 35, and 37°C), the average total aflatoxins produced during the storage period were 6.2, 7.6, and 3.5 µg/kg, respectively, showing the highest aflatoxin production at 35°C.

- The aflatoxin contamination of kimchi was examined by packaging type (content, material) and distribution type (online, offline). Aflatoxin contamination of kimchi products by packaging type was detected in 8 products, including 2 kinds of PET packaging (<LOD), 1 kind of PE pouch packaging (0.02 µg/kg), 4 kinds of small-sized packaging (<LOD), and 1 kind of large-sized packaging (0.02 µg/kg). In the package content of PET and PE pouch, aflatoxin contamination was detected in 7 kinds of small-sized packaging products, suggesting the need for control in the packaging process. By type of distribution of kimchi products, aflatoxin contamination was found in 7 kinds of products sold offline (large supermarket) and in 1 kind sold online (Internet). Although the frequency of contamination was higher in products distributed through large supermarkets than Internet-distributed ones, aflatoxin contamination was confirmed to be seldom detected in most products.
- Determination of the causes of aflatoxin contamination in kimchi
  - Aflatoxin content was monitored in samples of raw ingredients and final kimchi products and samples by manufacturing process, with the results showing aflatoxin contamination in dried red pepper and red pepper powder. The presence and amount of aflatoxin were identified by storage conditions after the treatment of aflatoxin-producing strains; the amount of production was different at RH 75%, but aflatoxin was produced at 25, 35, and 37°C.

#### **4. Development of technology for preventing aflatoxin contamination in kimchi for export**

- Setting up the storage conditions for raw ingredients to inhibit the production of aflatoxin
  - To set up the storage condition for raw ingredients of kimchi to inhibit aflatoxin production, samples of red pepper powder vulnerable to aflatoxin contamination were inoculated with aflatoxin-producing strains and stored at different temperature and humidity conditions and monitored for aflatoxin content change.
  - When contaminated by *A. flavus* and stored at different temperature (10, 25, and 35°C) and humidity (RH 35, 55, and 75%) conditions, aflatoxin B<sub>1</sub> was detected. At the same temperature (25°C) with lower humidity, aflatoxin B<sub>1</sub> greatly decreased as the storage period increased; it was not detected on the 7th day of storage. At the same humidity (RH 75%) condition, aflatoxin production increased with higher temperature, and it was highest at 35°C.
  - When contaminated by *A. parasiticus* and stored at different temperature (10, 25, and

35°C) and humidity (RH 35, 55, and 75%) conditions, aflatoxin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, and G<sub>2</sub> were all detected. Total aflatoxin production was higher in *A. parasiticus* inoculation compared to *A. flavus* and was particularly more than 10 times higher in the case of aflatoxin B<sub>1</sub>. The effect of humidity at the same temperature (25°C) showed that production was highest at RH 55%, and that it didn't decrease as the storage period increased. Production by temperature at the same humidity (RH 75%) was higher at 25°C and similar at 10°C and 35°C.

- Therefore, aflatoxin contamination could be prevented by storage below 10°C in case of *A. flavus* contamination. Since aflatoxin content tended to increase by the number of bacteria produced in case of *A. parasiticus* contamination, initial contamination should be prevented, and storage should be done at lower temperature and below RH 50%.
- Analysis of inhibitory and reducing effects on aflatoxin production in raw ingredients and final kimchi products
  - To analyze the inhibitory and reducing effects on aflatoxin production in raw ingredients and kimchi products, samples of red pepper powder vulnerable to contamination, kimchi seasonings containing red pepper powder, and kimchi products were inoculated with *A. parasiticus*, which can produce higher amount of aflatoxin; after physical (infrared light, UV, gamma ray), chemical (organic acid, grapefruit seed extract), and microbiological (lactic acid bacteria) treatments, the number of *A. parasiticus* and aflatoxin content changes were analyzed.
  - The spore suspension of aflatoxin-producing *A. parasiticus* was inoculated onto sterilized red pepper powder and incubated at 30°C for 16 hours or 96 hours, and then treated with infrared light (230V, 2000W) for 1, 2, or 3 minutes to monitor the changes in the number of *A. parasiticus* and aflatoxin content. The number of *A. parasiticus* was 4 or 8 log CFU/g depending on the incubation time, decreasing to 2 log CFU/g after 1-minute irradiation of infrared light; it was not detected after at least 2 minutes of irradiation. The aflatoxin content differed in its decrease rate depending on the degree of initial contamination, and the total aflatoxin content was decreased mainly by the decrease in aflatoxin B<sub>1</sub> and G<sub>1</sub> depending on the time of infrared light irradiation. The overall reduction rate after 3 minutes of infrared light irradiation was about 7.7% at low concentration (4.41 µg/kg) and 11.5% at high concentration (111.2 µg/kg).
  - For the analysis of inhibitory and reducing effects on aflatoxin production, UV-LED (275 nm) apparatus was manufactured. Samples of sterilized red pepper powder were inoculated with *A. parasiticus* spore suspension and incubated, and then placed in the aforesaid apparatus and treated with UV irradiation for 1, 2, or 3 hours. The number of *A. parasiticus* decreased to 1 log after UV irradiation, but it did not differ by irradiation time. In case of aflatoxin content, aflatoxin B<sub>1</sub> decreased by about 26%,

and aflatoxin G<sub>1</sub>, by about 22% after UV irradiation, for a 25% average decrease in total aflatoxin content; it did not differ by treatment time, however.

- To identify the growth inhibition in aflatoxin-producing fungi and the decrease effect in aflatoxin content by gamma irradiation, samples of sterilized kimchi and kimchi paste were inoculated with *A. parasiticus* spore suspension and incubated, and then irradiated with gamma ray at 5, 10, and 20 kGy. The number of *A. parasiticus* (4.6 log CFU/g before irradiation) decreased by about 2 log in kimchi and seasonings after 5 and 10 kGy gamma irradiation; it was not detected in samples with 20 kGy irradiation. Total aflatoxin content significantly decreased in all samples of kimchi and seasonings when irradiated at 10 kGy and higher levels ( $p < 0.05$ ), with 8.4 and 11.5% reduction rates in the 20 kGy irradiation treatment group for kimchi and seasonings, respectively.
- To identify the growth inhibition in aflatoxin-producing fungi and the decrease in aflatoxin content by chemical treatment, *A. parasiticus*-contaminated seasonings were treated with organic acid (acetic acid (AA) 1.0%, lactic acid (LA) 1.0%) and grapefruit seed extract (0.3, 0.5, and 1.0%) and incubated (30°C, 42 hours); the number of bacteria and aflatoxin content were then measured. The number of *A. parasiticus* (6.4 log CFU/g in the non-treated group) decreased by about 2–3 log in organic acid-treated groups but was similar in grapefruit seed extract-treated groups and non-treated groups, suggesting no growth inhibitory effect on aflatoxin-producing fungi. Total aflatoxin content decreased to 5.1% in the AA groups, compared to the non-treated groups, increasing by 6.5% in LA and grapefruit seed extract treatment groups.
- To identify the growth inhibition in aflatoxin-producing fungi and the decrease in aflatoxin content by microbiological treatments, samples of sterilized kimchi were inoculated with *A. parasiticus* spore suspension followed by *Lactobacillus plantarum* (LP) and *Leuconostoc mesenteroides* (LM) which are major lactic acid bacteria involved in the fermentation of kimchi and incubated at 30°C. The chemical and microbiological characteristics and aflatoxin content by incubation time (0, 18, and 42 hours) were then analyzed. The pH decreased, and the acidity increased in samples as the incubation time increased; the number of lactic acid bacteria also increased. The number of *A. parasiticus* was maintained at 5 log CFU/g in the non-treatment group and LM treatment group during the incubation time, decreasing by 1 log in the LP treatment group when the pH was reduced to 3.4 due to chemical changes by fermentation. Total aflatoxin content more than doubled compared to the initial concentration in the non-lactic acid bacteria-treated group as the incubation time increased, but it was similar or lower in the lactic acid bacteria-treated group. In other words, kimchi-originated lactic acid bacteria showed lower inhibitory effect on the growth of *A. parasiticus* but reduced aflatoxin production by more than 50%.
- Analysis of inhibitory effects on aflatoxin production by controlling kimchi fermentation

- To identify the reduction effect on aflatoxin contamination by concentration during kimchi fermentation, samples of kimchi were contaminated with aflatoxin at different concentrations (10 and 20 µg/kg); the physicochemical and microbiological quality characteristics and aflatoxin content were then analyzed during the storage period. The amount of aflatoxin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, and G<sub>2</sub> and total aflatoxin gradually decreased as the storage period increased, showing about 49% reduction rate compared to the initial contamination concentration. In the case of aflatoxin G<sub>1</sub> in particular, the content was 7.79 µg/kg in the 10 µg/kg contamination group and 17.85 µg/kg in the 20 µg/kg contamination group at 0 week of storage but decreased to 2.83 and 8.55 µg/kg, respectively, after 8 weeks of storage, recording more than 60% reduction rate.
- To evaluate the effect of lactic acid bacteria on the reduction of aflatoxin contamination during kimchi fermentation, samples of kimchi were contaminated with aflatoxin at the reference concentration of 10 µg/kg, and then inoculated with *Lactobacillus plantarum* (AFs+LP) and *Leuconostoc mesenteroides* (AFs+LM), the major lactic acid bacteria involved in kimchi fermentation, and stored at 4°C for up to 8 weeks, during which the physicochemical (moisture, pH, acidity, salinity) and microbiological characteristics (general bacteria, lactic acid bacteria, yeast and fungi, coliform bacteria group and coliform bacteria) and aflatoxin content were analyzed. After 8 weeks of storage, the average reduction rate of aflatoxin in kimchi following aflatoxin contamination and lactic acid bacteria addition was 7.1% in the aflatoxin-contaminated group (AFs), 21.5% in the AFs+LP group, and 24.1% in the AFs+LM group, showing higher reduction rate in lactic acid bacteria-added samples.
- To identify the growth inhibition in aflatoxin-producing fungi and the decrease in aflatoxin contamination by fermentation conditions, samples of kimchi were inoculated with *A. parasiticus* spore suspension and stored at different storage temperatures (4°C, 10°C, 10°C→4°C), during which the physicochemical and microbiological quality characteristics and aflatoxin content were analyzed. The number of yeast and fungi was 2.77 log CFU/mL under the 10°C→4°C storage condition at the first week of storage, showing about 2.71 log CFU/mL decrease. At the 2nd week of storage, the number of yeast and fungi was 2.48~3.58 log CFU/mL, showing about 0.30~1.43 log CFU/mL decrease compared to the initial storage; they were undetectable in all storage conditions after 3 weeks of storage. The total aflatoxin content by storage condition was about 20 µg/kg at the initial storage but increased until 2~3 weeks of storage up to about 25 µg/kg before decreasing afterward. In the case of the 4°C storage group, the amount of aflatoxin B<sub>1</sub> significantly decreased depending on the storage period, showing about 14% reduction rate at the 3rd week of storage and about 4% at the 4th week of storage.
- A food-mixing device with microbicidal function that can effectively eliminate harmful microbes while mixing food ingredients was designed as a method of controlling fungal toxin-producing bacteria such as aflatoxin and other microbes.

## **5. Development of aflatoxin safety management manual for ensuring the safety of kimchi for export**

- The guidelines are proposed to suggest management items at each stage of kimchi manufacturing such as management of kimchi ingredients (raw ingredients purchase, inspection, and storage), careful selection, draining, and making of seasonings and to emphasize blocking the possible paths of aflatoxin contamination such as general sanitary control including working area management, manufacturing environment management, and workers' hygiene management.
- The manual will include Good Agricultural Practices (GAP) and Agricultural Products Traceability for the quality control of agricultural products for safe kimchi manufacturing, to perform record management of kimchi manufacturing history, and for use in the establishment of traceability management in steps (one-step forward, one-step backward) by connecting the history of production and distribution of raw ingredients.
- This manual will be published as a booklet and distributed for use in small and medium businesses.

## **6. Preparation of National Quality and Safety Certification for the quality assurance of kimchi for export**

- For the evaluation standards for system certification, there is a need to satisfy the minimum criteria defined in the Food Sanitation Act (manufacturing companies' facilities standards, business compliances, etc.) and to accept comprehensively the traditional food quality certification management criteria and prerequisite management items (15 items) among HACCP management criteria for small businesses and to establish the criteria for system certification at such level including HACCP concepts.
- To strengthen the export competitiveness or the sanitary standards of imported products, measures for listing problematic items in the trading field as critical control point (CCP) items should be considered. (For example, presence of aflatoxin in red pepper powder, pesticide residue standards in major vegetable ingredients, etc.)
- The criteria for product quality certification should be established considering KS or conventional standard quality criteria but should include criteria related to hygiene (mineral impurities, foreign substances) and international trade (solid weight).

## **VI. Research Outcomes & Application Plans**

### ○ Patent application: 1 case

- A food-mixing device with microbicidal function (No. 10-2015-0107072, 2015.07. 29)

- Academic books: 1 case
  - Aflatoxin management manual for ensuring the safety of exported kimchi (ISBN 979-11-954378-3-2)
  
- Academic outcomes: 5 cases
  - Development and validation of an analytical method for the determination of aflatoxins in kimchi using ultra-HPLC-FLD (International Conference of Korean Society of Food Science and Technology, 2013. 08.29)
  - Evaluation of aflatoxins contamination in commercial dried red pepper and red pepper powder (Academic Conference of The Korean Society of Food Science and Nutrition, 2014.08. 26)
  - Evaluation of aflatoxins contamination in commercial kimchi (International Conference of The Korean Society of Food Science and Nutrition, 2014.08.26)
  - Changes of aflatoxins during fermentation of contaminated kimchi (International Conference of The Korean Society for Microbiology and Biotechnology, 2015. 06.24-25)
  - Effect of lactic acid bacteria on changes of aflatoxin levels during kimchi fermentation (Korean Journal of Food Preservation, 22(5), 758-767, 2015)
  
- Media public relations: 6 cases
  - World Institute of Kimchi, "Domestic kimchi is free from aflatoxin contamination" (Prime Economy, 2015.03.03)
  - Domestic kimchi free from contamination by "aflatoxin," a cancer-causing, hazardous toxin (Asia Economy, 2015.03.03)
  - Domestic kimchi free from contamination by fungal toxin "aflatoxin" (PBC News, 2015.03.03)
  - Domestic kimchi free from cancer-causing aflatoxin (Food Today, 2015.03.03)
  - Domestic kimchi ingredients and kimchi products have no problem in terms of aflatoxin contamination (Think Food, 2015.03.03)
  - No aflatoxin detected in 97% of domestic kimchi ingredients (Agrinet, 2015.03.13)
  
- Application plans
  - Commercialization of the technology for "A food-mixing device with microbicidal function" by technology transfer to companies manufacturing kimchi-processing machines
  - Distribution of "Aflatoxin management manual for ensuring the safety of exported kimchi" to kimchi manufacturing companies and its utilization as educational material

# CONTENTS

<b>Chapter 1. Outlines of the research</b> .....	<b>21</b>
Section 1. Objective of the research .....	21
Section 2. Significance of the research .....	21
Section 3. Scope of the research .....	22
<b>Chapter 2. Current status of technical development</b> .....	<b>23</b>
Section 1. Domestic trends in the research fields .....	23
Section 2. International trends in the research fields .....	25
<b>Chapter 3. Contents and results of the research</b> .....	<b>29</b>
Section 1. Establishment of method of analyzing aflatoxin in kimchi .....	29
Section 2. Investigation of the current status of aflatoxin contamination in raw ingredients and kimchi for export by season .....	38
Section 3. Determination of the causes of aflatoxin contamination in raw ingredients and kimchi for export .....	91
Section 4. Development of technology for preventing aflatoxin contamination in raw ingredients and kimchi for export .....	112
Section 5. Development of aflatoxin safety management manual for ensuring the safety of kimchi for export .....	156
Section 6. Preparation of National Quality and Safety Certification for the quality assurance of kimchi for export .....	164
<b>Chapter 4. Goal accomplishments and contributions to the related fields</b> .....	<b>168</b>
<b>Chapter 5. Results achievements and application plans of the results</b> .....	<b>169</b>
<b>Chapter 6. Foreign scientific information acquired</b> .....	<b>171</b>
<b>Chapter 7. R&amp;D equipment and facilities</b> .....	<b>173</b>
<b>Chapter 8. Performance result of laboratory safety management</b> .....	<b>174</b>

Chapter 9. References ..... 175

<Appendix 1> Proposal of Quality and Safety Certification Standard for Kimchi  
..... 178

<Appendix 2> Analysis report of patent, research paper and products and market  
..... 186

# 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 .....	21
제 1 절 연구개발의 목적 .....	21
제 2 절 연구개발의 필요성 .....	21
제 3 절 연구개발 범위 .....	22
제 2 장 국내외 기술개발 현황 .....	23
제 1 절 국내 기술개발 현황 .....	23
제 2 절 국외 기술개발 현황 .....	25
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 .....	29
제 1 절 김치류 중 아플라톡신 분석법 확립 .....	29
제 2 절 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신의 계절별 오염 현황 조사 .....	38
제 3 절 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신 오염 원인 규명 .....	91
제 4 절 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신 오염 방지 기술 개발 .....	112
제 5 절 수출용 김치의 안전성 확보를 위한 아플라톡신 안전관리 매뉴얼 개발 .....	156
제 6 절 수출용 김치의 품질 보증을 위한 국가 품질안전인증제(안) 마련 .....	164
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	168
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획 .....	169
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	171
제 7 장 연구시설·장비 현황 .....	173
제 8 장 연구실 안전관리 이행실적 .....	174
제 9 장 참고문헌 .....	175
<별첨 1> 김치류 품질안전 인증기준(안) .....	178
<별첨 2> 특허, 논문 및 시장분석 보고서 .....	186

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 연구개발의 목적

수출용 김치의 안전성을 확보하기 위하여 수출용 김치의 원부재료 및 완제품에 대한 총 아플라톡신 오염 현황을 조사하고 오염 원인을 파악하여 김치 제품 중 아플라톡신 오염을 방지할 수 있는 기술을 개발하고자 함

## 제 2 절 연구개발의 필요성

- 기후온난화로 최근 식물의 생산 환경이 곰팡이가 번식하기 좋은 고온다습한 조건으로 변화되고 있고 옥수수 등 곡물의 에너지화에 따른 곡물가 상승으로 곰팡이독소에 오염된 저급 농산물이 식품 및 사료 원료로의 사용이 우려되고 있음
- 세계 각국은 이러한 곰팡이독소에 대하여 그 관리를 강화하고 있는 추세이며, EU나 CODEX에서도 공통된 규격을 도출하고자 계속하여 노력하고 있음
- 최근 일본정부에서 수입검사 시 아플라톡신이 발생할 우려가 있는 피넛츠, 향신료(고추가루), 쌀 등의 제품뿐만 아니라 이들 원료가 함유된 가공식품까지 검사범위를 확대하여 김치, 고추장, 젓갈류 등 한국산 가공식품 수출에 영향을 미치고 있음(2012년 4월 1일부터 적용)
- 국내에서는 아플라톡신 등 곰팡이독소에 대한 식품의 안전성을 확보하기 위하여 2002년부터 계속적으로 모니터링을 실시하였으나, 김치 등의 가공식품에 대한 아플라톡신 모니터링 결과는 부족한 실정임
- 일본은 김치의 최대 수출국으로 '아플라톡신 검사 의무화'에 대한 정부의 대응책이 필요한 상황이며, 우리 김치가 아플라톡신으로부터 안전하다는 과학적 근거 마련이 시급함
- 기후변화에 따라 곰팡이독소에 대한 안전관리가 강화되는 추세로 이에 대응할 수 있는 지속적이고 체계적인 모니터링이 필요한 상황이며, 발생 원인을 파악하여 사전예방이 가능하도록 오염방지 기술 등 관련 기술의 개발이 필요함
- 그러므로, 수출용 김치의 아플라톡신에 대한 안전성을 확보하기 위하여 김치 원부재료 및 제품 중 아플라톡신 오염 현황을 조사하고 오염 원인을 파악하여 김치산업 현장에서 활용할 수 있는 오염 방지 기술을 개발하고자 함

### 제 3 절 연구개발의 범위

- 김치류 중 아플라톡신 분석법 확립
- 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신의 계절별 오염 현황 조사
- 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신 오염 원인 규명
- 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신 오염 방지 기술 개발
- 수출용 김치의 안전성 확보를 위한 아플라톡신 안전관리 매뉴얼 개발
- 수출용 김치의 품질 보증을 위한 국가 품질안전인증제(안) 마련

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1 절 국내 기술개발 현황

#### 1. 아플라톡신 분석법

아플라톡신 분석은 대부분의 곰팡이독소 분석법과 같이 추출-정제-분석으로 이루어지며, 식품 중 총 아플라톡신의 분석은 형광검출기(fluorescence detector)를 장착한 고성능액체크로마토그래피(high performance liquid chromatography, HPLC)를 이용하여 정량하는 것이 일반적이다. 아플라톡신의 정제를 위해 다기능(multifunctional) 칼럼을 사용하거나 Sep-pak 실리카 카트리지를 사용하는 등의 방법이 사용되어 왔으나, 아플라톡신에 특이적인 항체가 있어 아플라톡신 정제에 효율적이며, 신속하고 간편한 면역친화성칼럼(ICA, immunoaffinity column)이 많이 이용되고 있다. 최근에는 MWCNT(multi-walled carbon nanotube)라는 물질을 사용하여 ICA를 대체하기 위한 연구가 시도되었으며, 추출용매를 회석과정 없이 바로 사용할 수 있는 장점이 있다고 보고한 바 있다. 아플라톡신의 검출은 UV/VIS로 분석할 경우 감도가 낮아 정량한계가 10 µg/kg이 되므로 선택성이 커 감도가 우수한 형광검출기를 이용한다. 그러나 아플라톡신 B<sub>1</sub>과 G<sub>1</sub>의 경우 분리 시 사용되는 이동상에 의해 형광이 상쇄되어 유도체화가 필수적이다. 아플라톡신 검출을 위한 유도체화 방법은 pre column 방법으로 TFA(trifluoroacetic acid)를 이용한 유도체화 방법이 있으며, post column 방법으로 PBPB(Pyridinium bromide perbromide), PHRED(Photochemical reactor enhanced detection, 광화학 반응장치), KOBRA(브롬전기 발생장치)법 등이 있다. 최근에는 peak의 분리능과 감도를 향상시켜 분석시간을 단축시키고 효율적인 분리가 가능한 UPLC(ultra high pressure liquid chromatography)가 이용되고 있으며, 정확한 유도체화 과정 없이 높은 감도로 정량분석이 가능한 질량분석기(mass spectrometer)를 결합한 분석법이 보고되었다.

HPLC 또는 GC 등 크로마토그래피법에 의한 아플라톡신 분석방법은 사용법이 복잡하고 분석장비가 고가이며 전용 실험실과 전문 인력을 필요로 하기 때문에 간편성, 편리성, 경제성을 갖춘 신속검출법에 대한 수요가 증가하고 있다. 신속검출법으로 효소면역측정법과 모세관 현상을 기본원리로 하는 one-dot strip 키트기반의 간이진단키트 개발에 대한 연구가 수행되었다.

#### 2. 저감화 기술 동향

아플라톡신 저감화에 대한 연구로는 마늘, 자몽종자추출물 등을 배양액에 처리하여 아플라톡신 저감 효과를 분석한 결과가 있었으며, 이산화염소가스 처리에 따른 아플라톡신 감소효과 등 화학적 처리에 대한 연구가 보고되었다. 미생물학적 처리에 의한 연구로는 *Aspergillus awamori* var. *fumeus*와 *A. flavus* 혼합 배양에 따른 아플라톡신 분해 효과, *Bacillus*속 처리에 의한 된장 중 아플라톡신 저감 효과 등 길항미생물을 이용한 저감화 기술이 보고되었다. 또한 고추의 재배단계에서 유통과정의 전 과정에서 아플라톡신 오염도를 분석하여 아플라톡

신을 실질적으로 저감화할 수 있는 방안을 제시한 연구가 진행되었는데, 수확한 고추의 적절한 건조 및 저온저장과, 고춧가루 제조과정에서의 자외선조사 등에 의한 독소 생성균의 초기 오염도 저하 노력이 필수적이며, 냉장유통체계의 유지가 곰팡이 독소 생성 저감화의 방안으로 제시되었다.

### 3. 모니터링 현황

우리나라는 2002년도 식품 중 아플라톡신 오염도 조사를 시작으로 본격적인 곰팡이독소 관리방안을 검토하기 시작하였고, 동 년도에 식품 중 곰팡이 독소의 기준을 신설하였으며, 2007년도에 실시한 장류의 곰팡이독소에 대한 모니터링 결과에서 발효식품인 된장 및 고추장과 수입되는 고춧가루에서 아플라톡신이 검출됨에 따라 된장, 고추장, 고춧가루에 대한 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 기준을 설정하였다.

국내 유통식품 중 총 아플라톡신 실태 조사에서 5개 광역시의 할인마트, 백화점 및 재래시장에서 견과류, 곡류, 두류, 가공식품, 건조과일, 이유식, 커피 등의 시료를 구입하여 총 아플라톡신을 조사하였으며 immunoaffinity column을 이용한 아플라톡신 분석법 확립하고 총 아플라톡신의 노출량을 평가하였다. 그 결과, 곡류(기장 1점 0.99 µg/kg), 견과류(잣 2점 평균 1.23 µg/kg), 가공품(땅콩버터 9건 평균 0.97 µg/kg), 기타식품(메주가루 1점, 고춧가루 3점 평균 0.11 µg/kg)에서 총 아플라톡신이 검출되었다.

식품 중 곰팡이독소류 실태 조사(식품 중 총 아플라톡신 실태조사)에서 국내 유통식품 중 오염 가능성이 높은 식품인 곡류, 곡류가공품, 견과류, 견과류가공품, 향신료, 두류, 영유아용식품 등 총 719건에 대하여 HPLC/FLD를 이용하여 아플라톡신 함량을 분석한 결과 땅콩, 땅콩버터, 간장, 된장 등 59건(8.2%)에서 아플라톡신이 검출되었다. 오염수준은 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 0.04~4.45 µg/kg, 총 아플라톡신 함량이 0.04~0.51 µg/kg로 이 값은 외국의 모니터링 결과에 비해 비교적 낮은 수치인 것으로 확인되었다.

유통생약을 2008년 3~8월 서울, 대전, 부산, 광주 지역에서 40품목 400건의 생약을 수거하여 아플라톡신 함량을 분석하였다. 아플라톡신은 photochemical enhancement를 이용한 HPLC-florescence 방법을 이용하여 분석하였으며 모니터링 결과, 사군자 2건, 대풍자 1건, 제니 1건에서 아플라톡신이 검출되었으나, 현행 한약재에 적용하고 있는 기준 10 µg/kg이하로 나타나 안전성에 문제가 없는 것으로 보고되었다.

한약재 중 아플라톡신의 위해평가를 실시하기 위해 2006~2007년 수집된 한약재 중 아플라톡신 모니터링 결과와 국내인구의 한약섭취자료를 근거로 위해평가를 수행하였다. 단일 한약재 최대처방에 의한 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 인체최대노출량은  $2.84 \times 10^{-3}$  µg/kg b.w./day으로 나타났으며, 한국인의 여러 형태의 한약재 복용으로 인한 아플라톡신 B<sub>1</sub> 노출에 따른 간암 발생률 증가율은 극단노출을 감안한 경우에도  $10^{-6}$  이하로 낮게 나타났다. 농산물 및 가공식품 127품목에서 곰팡이독소를 모니터링한 결과 총 아플라톡신(3,071건), 아플라톡신 B<sub>1</sub>(3,071건), 아플라톡신 M<sub>1</sub>(16건), 오크라톡신 A(2,517건), 테옥시니발레놀(967건), 제랄레논(884건), 푸모니신(1,196건), 파툴린(22건) 등이 검출되었다.

## 제 2 절 국외 기술 개발 현황

### 1. 아플라톡신 분석법

AOAC 미국 공인분석화학회(Association of Official Analytical Chemists, AOAC)에서는 아플라톡신에 대하여 박층크로마토그래피, 효소면역분석법, 액체크로마토그래피 등의 분석방법을 제시하였다. 아플라톡신은 국제암연구소에서 정한 1급 발암물질이므로 분석 시에 유의해야 하며, 또한 아플라톡신이 빛에 의해 분해될 수 있으므로 표준액은 갈색 바이알이나 알루미늄 호일 등을 이용하여 빛을 차단시켜야 한다.

곰팡이독소는 시료 중 미량으로 존재하기 때문에 많은 양의 시료가 필요하고 전처리 과정이 복잡하여 분석 시 많은 유기용매를 사용해야 하므로 안전상의 문제를 해결하기 위해 최근에 면역학적 분석법을 이용한 방법이 많이 이루어지고 있다. 면역학적 분석법에는 방사선 동위원소를 marker로 이용하는 방사선 면역분석법(radioimmunoassay, RIA)과 효소처리 후 흡광도를 측정하는 효소면역분석법(enzyme linked immunosorbent assay, ELISA)이 있다. RIA 분석법은 감도는 높으나 방사선 폐기물의 위험성, 방사선 물질 취급에 필요한 고가 장비 취급 위험성 등의 문제로 인해 최근에는 이용이 편리하고 경제적인 ELISA법이 아플라톡신 분석을 위한 Kit로 생산되어 아플라톡신 분석법에 많이 이용되고 있다. 이는 다량의 시료를 동시에 분석할 수 있고, 복잡한 추출이나 정제과정 없이 분석시간이 빠르며, 적은 양으로도 측정이 가능한 장점이 있다. 곰팡이독소 분석을 위한 전처리 방법으로 곰팡이 독소 항원들을 시린지(syringe)에 충전하여 동시 전처리가 가능하도록 만든 면역친화컬럼(IAC: AO, AOZ, 1/6), 다성분 전처리용 SPE(Solid Phase Extraction: BondElut, Mycosep), QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Ranged, Safe)법 등 많은 전처리법이 소개되고 있으며, 이는 액체크로마토그래피 질량분석기(HPLC/MS/MS)를 사용한 방법들이 대중화되고 있다.

### 2. 저감화 기술동향

국외 아플라톡신 저감화 방법으로는 생물학적 제어법, 화학물질을 이용한 제어법, 물리적 방법을 이용한 제어법, 저장방법 및 포장의 현대화 방법 등이 주로 활용 되고 있다.

#### 가. 생물학적 제어법

*Flavobacterium auranticum*균은 산을 생성함으로써 아플라톡신 B<sub>1</sub>을 아플라톡신 B<sub>2</sub>로 전환시켜 그 독성을 1/1000로 감소시킨다. 그 외에 *Rhodococcus erythropolis*, *Mycobacterium fluoranthenvorants* 및 *corynebacterium rubrum* 등의 미생물에 의해 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 분해되어 감소된 것을 확인된 바 있다. 또한 아플라톡신 B<sub>1</sub>을 액체배지에서 *Rhodococcus erythropolis*와 함께 배양한 경우 2시간 이후부터 유의적인 감소를 나타내어 72시간 후에는 66.8% 감소하였다. *Lactic acid bacteria*의 경우에는 *Lactobacillus rhamnosus* 종이 효과적으로 아플라톡신 B<sub>1</sub>을 최고 80%까지 제거하는 결과가 보고되었고, 후에 *Lactobacillus rhamnosus* 종이 아플라톡신에 흡착된 결과임이 입증되었다.

효모의 경우에도 그 작용기전을 보면 모든 균종이 아플라톡신 B<sub>1</sub>에 대한 흡착력이 15% 이상이었으며, 균종에 따라서 *Sacchromyces cerevisiae*나 *Candia Krusei*종의 60% 이상의 흡착률을 나타내었다. *Sacchromyces cerevisiae*는 전체 세포 무게의 30% 정도가 세포벽으로 이루어져 있으며, 세포벽의 화학적 조성 및 물리적 성질에 기인하여 표면에 아플라톡신이 흡착될 수 있는 많은 공간을 제공함으로써 매우 특이적인 흡착력을 가짐이 확인되었다.

#### 나. 화학물질을 이용한 제어법

아플라톡신을 인위적으로 오염시킨 사료에 g당 1N 수용성 구연산 3 mL을 처리하여 분석한 결과, 약 86%의 아플라톡신 형광성 감소율을 나타냈으며, 변이원성을 나타내지 않았다. 또한 아플라톡신이 오염된 사료를 섭취한 동물군에서 나타나는 간비대 및 간세포 괴사와 같은 조직학적 병변 및 간효소 활성 증가와 같은 혈청학적 소견도 나타나지 않아 아플라톡신 해독화를 위한 구연산의 사용 가능성을 시사하였다.

오존 가스나 삼원자 산소는 친전자적 공격으로 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 furanring의 8, 9번 이중결합과 반응하여 일차 산화물을 형성하고, 이어서 알데히드, 케톤 및 유기산 등의 일산화물 유도체로 재배치 됨. 오존 화합물의 응용은 다른 잔류물의 생성없이 빠르게 분해할 수 있는 장점이 있고, 실험모델에서 5분 이내에 1.1 mg/L의 오존으로 분해가 가능하여 매우 흥미로운 저감화 방안이 될 수 있다. 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 오염된 고춧가루에 오존의 양 및 시간을 증가하여 노출시킬수록 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 함량이 유의적으로 감소하며, 66 mg/L의 오존에 1 시간가량 노출되었을 때에는 93%의 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 분해됨을 확인할 수 있었다.

#### 다. 물리적 방법을 이용한 제어법

##### ① 흡착제

Bentonite clay를 30°C에서 5일간 완충용액에서 아플라톡신과 함께 배양했을 때 이 clay는 아플라톡신을 흡착하였음. clay를 분리하였을 때 이 용액에서 아플라톡신은 94~100% 제거할 수 있었다. Clay의 입자크기를 감소시키거나 미리 예열시킬 경우 아플라톡신을 흡착하여 유지하는 능력이 증가하였다. Hydrated sodiumcalcium aluminosilicate(HSCAS; NovaSil clay) 또한 아플라톡신 B<sub>1</sub>에 대하여 강한 친화력을 가져 용액상태에서 80%이상 제거함으로써 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 변이원성 및 독성을 예방하는 기능을 가짐을 확인하였다.

##### ② 열처리

열처리 과정에서 이온성 염이 존재하면 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 분해율이 증가한다는 연구결과가 있었는데, 5% NaCl 용액에서 116°C, 0.7 bar의 조건으로 30분간 감압 멸균하였을 때, 총 아플라톡신 함량이 80~100%까지 감소되었다. Microwave를 이용하여 열처리를 하는 경우에는 전력 및 열처리 시간에 따라 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 제거에 대한 여러 가지 가능성을 제시하였다. 즉, 인위적으로 아플라톡신 B<sub>1</sub>을 오염시킨 시료를 6 kW에서 4분간 처리 시 95%의 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 파괴되었고, 0.7 kW의 강도로 8.5분간 처리시에는 48~51%의 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 파괴되었다. 그러나 자연발생적으로 생성된 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 오염된 시료에 같은 조건을 이용하여 열처리

하였을 경우에는 30~45%의 감소만을 나타내었다.

### ③ Irradiation

실리카겔 박층판에 아플라톡신 B<sub>1</sub>을 점적한 후에 365 nm의 자외선에 1시간 노출시켰을 때 광화학적으로 분해되었으며 인위적으로 250 µg/kg의 아플라톡신을 오염시킨 시료를 30분간 자외선 조사하였을 때, 함량이 45.7%까지 감소되었다. 최근에는 전자파 유도성 플라즈마 시스템과 같은 장비의 고안으로 다른 물리적인 저감화의 방법보다 노출시간이 짧으면서 자외선 강도나 온도 상승이 적어 형태학적 변화를 일으키지 않으면서 효과적으로 아플라톡신 B<sub>1</sub> 및 다른 곰팡이독소를 제거하는 방안들이 연구되고 있다.

또한 1 및 10 kGy의 감마선 사용으로 아플라톡신에 오염된 시료의 독성을 각각 75, 100% 감소시키는 연구결과가 발표 되었으나 10 kGy 이상의 감마선을 조사한 경우에는 감마선 조사 후 생기는 peroxide의 양이 증가되었다. 시료 중 수분함량은 감마선에 의해 아플라톡신이 파괴되는데 있어서 중요한 역할을 하지만 아플라톡신의 방사선 분해 후에 고도로 활성화된 free radical을 형성함. 이러한 free radical이 쉽게 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 말단 furan ring을 공격하여 비교적 낮은 독성을 지니는 물질로 전환되어 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 양을 줄일 수 있기는 하지만 부산물로 생기는 free radical의 다른 부작용에 대한 고려가 필요하다.

### ④ 저장방법 및 포장의 현대화

곡류 및 견과류에 인위적으로 *A. flavus*를 접종하여 아플라톡신의 생성 여부를 확인한 결과에서 균주 접종 후 혐기성 조건에서 배양한 경우 *A. flavus*의 성장을 억제하고 독소 생성의 위험성을 감소시켰다.

## 3. 모니터링 현황

EU의 CONTAM panel은 기존의 총 아플라톡신(아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>의 합) 최대허용치(maximum level, ML) 4 µg/kg을 아몬드, 헤이즐넛, 피스타치오에 대해 8 또는 10 µg/kg으로 올리는 것을 고려하기 위해, 여러 가지 시나리오에 근거하여 노출평가를 수행회원국들로부터 제공 받은 40,000여개의 자료를 분석한 결과, 피스타치오, 헤이즐넛, 브라질너트 등에서 아플라톡신 농도가 가장 높은 것으로 나타났다. 검출된 아플라톡신 중 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 비중이 가장 높았고, 총 아플라톡신은 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 약 2배 정도 나타났다. 시료 중 75%에서는 아플라톡신이 검출되지 않았다. 즉, 이 연구에서는 아몬드, 헤이즐넛, 피스타치오의 총 아플라톡신 허용치를 4 µg/kg에서 8 또는 10 µg/kg으로 올리더라도 식이를 통한 평균 노출량은 1% 정도 증가하는 것에 그칠 것이라고 보고되었다.

아플라톡신은 다양한 농산물에서 발견되지만 주로 옥수수나 땅콩과 같은 견과류에서 심각한 오염 수준이 검출되었다[표 2-2]. 특히 라틴아메리카 및 아시아에서 생산된 옥수수 및 수수에서는 아플라톡신 B<sub>1</sub> 및 푸모니신 B<sub>1</sub>이 동시에 발견된 바 있으며, 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 오염된 사료를 먹은 동물에서 생산된 우유 및 유제품에는 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 대사체인 M<sub>1</sub>이 생산될 수 있다.

[표 1] 국외 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 주요 오염 식품 및 오염 농도

식품 구분	국가	총 시료(오염시료)	오염 농도( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
땅콩	미국	55 (6)	68
	중국, 일본, 인도 및 태국	7796 (1456)	0.2-833
땅콩버터	미국	104 (17)	14
	필리핀	149 (145)	213
	중국, 말레이시아, 필리핀	594 (235)	1-244
땅콩사탕	필리핀	60 (47)	38
	미국	18 (10)	10
옥수수	미국	105 (49)	30
	필리핀	98 (95)	110
	아르헨티나, 브라질, 멕시코, 베네수엘라 등	15555 (5086)	2.80-1323
옥수수 제품	말레이시아 및 필리핀	404 (77)	1-117
옥수수 분말	중국, 인도, 인도네시아, 필리핀, 태국 등	2541 (1263)	0.11-4030
사탕수수	브라질	140 (18)	7-33
	인도 및 태국	94(56)	0.1-30.3
밀가루	프랑스	100 (20)	0.25-150

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1 절 김치류 중 아플라톡신 분석법 확립

#### 1. 연구수행 방법

##### 가. 아플라톡신 screening method 선정

###### (1) 재료 및 시약

김치 원부재료 및 제품 중 아플라톡신 정성분석을 위해 사용된 ELISA kit는 Neogen(USA)사의 Reveal<sup>®</sup>과 Agri-Screen<sup>®</sup>이었으며, 정량분석용으로 Veratox<sup>®</sup>(NEOGEN, USA)를 구입하여 실험에 사용하였다. 아플라톡신 표준물질 및 표준원액은 TRC사(Canada) 및 Supelco(USA)사로부터 구입하여 사용하였으며, 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> 및 G<sub>2</sub>의 표준원액 농도는 각각 3 µg/mL이었다. 추출 및 표준용액 제조에 사용된 methanol, acetonitrile은 J.T. Baker사(USA)의 HPLC급을 구입하여 실험에 사용하였다.

ELISA kit의 정확도를 확인하기 위하여 사용된 aflatoxin CRM은 NEOGEN사(USA)에서 구입하여 사용하였으며, spiking test에 사용한 고춧가루(아름찬 고춧가루, 강원도 영월) 및 배추김치(종가집 포기김치, 경남 거창)는 시중 마트에서 구입하여 사용하였다.

###### (2) 실험방법

###### (가) 정성분석(Reveal<sup>®</sup>)

ELISA분석법을 이용한 정성분석 방법은 사용방법에 따라 다음과 같이 수행하였으며, 검출한계를 확인하기 위해 시험용액의 아플라톡신 B<sub>1</sub> 농도가 5, 10, 20 및 50 ng/mL이 되도록 첨가하여 시험하였다.

시료(고춧가루) 약 10 g을 취하여 70% methanol 20 mL를 넣고 1분간 강열하게 흔든 후 여과(No.1)하여 그 여액을 추출액으로 사용하였다. 면역반응을 위해 sample cup에 sample diluent와 추출액을 각각 200 µL씩 넣고 3번 pipetting하여 준비하였으며, Aflatoxin test strip을 넣고 3분간 반응시킨 후 control과 비교하여 육안으로 결과를 확인하였다. 반응결과는 육안으로 확인하여 band가 한 줄(control zone)일 경우 양성(positive), 두 줄(control 및 test zone)이면 음성(negative)으로 판정하였다.

###### (나) 반정량분석(Agri-Screen<sup>®</sup>)

면역반응을 위한 시험용액은 다음과 같이 제조하였으며, 검출농도 시험을 위해 시험용액의 아플라톡신 B<sub>1</sub> 농도가 10, 20 및 40 ng/mL가 되도록 표준용액을 추가하여 확인하였다. 시료(고춧가루) 약 5 g을 취하여 70% methanol 25 mL를 넣고 1분간 강열하게 흔든 후 여과(No.1)하여 그 여액을 추출액으로 사용하였으며, 면역반응은 다음과 같이 수행하였다. 빨간색으로 표

시된 mixing well에 conjugate 시약 100  $\mu$ L씩 넣고 100  $\mu$ L의 대조구(20 ng/mL)와 시험용액을 주입하여 5회 정도 pipetting하여 혼합한 후, 100  $\mu$ L를 취하여 항체 코팅된 well에 넣고 실온에서 2분간 경쟁 반응시켰다. 정제수로 항체코팅 well을 5회 세척한 다음, well의 물기를 제거하고, 100  $\mu$ L의 substrate를 각각의 well에 넣어 3분간 발색시키고 Red stop 시약(100  $\mu$ L)을 사용하여 반응을 정지시킨 후 육안으로 결과를 확인하였다. 결과는 대조구(20 ng/mL)와 비교하여 더 진한블루를 띠면 20 ng/mL 이하이고, 더 진한핑크를 띠면 20 ng/mL 이상으로 판정하였다.

#### (다) 정량분석(Veratox<sup>®</sup>)

정량분석을 위한 시료 전처리에는 Agri-Screen<sup>®</sup>을 사용한 반정량분석법과 동일하게 수행하였으며, 모든 과정이 끝난 well을 microwell reader(Spectro StarNano, BMG LABTECH, Germany)를 이용하여 650 nm에서 흡광도를 측정하여 농도를 확인하였다. Aflatoxin CRM 및 김치 및 고춧가루에 아플라톡신 혼합 표준용액을 첨가하여 회수율을 확인하였다.

### 나. 아플라톡신류 분석을 위한 시료 전처리 조건 확립

#### (1) 재료 및 시약

아플라톡신류 분석을 위한 시료전처리 및 기기분석 조건 수립을 위해 aflatoxin CRM은 NEOGEN사(USA)에서 구입하여 사용하였으며, spiking test에 사용한 고춧가루(아름찬 고춧가루, 강원도 영월) 및 배추김치(종가집 포기김치, 경남 거창)는 시중 마트에서 구입하여 시료로 사용하였다.

아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> 표준품은 Supelco(USA)사 제품을 구입하여 사용하였으며, 추출과 분석에 사용된 methanol 및 acetonitrile(J.T. Baker, USA) HPLC급을 sodium chloride(Junsei, Japan)는 특급제품을 사용하였다. 추출용액의 유도체화에 사용된 trifluoroacetic acid(Junsei, Japan)는 특급제품을 구입하였으며, 유리섬유여과지는(Whatman, UK)에서 Tween 20은 DAE JUNG(Korea)에서 구입하여 사용하였다.

시료정제용 칼럼은 immunoaffinity column(aflatest TM, VICAM Co, USA)을 구입하여 사용하였으며, 아플라톡신은 u-HPLC/FLD(Lachrom Ultra, Hitachi Co., Japan)를 사용하여 분석하였다.

#### (2) 실험방법

##### (가) 시료전처리 수립

김치의 원부재료 및 제품에서 총 아플라톡신을 추출하기 위한 시료전처리 방법은 AOAC법(999.07)과 식품공전의 분석방법을 근거로 하여 NaCl 및 methanol 비율에 따른 추출 효율을 비교하였다. 또한 김치는 염도가 1.5~2.0%인 식품으로 추출용매(70% methanol)에 NaCl의 첨가유무에 따른 아플라톡신 추출효율을 검토하였다.

김치의 원부재료로 사용되는 과, 양파 등 섬유질이 많은 시료는 균질화 과정 중 균질기에 부착되는 단점이 있어 이를 개선하기 위해 균질기(homogenizer), 초음파추출기(ultrasonicator) 및 교반기(stirrer)를 사용한 추출방법으로 아플라톡신 추출효율을 비교하였다. 정제와 유도체화

과정은 식품공전의 방법에 따라 모든 시료에 동일하게 적용하였으며, 분석은 확립된 기기분석 조건에 따라 분석하였다.

#### (나) 정제 조건 수립

추출액 20 mL를 immunoaffinity column에 주입하여 3 mL/min의 속도로 통과시킨 후, 이어서 water 10 mL를 같은 유속으로 유출시키고 column 내에 남아 있는 용액을 감압펌프를 이용하여 제거한 후 acetonitrile 3 mL로 용출시켰다. 정제용 칼럼에 아플라톡신의 잔류유무를 확인하기 위하여 추가 적으로 acetonitrile 2 mL, 3 mL를 용출하여 아플라톡신 함량을 분석하였다.

용출액은 50°C에서 질소로 건조시키고 잔류물에 trifluoroacetic acid 0.2 mL를 가하여 어두운 곳에서 15분간 방치시킨 후 acetonitrile-water(20:80, v/v) 혼합용액 0.8 mL를 가하여 혼합하고 0.2 µm membrane filter로 여과한 것을 시험용액으로 하였다.

#### 다. 아플라톡신류 분석을 위한 u-HPLC/FLD 기기분석 조건 확립

추출된 아플라톡신의 기기분석을 신속하게 실시하기 위한 u-HPLC 기기분석 조건을 수립하기 위하여 이동상 조건을 달리하여 개별 아플라톡신의 분리도를 확인하였다. 아플라톡신의 분리에 사용한 column은 식품공전에서 제시하는 C<sub>18</sub>(2.0 × 50 mm, 2 µm)을 사용하였으며, 검출은 형광검출기를 사용하여 여기파장 360 nm, 형광파장 450 nm의 조건으로 측정하였다.

#### 라. 아플라톡신 분석법의 유효성 검증

확립된 분석법의 FDA guideline에 따라 검량선의 직선성, 검출한계(LOD), 정량한계(LOQ), 재현성 및 회수율을 산출하여 유효성 검증을 실시하였다.

## 2. 연구수행 결과

### 가. 아플라톡신 screening method 선정

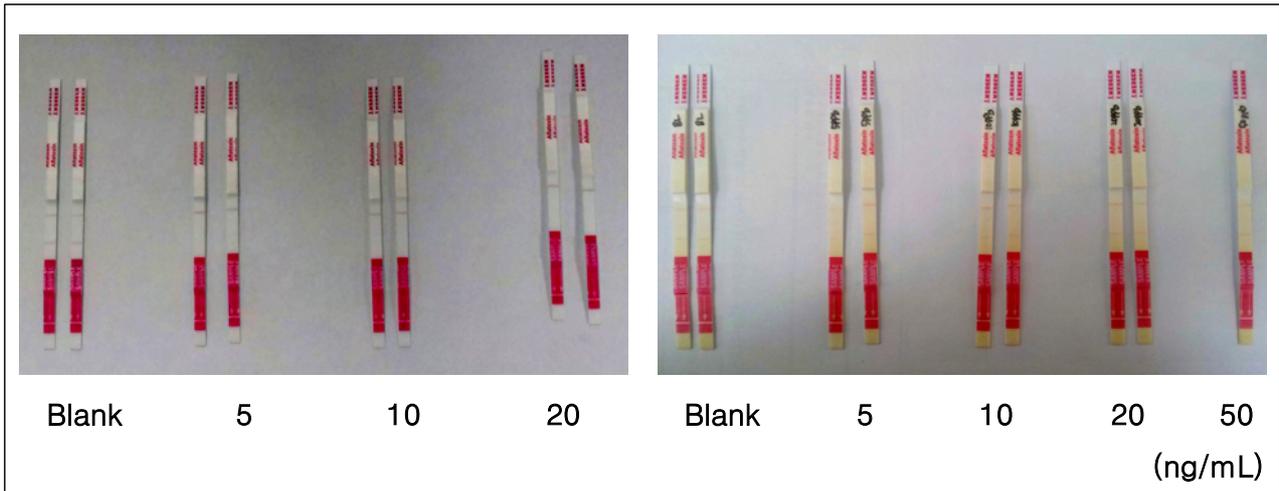
#### (1) 정성분석

총 아플라톡신에 대한 선별방법으로 3분 이내에 신속하게 확인할 수 있는 면역반응법으로 Neogen사의 Reveal<sup>®</sup>을 사용하여 적용가능성을 확인하였다. 표준용액의 경우 5 ng/mL에서 양성반응을 나타내어 육안으로 쉽게 확인되었으나, 고춧가루에 표준용액을 첨가하여 확인한 결과, 50 ng/mL에서도 음성반응으로 나타나 김치의 아플라톡신 오염원 가능성이 있는 고춧가루 등에는 적합하지 않은 것으로 확인되었다(그림 1-1). 본 제품은 matrix가 복잡하지 않은 식품 등의 시료에 적합할 것으로 사료된다.

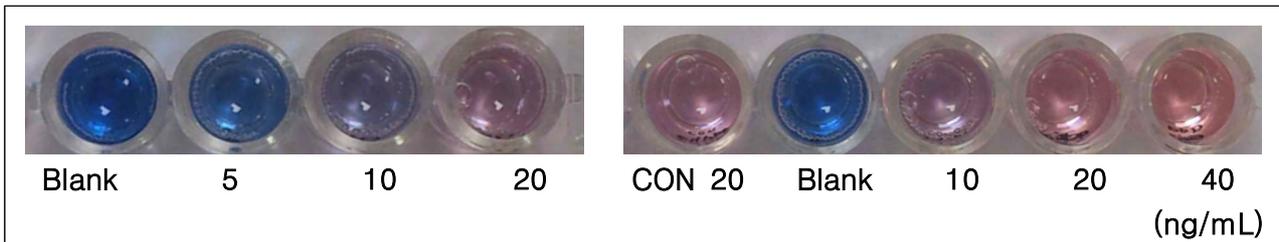
#### (2) 반정량분석

일정수준 이상 또는 이하의 아플라톡신 오염도를 확인할 수 있는 반정량분석이 가능한

Agri-Screen<sup>®</sup> kit를 이용하여 고춧가루 중 아플라톡신 오염도 판정실험을 진행한 결과, 정성분석용 Reveal<sup>®</sup> kit와는 기준농도(20 ppb) 이상 또는 이하의 농도를 육안으로 쉽게 식별 가능한 것으로 나타났다. 그러나 아플라톡신 B<sub>1</sub>으로써 10 ng/mL 이하(고춧가루)의 기준을 확인하기 위해서는 더 민감한 반응을 나타내는 ELISA법의 검토가 필요할 것으로 생각된다.



[그림 1-1] 아플라톡신 B<sub>1</sub> 표준용액(좌) 및 표준용액첨가 시료(우)의 면역반응.



[그림 1-2] 아플라톡신 B<sub>1</sub> 표준용액(좌) 및 표준용액첨가 시료(우)의 면역반응.

### (3) 정량분석

김치 및 원부재료 중 아플라톡신의 오염도를 정량적으로 확인할 수 있는 ELISA법을 선정하기 위하여 Veratox<sup>®</sup>의 적용가능성을 검토하였다. 본 방법의 정확성을 확인하기 위하여 CRM 분말과 아플라톡신 표준용액을 첨가한 김치 및 고춧가루를 대상으로 면역반응법을 적용하였다. 총 아플라톡신의 회수율을 확인한 결과, CRM 분말의 경우 96~113%로 우수한 회수율을 나타냈으나, 김치는 62~74%, 고춧가루는 72~78%로 낮게 나타났다. 이는 같은 업체에서 제조된 CRM과 반응 kit로써 곡물에 더 적합하다는 제조사의 의견과 일치하는 결과이다. 또한 첨가한 표준용액은 동일 농도로 혼합된 것으로 제조사에서 제공되는 개별 아플라톡신의 비율과 상이하여 회수율이 더 낮게 나타난 것으로 생각된다. 대부분의 ELISA kit가 견과류, 콩류 등 곡물류에 적합한 형태로 판매되고 있어, 김치와 고춧가루 등에 적합한 ELISA kit의 검토 및 개발이 필요할 것으로 생각된다.

이상의 ELISA kit를 검토한 결과, 아플라톡신 오염도가 높은 경우에 김치 원부재료(특히, 고춧가루) 및 김치에 상용화된 반정량 및 정량분석용 ELISA kit가 사용 가능할 것으로 생각된다.

[표 1-1] 정량분석 kit의 총 아플라톡신 회수율 시험

시료	첨가농도(ng/mL)	검출농도(ng/mL)	회수율(%)
CRM	9.9±1.8	11.2±0.3 <sup>1)</sup>	95.9-113.3
김치	10	6.8±0.8	62.2-73.9
고춧가루	10	7.5±0.4	71.9-78.2

<sup>1)</sup>평균±표준편차(n=3).

나. 아플라톡신류 분석을 위한 시료 전처리 조건 확립

(1) 전처리 조건 수립

김치 원부재료 및 제품 중 아플라톡신 추출에 적합한 전처리 조건을 수립하기 위하여 AOAC법(methanol : water = 8 : 2, v/v)과 식품공전법(methanol : water = 7 : 3, v/v)에 따라 추출용매와 NaCl 첨가농도별(1 및 2%) 아플라톡신(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> 및 G<sub>1</sub>) 회수율 시험을 CRM을 사용하여 실시하였다. 추출용매별 아플라톡신의 회수율을 비교한 결과, 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 경우 처리 조건별로 70%이상의 회수율을 나타내었으며, 1% NaCl 첨가 시 아플라톡신 추출 효율이 2% NaCl 첨가구 보다 높게 나타났다. 아플라톡신 B<sub>2</sub> 및 G<sub>2</sub>의 경우 낮은 농도임에도 불구하고 91%이상의 회수율을 나타내었으며, 70% methanol 용액으로 추출하였을 때 효율이 더 높은 것을 확인하였다.

이상의 결과로 식품공전법과 동일한 추출용매인 1% NaCl이 첨가된 70% methanol 용액을 추출용매로 하여 추출방법별로 아플라톡신의 추출효율을 비교하였으며, 김치 중 아플라톡신 추출을 위해 표준용액을 첨가하여 염 첨가 유무에 따른 아플라톡신 회수율을 비교하였다.

[표 1-2] 추출용매별 아플라톡신 회수율 비교

(Unit : %)

Analytes	Amount (ng/mL)	70% MeOH		80% MeOH	
		1% NaCl	2% NaCl	1% NaCl	2% NaCl
AFB <sub>1</sub> <sup>1)</sup>	9.0	80.1±2.2	73.8±0.8	82.2±10.3	70.8±1.4
AFB <sub>2</sub>	0.7	103.6±0.6	98.3±7.9	116.8±3.2	91.7±5.2
AFG <sub>1</sub>	0.2	95.8±12.3	126.8±27.3	90.60±0.5	120.4±0.6
AFG <sub>2</sub>	-	-	-	-	-

<sup>1)</sup>AFB<sub>1</sub>: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB<sub>2</sub>: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG<sub>1</sub>: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG<sub>2</sub>: aflatoxin G<sub>2</sub>.

김치의 경우 염도가 1.5~2.0%인 제품으로 아플라톡신 분석을 위한 시료전처리 염의 첨가가 필요하지 않을 것으로 생각되어 NaCl 첨가 유무에 따른 아플라톡신 회수율 시험을 실시하였다. 김치 시료에 아플라톡신 표준용액을 첨가하여 추출용매 중 1% NaCl 첨가 유무에 따른 아플라톡신 회수율을 확인한 결과, 평균 80% 이상으로 양호한 것으로 확인되었으며, 아플라톡신

B<sub>2</sub>를 제외하고 3종의 아플라톡신은 무첨가구에서 더 높은 회수율을 나타내어 본 연구에서는 김치 제품의 전처리 시 염을 추가 하지 않는 방법으로 진행하였다.

[표 1-3] NaCl 첨가 유무에 따른 아플라톡신 회수율 비교

Analytes	Spiked amount (ng/mL)	Spiked recovery (%)	
		70% MeOH	70% MeOH + 1% NaCl
AFB1 <sup>1)</sup>	4.0	85.43±0.9 <sup>2)</sup>	80.78±0.4
AFB2	1.2	82.61±0.8	84.83±0.1
AFG1	4.0	88.97±1.3	86.74±0.5
AFG2	1.2	85.71±3.0	80.31±2.5

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. <sup>2)</sup>Mean±SD.

김치의 원부재료 및 제품 중 오염된 아플라톡신의 추출효율이 높은 추출방법을 선정하기 위하여 초음파추출기(sonicator), 균질기(homogenizer), 교반기(stirrer)를 사용하여 추출방법별 회수율을 비교하였다. 김치 및 원부재료의 특성에 따라 가장 취급이 어려운 파를 대상으로 아플라톡신 표준용액을 첨가하여 함량을 확인한 결과, 평균 93% 이상의 양호한 회수율을 나타내었다. 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 경우 균질기를 사용하여 추출 시 회수율이 평균 96.6%로 초음파추출(107.6±9.7%) 및 교반법(104.3±8.4%) 보다 회수율이 낮게 나타났으며, 더욱이 변동폭(%RSD=21.1)이 크게 나타나 적합하지 않은 것으로 판단되어 초음파추출기를 사용한 추출법을 최종적으로 선정하였다.

[표 1-4] 추출방법별 아플라톡신 회수율 비교

Analytes	Spiked amount (ng/mL)	Spiked recovery (%)		
		Sonicator	Homogenizer	Stirrer
AFB1 <sup>1)</sup>	4.0	107.6±9.7 <sup>2)</sup>	96.6±20.4	104.3±8.4
AFB2	4.0	108.4±3.7	117.2±4.1	111.7±3.3
AFG1	4.0	117.8±22.7	109.7±11.9	107.4±16.8
AFG2	4.0	98.8±8.1	93.7±3.3	93.5±5.9

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, <sup>2)</sup>Mean±SD (n=6).

따라서 본 연구에서는 김치 원부재료 및 제품 중 아플라톡신을 추출하기 위한 전처리 방법으로 추출용매는 김치 원부재료의 경우 1% NaCl이 첨가된 70% methanol 용액으로, 김치 제품은 70% methanol 용액을 사용하여 추출방법으로는 초음파추출기를 사용한 방법을 선정하였다.

(2) 정제조건 수립

Immunoaffinity column에 흡착된 아플라톡신의 용출을 확인하기 위하여 acetonitrile 3, 5 및 7 mL를 용출하여 아플라톡신 함량을 분석하였다. 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 경우 3 및 5 mL 용출 시 회수율은 평균 80%로 유사하게 나타났으며, 7 mL 용출 시 평균 96%로 우수한 결과를 나타내었다. 아플라톡신 B<sub>2</sub>는 용출 용매의 용량에 상관없이 동일한 회수율을 보였으며, G<sub>2</sub>의 경우 용출용매가 증가할수록 회수율 허용범위(FDA guideline, 80-120%)를 벗어나는 것으로 나타났다. 따라서 흡착된 아플라톡신을 용출하기 위하여 acetonitrile 3 mL를 채택하였다.

[표 1-5] 용출 용량에 따른 아플라톡신 검출 농도 비교

Analytes	Amount (ng/mL)	Recovery (%)		
		3 mL	5 mL	7 mL
AFB1 <sup>1)</sup>	9.0	80.1±2.20 <sup>2)</sup>	77.0±3.85	96.6±2.56
AFB2	0.7	103.6±0.62	103.3±0.25	102.8±3.23
AFG1	0.2	95.8±12.34	104.8±21.97	121.4±4.52
AFG2	-	-	-	-

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. <sup>2)</sup>Mean±SD.

다. 아플라톡신류 분석을 위한 u-HPLC/FLD 기기분석 조건 확립

식품공전에서 제시하는 이동상 조건(acetonitrile:water = 25:75)에 따라 u-HPLC 분석을 실시한 결과, 아플라톡신 B<sub>1</sub>과 G<sub>1</sub>이 분리되지 않아 이동상의 조건을 달리하여 분리 조건을 설정하였다. 이때 유속은 0.6 mL/min으로 고정하여 수행하였다. Acetonitrile(이하 ACN)과 water의 조성을 20:80, 18:82 및 15:85(v/v)로 설정하여 분리한 결과, 세 가지 조건 모두에서 분리도(R<sub>s</sub>)는 1.5이상으로 우수하게 나타났다(그림 1-3). 그러나 ACN이 20일 경우 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 tail이 G<sub>1</sub>과 겹치는 현상이 확인되었고, 15일 경우는 peak의 width가 크고 run time이 10분으로 연장되었다. 따라서 peak의 width가 작으면서 분석시간을 5분으로 단축할 수 있는 이동상 용매 조건으로 ACN과 water의 비율이 18:82(v/v)를 최종 이동상 용매 조건으로 채택하였다.

라. 아플라톡신 분석법의 유효성 검증

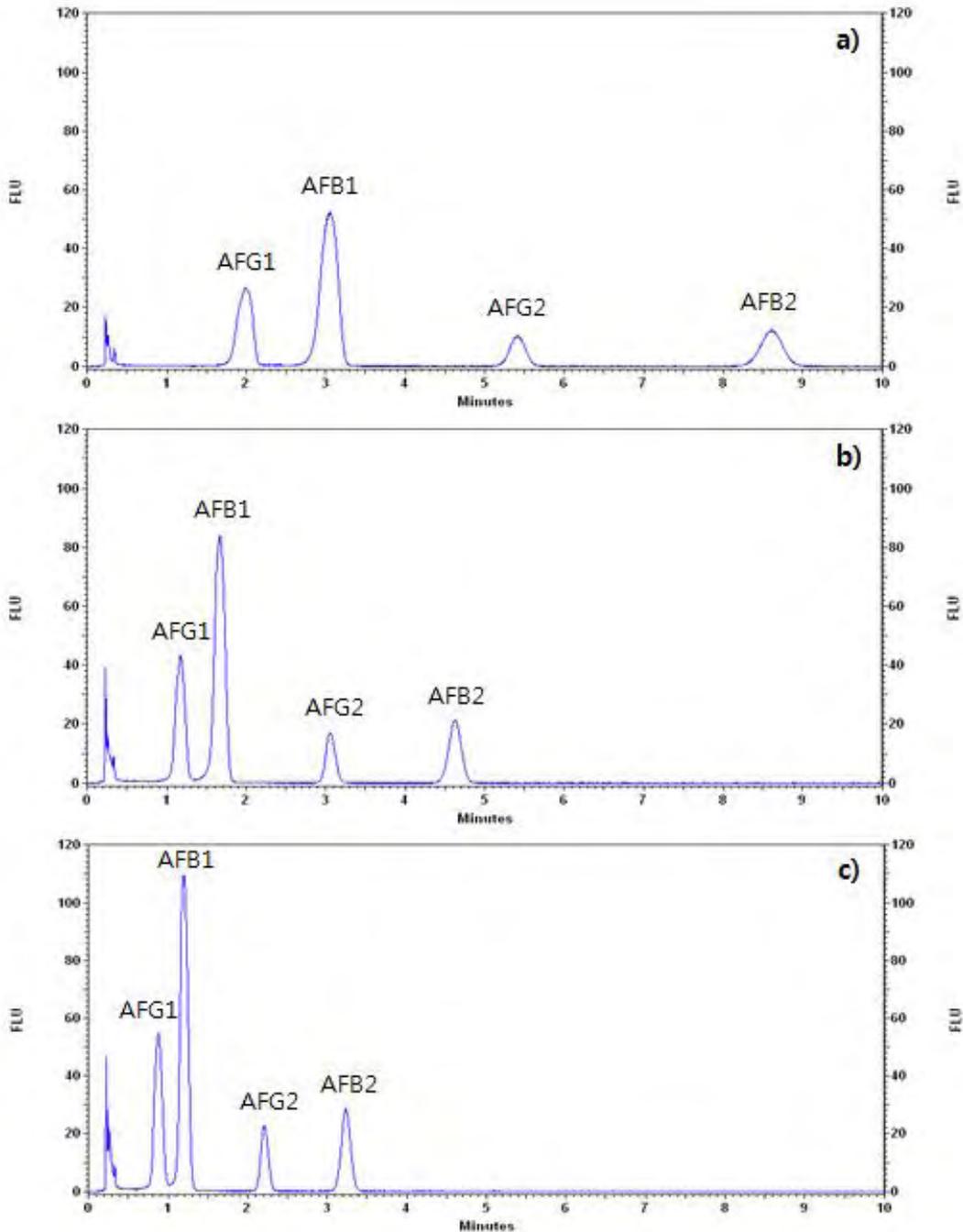
(1) 직선성

김치 시료에 아플라톡신 혼합표준용액을 검출기에서의 감도에 따라 0.4-4.0 ng/mL의 농도로 spiking(blank 포함 6 level)한 후 전처리 과정을 거쳐 분석한 결과에서 blank값을 제한 peak의 면적을 이용하여 검량선을 작성한 결과, 상관계수 r>0.979 이상의 결과를 나타내었다(표 6).

(2) 검출한계 및 정량한계

검출한계(LOD)는 3.3s/S(s: standard deviation of y-intercepts of regression analysis, S

slope of a calibration curve)의 수식에 의해 산출하였으며, 결과는 [표 6]에서 보는 바와 같이 0.07~0.19 ng/mL이었다. 정량한계(LOQ)는  $10s/S$ ( $s$ : standard deviation of y-intercepts of regression analysis,  $S$ : slope of a calibration curve)의 수식에 의해 산출하였으며, [표 6]에서 보는 바와 같이 0.22~0.58 ng/mL이었다.



[그림 1-3] 이동상 조건별 아플라톡신 분석 결과 크로마토그램; (a) DW:ACN=80:20, (b) DW:ACN=82:18, (c) DW:ACN=85:15 (Aflatoxin mixture conc. AFB1, AFG1= 10 ng/mL, AFB2, AFG2= 3 ng/mL).

[표 1-6] 아플라톡신 분석법의 linearity 및 sensitivity data

Analytes	Concentration range (ng/mL)	Slope	Intercept	Correlation coefficient (r)	LOD (ng/mL)	LOQ (ng/mL)
AFB1 <sup>1)</sup>	0.4-8.0	20029±1419	9117±810	0.997	0.13	0.40
AFB2	0.12-2.4	32629±2384	-209±999	0.997	0.10	0.30
AFG1	0.4-8.0	9008±888	1345±528	0.998	0.19	0.58
AFG2	0.12-2.4	15637±1513	1677±353	0.998	0.07	0.22

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>.

(3) 정확도 및 정밀도

김치 시료에 4종의 아플라톡신 혼합표준 용액을 0.4 및 2.0 ng/mL의 농도로 spiking 한 후 일 내에 3회 반복, 일간(연속적으로 3일간)에 3회 반복하여 전처리 과정을 거쳐 분석한 결과를 변이계수(CV%)로 나타내었다. [표 7]에서 보는 바와 같이 Intra-day 및 Inter-day의 변이계수는 저농도로 spiking 한 시료에서 각각 1.1~7.5% 및 5.2~9.5%이었으며, 고농도로 spiking 한 경우는 각각 2.9~3.7% 및 6.9~11.9%이었다.

회수율은 김치 시료에 4종의 아플라톡신 혼합표준 용액을 0.4 및 2.0 ng/mL의 농도로 spiking 한 후 회수율을 구하였다. 그 결과 intra-day 회수율은 91.8~116.6%, inter-day 회수율은 86.7~112.6%이었다(표 1-7).

[표 1-7] 아플라톡신 분석법의 intra-day(n=3) 및 inter-day(n=3) precision 및 accuracy data

Analytes	Add amount (ng/mL)	Intra-day (CV%)	Recovery (%)	Inter-day (CV%)	Recovery (%)
AFB1 <sup>1)</sup>	0.4	2.4	95.70±5.07	9.0	86.66±9.98
	2.0	3.3	95.14±7.21	9.3	96.54±2.59
AFB2	0.4	1.1	95.54±3.94	9.5	102.60±6.86
	2.0	3.1	100.85±3.05	6.9	112.62±10.25
AFG1	0.4	7.5	102.37±1.20	7.1	99.30±2.69
	2.0	2.9	116.56±5.16	11.9	108.46±8.77
AFG2	0.4	3.2	103.64±3.23	5.2	99.90±3.27
	2.0	3.7	91.78±4.76	8.9	99.80±6.96

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. <sup>2)</sup>Mean±SD.

## 제 2 절 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신의 계절별 오염 현황 조사

### 1. 연구수행 방법

#### 가. 김치 원부재료 및 제품의 품질특성 분석

##### (1) 시료수집

수출용 김치의 원부재료 및 제품 중 아플라톡신 오염 현황을 조사하기 위하여 수출용 김치를 생산하는 업체로부터 수출되는 김치 종류 및 김치제조에 사용되는 원부재료의 원산지를 문의하고 시료를 수집하였다. 김치수출업체의 선정은 식품의약품안전처 통계자료 중 식품 및 식품첨가물 생산실적 통계집(2011)을 활용하여 상위 20개 업체를 선정하여 실시하였다. 김치 수출 상위 20업체를 대상으로 시료수집 요청을 하였으나 11개 업체 시료를 수집할 수 있었으며, 김치 원부재료 및 제품 중 오염현황을 확인하기 위하여 일반 재래시장 및 대형마트, 인터넷 구매를 통해 내수용 원부재료 및 제품들도 구입하여 실험에 하였다(표 2-1). 수집된 시료는 아플라톡신 오염도 분석 뿐만 아니라 이화학적 및 미생물학적 품질 특성 분석에 사용하였으며, 구입 후 냉장 보관(0~4°C)하면서 실험에 사용하였다.

[표 2-1] 김치 및 원부재료 시료수집 현황

구분	김치	건고추 및 고춧가루	원부재료	합계
수출용	16	13	22	51
내수용	21	103	25	149
합계	37	116	47	200

##### (2) 실험방법

###### (가) 수분

김치 원부재료 및 제품을 blender로 갈아 반죽(paste)상태의 시료를 약 1 g정도 취해 적외선 수분측정기(Moisture Analyer MB45, OHAS, Switzerland)를 사용하여 측정하였다.

###### (나) pH 및 적정 산도

pH는 blender로 간 반죽 (paste)상태의 시료에 pH electrode를 직접 넣어 측정하였다. 적정 산도는 blender로 간 반죽상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(100 mL) 하여 여과 (Toyo no. 1)한 여과액 20 mL에 0.01N NaOH 용액으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하여 소비된 0.01N NaOH 용액 소비량을 구한 후 다음의 식으로 계산하였다.

$$\text{산도}(\%) = \frac{\text{소비된 } NaOH(mL) \times 0.0009 \times NaOH \text{ factor} \times 5 \times \text{희석부피}(mL)}{\text{시료량}(g \text{ 또는 } mL)}$$

(다) 염도

Blender로 갈아 반죽(paste)상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(약 100배) 하여 여과 후(Toyo no. 1) 여과액 10 ml를 취하여, 2% potassium chromate 1 ml를 넣어 0.02N AgNO<sub>3</sub> 용액으로 적정하여 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{염도}(\%) = \frac{\text{소비된 } AgNO_3(mL) \times 0.00117 \times AgNO_3 \text{ factor} \times 10 \times \text{희석부피}(ml)}{\text{시료채취량}(g \text{ 또는 } mL)}$$

(라) 환원당

환원당은 dinitrosalicylic acid(DNS)법에 의해 측정하였다. Blender로 간 반죽상태의 시료 1 g을 정확히 달아 적당히 희석 (50 mL) 하여 여과(Toyo no. 1)한 여과액 1 mL에 DNS 시약 3 mL를 넣어 즉시 vortex mixer로 혼합하고 끓는 물에 5분간 증탕 한 다음 실온에 방냉하여 증류수 16 mL로 희석한 용액을 UV-VIS spectrophotometer (Jasco V-550, Japan)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 당 정량은 glucose를 표준물질로 사용하여 상기방법으로 작성한 표준곡선으로부터 환원당 함량을 환산하였다.

(마) 미생물

일반세균수의 경우, PCA(plate count agar, Difco)배지를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 접종한 후 pouring culture method로 30℃에서 48시간 배양하여 계수하였다. 젖산균수의 경우, MRS(Lactobacilli MRS agar, Difco)배지에 BCP(bromocresol purple) 지시약을 25 ppm으로 넣어 제조한 배지를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 접종한 후 pouring culture method로 30℃에서 48시간 배양하고 총 colony와 yellow 발색 반응을 나타낸 colony(유기산 생산균)를 계수하였다. 효모 및 곰팡이 균수의 경우, PDA(potato dextrose agar, Difco)배지에 10% tartaric acid 1.4 mL/100 mL를 첨가하고 단계별로 희석한 시료를 접종한 다음 spreading culture method로 25℃에서 72시간 배양 후 계수하였다.

나. 수출용 김치의 원부재료 및 제품 중 아플라톡신 오염 현황 조사

(1) 시료수집

수출용 김치 제조업체로부터 김치 원부재료 및 제품 총 51종(원부재료 35종, 김치 제품 16종)을 수집하였으며, 시판 김치 원부재료 및 제품 중 아플라톡신 오염 현황을 파악하기 위하여 온·오프라인 매장을 통해 구입하여 아플라톡신 분석용 시료로 사용하였다. 수집된 시료는 냉장보관(0~4℃)하면서 실험에 사용하였으며, 세부내용은 [표 2-1]과 같다.

(2) 실험방법

(가) 총 아플라톡신

분쇄하여 균질화 한 시료를 약 10~25 g(김치 25 g, 고춧가루 10 g, 기타 부재료 25 g)을 정밀히 달아 추출용액 100 mL를 가하고 초음파추출기로 5분간 균질화한 후 이를 여과지(No. 1)로 여과하였다. 여액 10 mL를 100 mL 플라스크에 취하고 1% Tween 20 용액 30 mL를 가하여 흔들어 섞은 후 유리섬유여과지로 여과한 것을 추출액으로 하였다. 추출액 20 mL를 정제용 칼럼에 주입하여 3 mL/min(초당 1 방울 정도)의 속도로 통과시켰다. 이어서 water 10 mL를 같은 유속으로 유출시키고 칼럼 내에 남아 있는 용액을 감압펌프를 이용하여 제거한 후 acetonitrile 3 mL로 용출시켰다. 용출액을 50°C에서 질소로 건조시키고 잔류물에 trifluoroacetic acid 0.2 mL를 가하여 어두운 곳에서 15분간 방치시킨 후 acetonitrile과 water(20:80, v/v) 혼합용액 0.8 mL를 가하여 혼합하고 0.2 µm membrane filter로 여과한 것을 시험용액으로 하여 u-HPLC/FLD로 분석하였다. u-HPLC/FLD 기기분석 조건은 [표 13]과 같으며, 총 아플라톡신의 함량은 다음의 계산식에 따라 구하였다.

$$\text{총 아플라톡신의 함량}(\mu\text{g/kg}) = (C_{\text{AFB1}} + C_{\text{AFB2}} + C_{\text{AFG1}} + C_{\text{AFG2}}) \times V/S \times D$$

CAFB1 : 검량선에서 구한 아플라톡신 B1의 농도(ng/mL)

CAFB2 : 검량선에서 구한 아플라톡신 B2의 농도(ng/mL)

CAFG1 : 검량선에서 구한 아플라톡신 G1의 농도(ng/mL)

CAFG2 : 검량선에서 구한 아플라톡신 G2의 농도(ng/mL)

V : 시험용액의 최종부피(mL)

S : 시료 채취량(g)

D : 시험용액의 희석배수

[표 2-2] 아플라톡신 분석을 위한 u-HPLC/FLD 운영조건

Instrument	Hitachi, Lachrom Ultra
Detector	2485u-Fluorescence Detector
Column	LaChromUltra (2.0 mm × 50 mm, 2 µm)
Mobile phase	Acetonitrile : DW = 18 : 82 (isocratic)
Flow rate(mL/min)	0.6
Column temp.	40°C
Injection volume	5 µL
Wavelength (Ex/Em, nm)	360/450

(나) Inter-laboratory test

분석 결과의 확인을 위하여 수출용 김치 제품 10종에 대하여 총 아플라톡신 함량 분석을 공인분석기관에 의뢰하였다.

(다) 아플라톡신 생성균

아플라톡신을 생산하는 것으로 알려진 *Aspergillus flavus*와 *A. parasiticus*의 정성분석을 위해서 시료 40 g을 0.1% 펩톤수 200 mL에 넣고 30분간 섞어주었다. 0.1% 펩톤수로 1:10, 1:20,

1:40의 비율로 희석하여 희석액 0.1 mL를 AFPA base(Oxoid, England)에 chloramphenicol selective supplement(Oxoid, England)를 섞어서 미리 굳힌 plate에 넣고 streaking 및 spreading 배양 후 30°C에서 42시간 배양하였다. Plate 뒷면이 노란색/오렌지색인 모든 균수를 계측하였다.

다. 계절별 생산 김치 원부재료 중 아플라톡신 함량 분석

(1) 시료 수집

계절별로 유통되는 김치 원부재료 중 아플라톡신의 오염현황을 확인하기 위하여 가을철(2013년 9월~11월 및 2014년 9월~11월), 겨울철(2013년 12월~2014년 2월 및 2014년 12월~2014년 2월), 봄철(2014년 3월~5월) 및 여름철(2014년 7월~8월)에 유통되는 김치 원부재료를 일반 재래시장 및 대형마트, 인터넷 구매를 통해 총 195종을 구입하였다(표 1). 수집된 시료는 아플라톡신 오염도 분석뿐만 아니라 이화학적 및 미생물학적 품질 특성 분석에 사용하였으며, 구입 후 냉장 보관(0~4°C)하면서 실험에 사용하였다.

(2) 실험방법

수분, 미생물 및 총 아플라톡신 함량 분석을 위한 실험방법은 제2절 1. 가. (2) 실험방법과 동일하게 수행하였다.

라. 계절별 생산 김치 제품 중 아플라톡신 함량 분석

(1) 시료 수집

계절별로 유통되는 김치 제품 중 아플라톡신의 오염현황을 확인하기 위하여 가을철(2013년 9월~11월 및 2014년 9월~11월), 겨울철(2013년 12월~2014년 2월 및 2014년 12월~2014년 2월), 봄철(2014년 3월~5월) 및 여름철(2014년 7월~8월)에 유통되는 김치를 대형마트, 인터넷 구매를 통해 총 87종(봄철 20종, 여름철 15종, 가을철 36종, 겨울철 16종)을 구입하였다. 수집된 시료는 아플라톡신 오염도 분석뿐만 아니라 이화학적 및 미생물학적 품질 특성 분석에 사용하였으며, 구입 후 냉장 보관(0~4°C)하면서 실험에 사용하였다.

[표 2-3] 김치 원부재료 및 김치 시료수집 현황

구분		건고추 및 고춧가루	배추 및 절임배추	기타 부재료	김치	합계
가을철	'13.9.-11.	6	13	20	28	67
	'14.9.-11.	37	-	-	8	45
겨울철	'13.12.-'14.2.	11	10	5	15	41
	'14.12.-'15.2.	9	-	-	1	10
봄철('14.3.-5.)		62	1	6	20	89
여름철('14.7.-8.)		13	-	2	15	30
합계		138	24	33	87	282

(나) 실험방법

수분, pH, 적정산도, 염도, 미생물 및 총 아플라톡신 함량 분석을 위한 실험방법은 가. (1) (나) 실험방법과 동일하게 수행하였다.

2. 연구수행 결과

가. 김치 수출 및 수출용 김치 생산업체 현황

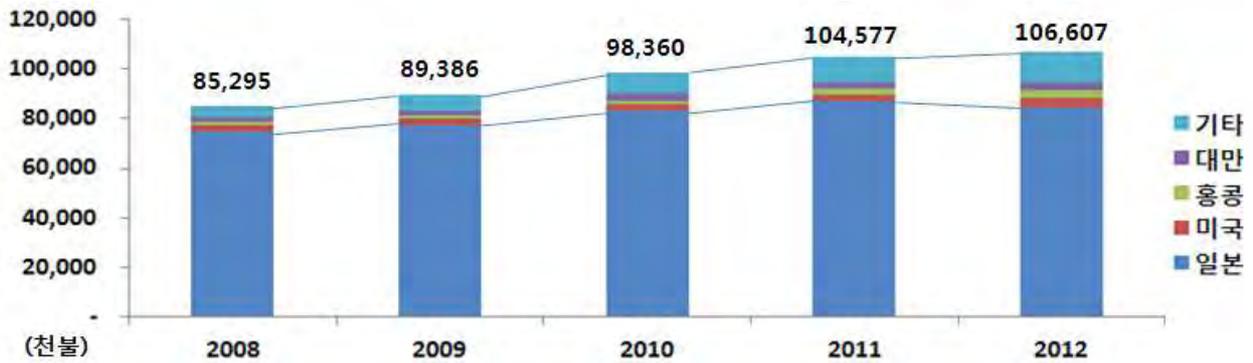
2012년 김치 수출실적을 살펴보면 물량으로는 27.7천톤으로 80% 이상이 일본수출이며 다음으로 미국 및 홍콩, 대만 등 중화권 신규시장의 수출 호조로 전체 김치 수출은 전년대비 1.9% 증가한 106.6백만불을 나타내었다. 또한 '08년 수출대상국 48개국에서 '12년 62개국으로 다변화가 지속되고 있으며, 전체 수출에서 일본시장 외 비중도 증가하여 20% 수준을 달성하였다. 수출용 김치 생산업체의 경우 1천만불 이상의 수출을 하는 업체는 대상FNF(주), 건식무역, (주)진미로 조사되었으며, 1백만불 ~ 1천만불을 수출하는 업체로는 (주)모아, (주)다모, (주)한울 등의 7개 업체로 조사되었다. 그 외 1백만불 미만 업체에는 (주)한성식품, 풍산김치 등으로 나타났다. 업체들의 수출국은 대부분이 일본으로 나타났으며 수출포장 용기는 PET병, Tray 형태가 주를 이루었다. 대표적인 김치 수출용 상품의 원부재료는 대부분이 국내산이었으며 고춧가루의 경우 일부 업체에서는 중국산 고춧가루로 제조하기도 하였다. 국산 고춧가루의 가격이 중국산의 2배 이상의 가격으로 업체에서 가격 경쟁력이 없어 중국산을 쓸 수밖에 없는 문제점이 있었다. 또한 일본수출의 경우 중국산, 국내산(고급화전략) 2가지 종류별로 수출하고 있으며 특히 중국산 고춧가루의 경우 kg당 8천원 정도인 냉동제품을 수입하여 세척 후 재건조 후 제조하는 형태도 있는 것으로 파악되었다.

[표 2-3] 김치 수출 물량 및 금액(2012)

(단위 : 톤, 천불)

구 분	2011년(A)		2012년(B)		증감률(B/A)	
	물량	금액	물량	금액	물량	금액
전 체	27,429	104,577	27,664	106,608	0.9	1.9
일 본	22,053	86,819	21,450	84,588	△2.7	△2.6
미 국	794	2,794	1,047	3,873	31.9	38.6
홍 콩	683	2,413	903	3,286	32.1	36.2
대 만	877	2,348	1,021	2,747	16.4	17.0
호 주	382	1,162	413	1,451	8.1	24.8

※자료 : 농림수산물수출입동향(2012).



[그림 2-1] 수출대상국별 년도별 김치 수출액 변화.

※자료 : 농림수산물수출입동향(2012).

[표 2-4] 김치수출 상위 20업체(금액기준)

금액분포	수출업체명	수출액(\$)
1천만불 ~ 1억불	대상FNF(주)	23,129,649
	건식무역(주)	16,111,907
	(주)진미	12,929,846
1백만불 ~ 1천만불	(주)모아	6,944,621
	(주)풍한식품	5,630,965
	(주)삼진지에프	5,466,331
	(주)다모	3,168,429
	(주)한울	2,285,392
	태정식품(주)	2,097,952
	(주)동원F&B	1,127,270
1백만불 미만	서안동농협풍산	898,183
	(주)대광에프앤지	892,858
	웅천농업협동조합진행식품가공공장	888,257
	(주)에과원	814,648
	순천농협남도식품	519,803
	(주)울진로하스코리아	485,325
	이화종합식품 영농조합법인	404,879
	(주)한성식품	320,724
	고려냉장식품(주)	285,876
	참식품주식회사	232,330
합계	20개 업체	총 수출액 : 86,888,969 (2011년 기준)

※자료 : 식품의약품안전처(KFDA), 식품 및 식품첨가물 생산실적 통계집(2011).

#### 나. 김치 원부재료 및 제품의 이화학적 특성

김치 원부재료 및 제품의 화학적 이화학적 품질 특성을 파악하기 위하여 pH, 산도, 염도, 환원당, 수분 함량을 분석하여 [표 2-5] 및 [표 2-6]에 나타내었다.

수집된 수출용 김치의 수분은 76.3~89.6% 정도였으며 수출용 김치제품의 경우 pH는 4.38~6.18, 내수용 김치제품은 3.49~5.84 범위로 수출용 김치제품의 pH가 다소 높게 나타났다. 내수용 김치는 배추김치, 열무김치, 묵은지가 수집되었으며 수분의 경우 85.7~91.3%로 확인되었다. 일반김치의 pH는 3.99~5.84, 산도는 0.40~1.29%로 나타난 반면 묵은지에 해당하는 김치 10, 김치 14, 김치 15는 pH가 3.49~3.83, 산도가 1.82~3.05%로 김치의 발효정도에 따라 pH는 낮게 산도는 높게 나타났다. 수집된 수출용 김치의 산도는 0.27~0.52%, 내수용 김치제품은 0.40~3.05%로 나타났으며 내수용 제품 중 숙성 묵은지 제품들이 있어 높은 산도 값을 나타낸 것으로 생각된다. 동일 업체에서 수집된 제품이라 하더라도 김치의 입고 시기 및 김치의 숙성정도에 따라 pH와 산도는 다르게 나타났으며, 김치의 신맛을 나타내는 직접적인 지표인 산도의 경우 수출용 김치 중 K-김치에서  $0.73 \pm 0.01\%$ , 내수용 김치 중 김치 15에서 가장 높게 나타났다. 또한 염도는 수출용 김치는 1.52~2.77%, 내수용 김치의 경우 1.12~2.48%로 김치 14에서  $2.48 \pm 0.03\%$ 로 가장 높게 나타났으며, 내수용 김치제품의 염도가 수출제품보다 조금 낮은 경향을 보였다.

김치제품에서 확인된 환원당 함량은 수출용 김치제품에서는 5.23~41.38 mg/g, 내수용 제품에서는 1.44~50.70 mg/g로 제조업체에 따라 다양한 분포를 나타내었으며 묵은지인 김치 14에서 가장 낮게 나타났으며 일반 배추김치인 김치 2에서 가장 높게 나타났다. 수출용 김치제품의 제조에 사용되는 원료의 원산지는 1개를 제외하고 모두 국산 원료를 구입하여 제조하는 것으로 나타났다.

수출용 김치 원부재료는 고춧가루, 무, 양파, 마늘, 생강, 쪽파, 대파, 당근, 통깨, 원료배추, 절임배추, 풀, 김치양념 등이 수집되었으며, 이화학적 품질특성 분석 결과는 [표 2-4]와 같다. 고춧가루의 수분은 15.38~24.98%로 측정되었으며 통깨를 제외한 생물인 원부재료의 경우 수분이 60.33~93.95%로 확인되었다. 환원당은 고춧가루에서 107.78~399.13 mg/g으로 나타났으며, 다른 원부재료에서는 1.31~64.06 mg/g으로 확인되었다.

내수용 김치 원부재료도 수출용 김치 원부재료와 마찬가지로 고춧가루, 건고추, 당근, 마늘, 양파, 대파, 무, 생강, 쪽파, 배추, 김치양념 등이 수집되었으며, 이화학적 품질 특성 분석 결과는 [표 10]과 같다. 고춧가루의 수분은 12.10~31.52%로 나타났으며, 건고추의 경우 9.12~32.92%로 수분을 함유하고 있는 것으로 나타났다. 그 밖에 다른 원부재료의 수분함량은 71.06~95.26%로 확인되었으며 배추에서  $95.26 \pm 0.20\%$ 로 가장 높게 나타났다. 내수용 고춧가루의 환원당은 102.71~482.50 mg/g으로 나타났으며, 건고추에서는 57.36~275.05 mg/g으로 건고추에 비해 고춧가루에서 환원당이 높게 나타났다. 생물인 원부재료의 환원당은 3.79~72.07 mg/g으로 나타났다.

[표 2-5] 김치 제품의 이화학적 품질 특성

구분	번호	시료명	수분(%)	pH	산도(%)	염도(%)	환원당(mg/g)	비고
수출용	1	A-김치	86.90±0.15 <sup>1)</sup>	5.66±0.01	0.38±0.01	1.97±0.01	17.64±0.08	국산
	2	B-김치1	86.54±0.22	6.18±0.04	0.27±0.01	1.89±0.02	17.00±0.21	국산
	3	B-김치2	87.84±0.31	5.82±0.00	0.39±0.01	2.34±0.00	31.92±0.21	국산
	4	B-김치3	82.04±3.33	5.83±0.03	0.47±0.02	1.99±0.12	31.30±0.05	국산
	5	B-김치4	80.90±0.18	5.64±0.03	0.52±0.00	1.52±0.23	29.32±0.14	국산
	6	B-김치5	87.77±0.19	5.08±0.00	0.51±0.01	2.34±0.00	41.38±0.14	국산
	7	C-김치	84.98±0.06	6.07±0.03	0.38±0.02	1.94±0.04	20.86±0.21	국산
	8	D-김치	88.27±0.16	4.38±0.03	0.50±0.10	1.74±0.06	5.23±0.07	국산
	9	E-김치1	87.25±0.36	5.72±0.03	0.27±0.01	2.08±0.01	15.74±0.20	국산
	10	E-김치2	76.26±1.18	5.15±0.04	0.36±0.03	2.34±0.01	30.74±0.12	국산
	11	F-김치	84.46±0.77	5.28±0.02	0.37±0.01	2.17±0.02	41.09±0.05	국산
	12	G-김치	84.56±2.53	5.54±0.00	0.41±0.01	2.18±0.14	26.66±0.35	국산
	13	H-김치	89.57±2.35	5.69±0.05	0.38±0.02	1.83±0.24	26.23±1.60	국산
	14	I-김치	77.09±0.37	4.97±0.01	0.33±0.01	2.77±0.07	27.47±0.34	국산
	15	J-김치	86.03±0.08	5.68±0.02	0.34±0.02	2.34±0.00	29.62±0.33	국산
	16	K-김치	85.88±0.33	5.74±0.02	0.73±0.01	2.61±0.03	36.84±0.10	국산
내수용	17	김치 1	87.55±0.05	5.80±0.01	0.40±0.01	1.85±0.04	39.57±0.87	국산
	18	김치 2	87.76±0.06	5.74±0.01	0.45±0.02	1.12±0.03	50.70±2.36	국산
	19	김치 3	90.80±0.01	5.01±0.03	0.67±0.01	1.89±0.07	6.72±0.06	국산
	20	김치 4	89.61±0.11	4.27±0.02	1.11±0.02	1.54±0.03	13.60±0.06	국산
	21	김치 5	89.93±0.04	4.10±0.00	1.04±0.02	1.72±0.03	20.06±0.15	국산
	22	김치 6	90.93±0.12	3.99±0.01	1.19±0.01	2.16±0.06	6.69±0.20	국산
	23	김치 7	90.49±0.05	4.03±0.03	1.29±0.01	1.79±0.03	14.82±0.17	국산
	24	김치 8	89.83±0.23	5.70±0.02	0.66±0.01	1.42±0.03	33.40±0.71	국산
	25	김치 9	91.32±0.04	4.64±0.03	1.06±0.02	1.74±0.03	19.50±0.19	국산
	26	김치 10	89.45±0.37	3.49±0.03	2.22±0.00	1.95±0.03	10.47±0.21	국산
	27	김치 11	87.33±0.25	5.75±0.03	0.69±0.01	1.72±0.03	41.46±0.27	국산
	28	김치 12	89.59±0.06	4.09±0.02	1.17±0.01	1.66±0.03	21.50±0.21	국산
	29	김치 13	90.69±0.36	4.90±0.03	0.66±0.01	1.79±0.03	24.36±0.21	국산
	30	김치 14	88.99±0.08	3.83±0.04	1.82±0.02	2.48±0.03	1.44±0.01	국산
	31	김치 15	89.49±0.25	3.62±0.01	3.05±0.03	1.97±0.03	5.77±0.06	국산
	32	김치 16	90.08±0.08	4.82±0.01	0.93±0.01	1.83±0.03	25.94±0.10	국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

[표 2-5] 계속

구분	번호	시료명	수분(%)	pH	산도(%)	염도(%)	환원당(mg/g)	비고
내수용	33	김치 17	88.74±0.51	5.62±0.04	0.68±0.03	1.58±0.06	38.51±0.58	국산
	34	김치 18	91.24±0.30	5.51±0.01	0.66±0.01	1.54±0.03	29.12±0.42	국산
	35	김치 19	90.19±0.01	5.21±0.03	0.92±0.02	1.91±0.03	27.79±0.47	국산
	36	김치 20	87.38±0.04	5.23±0.01	0.83±0.00	2.11±0.06	40.99±0.47	국산
	37	김치 21	85.70±0.09	5.84±0.02	0.64±0.01	1.54±0.03	43.09±0.24	국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

[표 2-6] 김치 원부재료의 이화학적 품질 특성

구분	번호	시료명	수분(%)	환원당(mg/g)	비고
수출용	1	A-고춧가루	15.38±1.77 <sup>1)</sup>	316.18±4.51	국산(경북 안동)
	2	B-고춧가루1	20.83±2.35	306.52±5.48	국산(전남 신안)
	3	B-고춧가루2	24.98±0.59	117.34±0.00	국산
	4	C-고춧가루	16.26±0.49	237.29±5.21	국산
	5	D-고춧가루	21.73±2.05	326.40±5.90	국산
	6	E-고춧가루1	17.10±0.89	292.88±1.97	중국산
	7	E-고춧가루2	19.24±1.50	107.78±1.29	중국산
	8	F-고춧가루	15.81±0.53	220.16±4.92	중국산
	9	G-고춧가루	17.26±1.91	399.13±3.94	국산
	10	H-고춧가루	22.14±2.74	349.13±2.60	중국산/국산
	11	I-고춧가루	23.76±1.63	229.25±3.41	중국산
	12	J-고춧가루	17.41±1.03	124.26±2.62	국산
	13	K-고춧가루	22.61±0.85	216.18±1.86	국산
	14	B-원료배추1	91.36±0.36	14.37±0.05	국산(전남 해남)
	15	B-원료배추2	93.95±0.22	24.88±0.20	국산
	16	D-원료배추	93.58±0.95	27.26±0.20	국산
	17	B-양파1	90.61±0.28	23.28±0.14	국산(전남 무안)
	18	B-양파2	90.32±0.28	64.06±0.00	국산
	19	E-양파	90.37±0.74	38.46±0.16	중국산
	20	B-절임배추	93.17±0.35	25.33±0.10	국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

[표 2-6] 계속

구분	번호	시료명	수분(%)	환원당(mg/g)	비고
수 출 용	21	D-절임배추	90.30±0.09 <sup>1)</sup>	16.41±0.20	국산
	22	B-무1	92.59±0.20	16.65±0.12	국산(제주도)
	23	B-무2	93.18±0.37	34.48±0.17	국산
	24	B-대파	91.52±0.59	22.78±0.04	국산(전남 진도)
	25	E-대파	91.85±0.49	15.66±0.14	중국산
	26	B-쪽파1	87.10±0.66	14.80±0.26	국산(제주도)
	27	B-쪽파2	93.04±0.11	17.24±0.10	국산
	28	B-마늘1	60.33±0.78	19.34±0.23	국산(전남 고흥)
	29	B-마늘2	73.70±0.40	21.09±0.17	국산
	30	B-생강1	86.77±0.18	6.51±0.07	국산(충남 서산)
	31	B-생강2	85.26±0.07	5.12±0.03	국산
	32	B-풀	89.44±1.54	4.74±0.02	국산(충남 서산)
	33	E-당근	90.14±0.18	11.46±0.05	중국산
	34	E-통깨	2.19±0.01	1.31±0.03	국산
	35	B-양념	83.44±0.24	24.94±0.19	국산
내 수 용	36	고춧가루 1	14.18±1.03	102.71±0.37	베트남
	37	고춧가루 2	22.80±1.26	199.53±1.00	중국
	38	고춧가루 3	22.87±1.46	240.62±1.14	태양초
	39	고춧가루 4	23.54±1.36	143.87±0.00	청양
	40	고춧가루 5	21.92±1.41	482.50±2.78	국산
	41	고춧가루 6	23.21±0.96	205.88±3.79	국산
	42	고춧가루 7	22.77±1.13	195.57±2.78	국산
	43	고춧가루 8	24.41±0.84	204.70±1.11	국산
	44	고춧가루 9	24.75±1.99	229.63±1.92	국산
	45	고춧가루 10	21.53±0.84	143.51±1.19	국산
	46	고춧가루 11	25.68±1.32	238.23±3.71	국산
	47	고춧가루 12	16.20±0.40	168.38±3.62	국산
	48	고춧가루 13	27.13±0.08	222.87±5.19	중국산:국산(50:50)
	49	고춧가루 14	17.08±0.30	222.02±3.85	중국산
	50	고춧가루 15	24.48±1.09	234.14±3.88	국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

[표 2-6] 계속

구분	번호	시료명	수분(%)	환원당(mg/g)	비고
내 수 용	51	고춧가루 16	24.02±1.22 <sup>1)</sup>	194.95±1.92	국산
	52	고춧가루 17	21.42±0.39	289.69±6.72	국산
	53	고춧가루 18	24.22±0.31	236.33±3.76	국산
	54	고춧가루 19	25.30±0.71	296.74±3.31	국산
	55	고춧가루 20	23.68±0.17	208.70±5.71	국산
	56	고춧가루 21	22.87±0.18	241.47±5.44	국산
	57	고춧가루 22	22.87±1.85	255.22±1.64	중국산
	58	고춧가루 23	22.02±0.62	175.99±2.26	중국산
	59	고춧가루 24	24.83±0.86	301.46±7.35	국산
	60	고춧가루 25	12.10±0.59	113.75±0.49	베트남
	61	고춧가루 26	22.15±0.21	281.37±1.20	중국산
	62	고춧가루 27	15.31±0.94	230.97±2.52	중국:베트남
	63	고춧가루 28	22.77±2.67	292.65±5.43	중국:베트남
	64	고춧가루 29	21.82±0.92	247.68±6.04	중국
	65	고춧가루 30	25.01±0.63	257.22±2.44	국산
	66	고춧가루 31	27.89±0.09	265.26±4.29	국산
	67	고춧가루 32	31.52±0.04	285.40±4.32	국산
	68	고춧가루 33	22.61±0.89	190.01±5.04	국산
	69	고춧가루 34	26.45±1.68	105.81±2.86	베트남산
	70	고춧가루 35	26.45±1.68	201.48±6.50	중국산
	71	고춧가루 36	23.23±0.06	200.53±3.17	중국산
	72	고춧가루 37	22.96±0.80	250.36±3.44	국산
	73	고춧가루 38	22.38±0.16	233.67±5.35	중국산
	74	고춧가루 39	23.24±0.29	227.88±3.92	국산
	75	고춧가루 40	22.95±0.52	233.00±2.76	중국산
	76	고춧가루 41	25.54±1.58	252.98±2.05	국산
	77	고춧가루 42	23.27±2.35	235.42±3.68	국산
	78	고춧가루 43	22.07±1.99	224.80±2.22	국산
	79	고춧가루 44	25.79±2.37	225.20±0.31	국산
	80	고춧가루 45	23.85±0.05	207.58±1.99	국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

[표 2-6] 계속

구분	번호	시료명	수분(%)	환원당(mg/g)	비고
내 수 용	81	고춧가루 46	24.73±1.01 <sup>1)</sup>	228.27±2.26	국산
	82	고춧가루 47	23.91±0.83	270.83±2.37	국산
	83	고춧가루 48	21.44±1.07	146.24±2.46	국산
	84	고춧가루 49	23.46±0.00	242.82±2.77	국산
	85	고춧가루 50	21.83±0.18	204.09±2.99	국산
	86	고춧가루 51	23.31±1.13	264.61±3.50	국산
	87	고춧가루 52	24.94±0.06	236.54±2.28	국산
	88	고춧가루 53	24.53±1.05	249.11±0.66	국산
	89	고춧가루 54	25.57±1.14	253.41±0.12	국산
	90	고춧가루 55	23.87±0.21	185.24±1.55	국산
	91	고춧가루 56	23.03±1.66	209.76±2.07	국산
	92	고춧가루 57	24.37±1.73	227.93±2.91	국산
	93	고춧가루 58	22.96±1.69	208.81±2.22	국산
	94	고춧가루 59	23.60±0.03	231.89±2.07	국산
	95	고춧가루 60	24.96±1.06	225.68±2.69	국산
	96	고춧가루 61	23.62±0.66	229.64±2.58	국산
	97	고춧가루 62	21.72±0.27	232.85±2.77	국산
	98	고춧가루 63	23.64±0.07	210.24±0.83	국산
	99	고춧가루 64	22.42±2.09	160.85±0.12	국산
	100	고춧가루 65	21.31±0.92	214.75±1.55	국산
	101	고춧가루 66	22.15±0.04	207.51±2.38	국산
	102	고춧가루 67	22.28±0.83	203.14±1.79	국산
	103	건고추 1	22.53±2.29	269.74±5.36	국산
	104	건고추 2	19.04±0.47	219.34±4.97	중국산
	105	건고추 3	21.68±1.50	153.51±4.96	중국산
	106	건고추 4	23.25±2.45	108.89±0.85	국산
	107	건고추 5	21.57±0.56	143.85±1.62	국산
	108	건고추 6	22.65±1.61	110.02±4.87	국산
	109	건고추 7	24.99±2.06	154.99±2.12	국산
	110	건고추 8	21.73±2.86	57.36±0.85	국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

[표 2-6] 계속

구분	번호	시료명	수분(%)	환원당(mg/g)	비고
내 수 용	111	건고추 9	21.31±1.45 <sup>1)</sup>	114.25±1.96	국산
	112	건고추 10	10.71±0.98	87.49±0.82	베트남
	113	건고추 11	16.42±1.55	132.79±1.65	중국
	114	건고추 12	9.12±1.51	75.63±1.11	베트남
	115	건고추 13	23.21±1.24	253.11±2.51	국산
	116	건고추 14	18.67±0.62	163.19±2.00	국산
	117	건고추 15	24.03±0.59	203.79±2.05	국산
	118	건고추 16	25.41±0.51	238.65±2.27	국산
	119	건고추 17	25.48±2.15	275.05±4.02	국산
	120	건고추 18	29.70±0.88	224.65±3.51	국산
	121	건고추 19	20.34±0.85	166.86±3.71	국산
	122	건고추 20	25.22±0.21	257.22±5.21	국산
	123	건고추 21	24.17±0.56	261.59±1.69	국산
	124	건고추 22	23.51±2.61	254.80±5.03	국산
	125	건고추 23	25.45±2.78	238.38±3.40	국산
	126	건고추 24	21.77±1.63	267.18±2.45	중국산
	127	건고추 25	24.75±0.71	213.55±0.61	국산
	128	건고추 26	27.74±1.80	131.01±0.12	국산
	129	건고추 27	29.36±0.01	151.16±0.32	국산
	130	건고추 28	30.01±0.75	140.05±0.12	국산
	131	건고추 29	29.22±3.04	138.86±0.36	국산
	132	건고추 30	32.92±2.45	133.33±0.72	국산
	133	건고추 31	30.17±0.37	188.11±1.32	국산
	134	건고추 32	28.62±1.21	131.48±1.36	국산
	135	건고추 33	22.85±1.58	120.96±1.28	국산
	136	건고추 34	23.41±1.30	139.41±0.82	국산
	137	건고추 35	24.02±0.23	159.15±1.51	국산
	138	건고추 36	19.11±0.98	143.98±1.64	국산
	139	당근 1	91.13±0.07	31.13±0.21	국산(제주)
	140	당근 2	91.77±0.03	17.45±0.16	중국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

[표 2-6] 계속

구분	번호	시료명	수분(%)	환원당(mg/g)	비고
내수용	141	당근 3	89.58±0.18 <sup>1)</sup>	39.88±0.79	국산
	142	당근 4	90.28±0.21	41.42±0.86	국산
	143	당근 5	89.11±0.05	29.51±0.47	국산
	144	마늘 1	71.12±0.65	17.61±0.05	국산(창영)
	145	마늘 2	71.06±0.91	13.78±0.19	중국산
	146	마늘 3	89.81±0.72	30.13±0.78	국산
	147	마늘 4	69.17±0.04	3.79±0.06	국산
	148	양파 1	90.17±0.21	49.75±0.30	국산
	149	양파 2	71.45±0.07	42.47±0.50	국산
	150	양파 3	89.92±0.72	56.52±0.00	국산
	151	양파 4	90.56±0.08	60.63±0.31	국산
	152	대파 1	89.32±0.52	41.29±0.23	국산
	153	대파 2	91.30±0.76	11.93±0.23	국산
	154	대파 3	92.13±0.07	28.22±0.32	국산
	155	무 1	93.03±0.04	29.91±0.07	국산(제주)
	156	무 2	91.79±0.06	14.42±0.10	국산
	157	무 3	92.86±1.82	21.97±0.27	국산
	158	생강 1	92.27±0.63	6.52±0.00	중국산
	159	생강 2	90.35±0.04	5.04±0.00	국산
	160	김치양념 1	72.10±0.37	72.07±0.78	국산
161	김치양념 2	66.56±0.62	54.81±1.48	국산	
162	쪽파 1	90.49±0.82	31.93±0.53	국산	
163	배추	95.26±0.20	16.33±0.12	국산(강원도)	

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

#### 다. 김치 원부재료 및 제품의 미생물학적 특성

김치는 배추, 무, 마늘, 생강, 고추 등의 원부재료들을 섞고 저장하는 동안 미생물의 활동으로 발효가 된다. 김치 원부재료 및 제품의 미생물학적 특성을 파악하기 위하여 총균수, 젖산균, 효모 및 곰팡이 균수를 측정하여 [표 2-7]에 나타내었다. 수출용 김치 제품에서 확인된 일반세균수는 10<sup>5</sup>~10<sup>9</sup> CFU/mL로 나타났으며 H-김치에서, 젖산균수는 D-김치에서 가장 많이 검출되었다. 젖산균수는 10<sup>5</sup>~10<sup>8</sup> CFU/mL, 효모 및 곰팡이는 검출되지 않거나 10<sup>1</sup>~10<sup>6</sup> CFU/mL 수준으로 검출되었다.

국내 시판되는 내수용 김치제품의 일반세균수는 10<sup>4</sup>~10<sup>9</sup> CFU/mL, 젖산균수는 10<sup>3</sup>~10<sup>12</sup>

CFU/mL, 효모 및 곰팡이는 검출되지 않거나  $10^2 \sim 10^6$  CFU/mL 수준으로 수출용 김치와 비슷한 결과를 나타내었다. 내수용 김치의 일반세균수는 일반김치에서  $4.60 \times 10^6 \sim 4.60 \times 10^9$  CFU/mL 범위로 확인되었으며 묵은지에서는  $3.30 \times 10^4 \sim 1.15 \times 10^6$  CFU/mL로 확인되었다. 일반김치의 젖산균수는  $5.25 \times 10^6 \sim 1.23 \times 10^{12}$  CFU/mL였으며, 과숙기에 접어든 묵은지의 경우  $3.85 \times 10^3 \sim 5.55 \times 10^4$  CFU/mL로 일반김치에 비해 적은 젖산균수를 나타내었다. 효모 및 곰팡이는 검출되지 않거나  $1.00 \times 10^2 \sim 1.81 \times 10^6$  CFU/mL 수준으로 검출되었다.

[표 2-7] 김치제품의 미생물학적 특성

(단위: CFU/mL)

구분	번호	시료명	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
수출용	1	A-김치	$2.34 \times 10^6$	$1.52 \times 10^6$	$3.23 \times 10^6$	국산
	2	B-김치1	$9.25 \times 10^5$	$6.30 \times 10^5$	$1.77 \times 10^3$	국산
	3	B-김치2	$2.63 \times 10^6$	$2.29 \times 10^5$	ND <sup>1)</sup>	국산
	4	B-김치3	$1.33 \times 10^7$	$2.80 \times 10^7$	$1.25 \times 10^3$	국산
	5	B-김치4	$5.20 \times 10^8$	$5.55 \times 10^8$	$4.00 \times 10^2$	국산
	6	B-김치5	$3.05 \times 10^6$	$1.21 \times 10^8$	$8.00 \times 10^2$	국산
	7	C-김치	$1.58 \times 10^8$	$3.60 \times 10^8$	$5.00 \times 10^1$	국산
	8	D-김치	$8.07 \times 10^8$	$9.50 \times 10^8$	$8.65 \times 10^5$	국산
	9	E-김치1	$2.35 \times 10^5$	$2.20 \times 10^5$	ND	국산
	10	E-김치2	$2.93 \times 10^5$	$1.85 \times 10^5$	$1.00 \times 10^2$	국산
	11	F-김치	$2.45 \times 10^6$	$2.15 \times 10^6$	$3.50 \times 10^2$	국산
	12	G-김치	$3.70 \times 10^5$	$1.85 \times 10^5$	ND	국산
	13	H-김치	$1.29 \times 10^9$	$1.04 \times 10^6$	$1.13 \times 10^4$	국산
	14	I-김치	$3.60 \times 10^5$	$1.46 \times 10^5$	$1.31 \times 10^4$	국산
	15	J-김치	$4.25 \times 10^5$	$1.20 \times 10^5$	ND	국산
	16	K-김치	$3.05 \times 10^6$	$2.00 \times 10^6$	ND	국산
내수용	17	김치 1	$2.30 \times 10^9$	$1.23 \times 10^{12}$	ND	국산
	18	김치 2	$4.60 \times 10^9$	$4.30 \times 10^{10}$	ND	국산
	19	김치 3	$2.39 \times 10^8$	$3.45 \times 10^8$	$1.10 \times 10^3$	국산
	20	김치 4	$8.80 \times 10^7$	$4.60 \times 10^8$	$5.75 \times 10^5$	국산
	21	김치 5	$9.50 \times 10^7$	$3.80 \times 10^8$	ND	국산
	22	김치 6	$4.70 \times 10^8$	$5.80 \times 10^8$	ND	국산
	23	김치 7	$2.39 \times 10^8$	$3.45 \times 10^8$	$1.10 \times 10^3$	국산
	24	김치 8	$3.35 \times 10^7$	$4.30 \times 10^7$	$2.75 \times 10^3$	국산
	25	김치 9	$2.08 \times 10^8$	$6.35 \times 10^8$	ND <sup>1)</sup>	국산

<sup>1)</sup>Not detected.

[표 2-7] 계속

(단위: CFU/mL)

구분	번호	시료명	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
내수용	26	김치 10	$6.80 \times 10^4$	$2.80 \times 10^4$	$4.20 \times 10^3$	국산
	27	김치 11	$5.80 \times 10^6$	$5.65 \times 10^6$	$1.81 \times 10^6$	국산
	28	김치 12	$4.75 \times 10^8$	$3.65 \times 10^8$	$1.09 \times 10^4$	국산
	29	김치 13	$8.15 \times 10^8$	$9.70 \times 10^8$	ND	국산
	30	김치 14	$3.30 \times 10^4$	$5.55 \times 10^4$	$1.60 \times 10^4$	국산
	31	김치 15	$1.15 \times 10^6$	$3.85 \times 10^3$	ND	국산
	32	김치 16	$4.55 \times 10^8$	$3.65 \times 10^8$	$4.20 \times 10^4$	국산
	33	김치 17	$3.05 \times 10^7$	$2.29 \times 10^7$	$1.35 \times 10^3$	국산
	34	김치 18	$4.95 \times 10^7$	$3.25 \times 10^7$	$2.05 \times 10^3$	국산
	35	김치 19	$5.45 \times 10^8$	$4.65 \times 10^8$	$3.00 \times 10^2$	국산
	36	김치 20	$1.55 \times 10^8$	$3.85 \times 10^8$	ND	국산
	37	김치 21	$4.60 \times 10^6$	$5.25 \times 10^6$	$1.00 \times 10^2$	국산

<sup>1)</sup>Not detected.

수출 및 내수용 김치 원부재료의 미생물학적 특성은 [표 2-8]에 나타내었다. 김치 수출용 원 곰팡이의 경우 대부분이 검출되지 않고  $10^1 \sim 10^4$  수준으로 나타났다. 특히 E-통깨2의 시료에서는 총균수 및 효모 및 곰팡이수 모두 검출되지 않았다. 수출용 고춧가루의 총부재료에서 총균수는 검출되지 않거나  $10^1 \sim 10^8$  CFU/mL 수준으로 확인되었으며 효모 및 균수는  $10^3 \sim 10^8$  CFU/mL, 내수용 고춧가루에서는  $10^4 \sim 10^7$  CFU/mL, 내수용 건고추에서는  $10^2 \sim 10^7$  CFU/mL 수준으로 확인되었으며 다른 수출용 원부재료의 경우  $1.00 \times 10^1 \sim 1.36 \times 10^8$  CFU/mL 범위의 총균수가 검출되었다.

내수용 고춧가루, 건고추, 마늘, 양파 등의 원부재료에서 일반세균수는  $10^2 \sim 10^7$  CFU/mL, 효모 및 곰팡이는 검출되지 않거나  $10^1 \sim 10^6$  수준으로 나타났다. 내수용 김치 원부재료 중 분석이 완료된 고춧가루의 총균수는  $1.15 \times 10^4 \sim 7.15 \times 10^7$  CFU/mL로 나타났으며 건고추는  $5.95 \times 10^2 \sim 1.56 \times 10^7$  CFU/mL 범위에 검출되었다. 생물인 원부재료의 총균수는  $1.95 \times 10^3 \sim 1.36 \times 10^7$  CFU/mL로 검출되었다. 또한 고춧가루의 효모 및 곰팡이수는 검출되지 않거나  $5.00 \times 10^1 \sim 1.60 \times 10^6$  CFU/mL로 확인되었으며, 건고추는 검출되지 않거나 고춧가루에 비해 적게 검출되어  $5.00 \times 10^1 \sim 5.40 \times 10^3$  CFU/mL가 검출되었다. 이러한 결과로 고춧가루의 원재료인 건고추가 여러 가공과정을 통해 고춧가루로 가공 및 제조되면서 상대적으로 미생물 오염에 노출되는 것을 확인할 수 있었다. 다른 원부재료의 효모 및 곰팡이는 검출되지 않거나  $5.00 \times 10^1 \sim 4.90 \times 10^6$  CFU/mL의 범위로 검출되는 것을 확인하였다.

[표 2-8] 김치 원부재료의 미생물학적 특성

(단위: CFU/g)

구분	순번	시료명	일반세균	효모 및 곰팡이	비고
수 출 용	1	A-고춧가루	$1.55 \times 10^8$	ND <sup>1)</sup>	국산(경북 안동)
	2	B-고춧가루1	$7.40 \times 10^5$	$1.20 \times 10^3$	국산(전남 신안)
	3	B-고춧가루2	$2.90 \times 10^7$	$8.55 \times 10^3$	국산
	4	C-고춧가루	$6.25 \times 10^5$	ND	국산
	5	D-고춧가루	$3.60 \times 10^6$	$5.00 \times 10^1$	국산
	6	E-고춧가루1	$2.05 \times 10^6$	ND	중국산
	7	E-고춧가루2	$6.00 \times 10^3$	ND	중국산
	8	F-고춧가루	$1.35 \times 10^5$	ND	중국산
	9	G-고춧가루	$1.25 \times 10^6$	ND	국산
	10	H-고춧가루	$1.55 \times 10^5$	ND	중국산/국산
	11	I-고춧가루	$2.50 \times 10^8$	$3.10 \times 10^3$	중국산
	12	J-고춧가루	$8.55 \times 10^5$	ND	국산
	13	K-고춧가루	$5.35 \times 10^5$	$9.50 \times 10^3$	국산
	14	B-원료배추1	$3.50 \times 10^4$	$1.50 \times 10^2$	국산(전남 해남)
	15	B-원료배추2	$2.03 \times 10^6$	$8.50 \times 10^2$	국산
	16	D-원료배추	$3.42 \times 10^6$	ND	국산
	17	B-양파1	$2.75 \times 10^5$	ND	국산(전남 무안)
	18	B-양파2	$3.40 \times 10^5$	ND	국산
	19	E-양파	$4.10 \times 10^3$	ND	중국산
	20	B-절임배추	$3.85 \times 10^6$	$1.70 \times 10^3$	국산
	21	D-절임배추	$1.07 \times 10^7$	ND	국산
	22	B-무1	$2.30 \times 10^5$	$6.00 \times 10^2$	국산(제주도)
	23	B-무2	$3.40 \times 10^5$	$1.50 \times 10^2$	국산
	24	B-대파	$1.00 \times 10^1$	ND	국산(전남 진도)
	25	E-대파	$2.55 \times 10^4$	ND	중국산
	26	B-쪽파1	$1.00 \times 10^4$	$1.00 \times 10^2$	국산(제주도)
	27	B-쪽파2	$1.36 \times 10^8$	$1.69 \times 10^4$	국산
	28	B-마늘1	$1.65 \times 10^5$	ND	국산(전남 고흥)
	29	B-마늘2	$9.35 \times 10^6$	ND	국산
	30	B-생강1	$6.70 \times 10^7$	ND	국산(충남 서산)
	31	B-생강2	$3.05 \times 10^7$	$2.00 \times 10^2$	국산

<sup>1)</sup>Not Detected.

[표 2-8] 계속

(단위: CFU/g)

구분	순번	시료명	일반세균	효모 및 곰팡이	비고
수출용	32	B-풀	$4.45 \times 10^7$	$2.65 \times 10^3$	국산(충남 서산)
	33	E-당근	$1.45 \times 10^4$	ND	중국산
	34	E-통깨	ND	ND	국산
	35	B-양념	$3.80 \times 10^6$	$2.00 \times 10^2$	국산
내수용	36	고춧가루 1	$1.03 \times 10^7$	$1.19 \times 10^6$	베트남
	37	고춧가루 2	$1.02 \times 10^6$	$1.25 \times 10^4$	중국
	38	고춧가루 3	$2.52 \times 10^6$	$3.10 \times 10^5$	태양초
	39	고춧가루 4	$1.90 \times 10^5$	$3.95 \times 10^4$	청양
	40	고춧가루 5	$1.24 \times 10^6$	ND	국산
	41	고춧가루 6	$4.45 \times 10^6$	ND	국산
	42	고춧가루 7	$3.15 \times 10^6$	ND	국산
	43	고춧가루 8	$2.75 \times 10^6$	$3.80 \times 10^5$	국산
	44	고춧가루 9	$1.11 \times 10^6$	$1.80 \times 10^5$	국산
	45	고춧가루 10	$7.80 \times 10^4$	$6.55 \times 10^3$	국산
	46	고춧가루 11	$7.15 \times 10^7$	$5.00 \times 10^1$	국산
	47	고춧가루 12	$7.35 \times 10^4$	ND	국산
	48	고춧가루 13	$1.35 \times 10^7$	$2.50 \times 10^2$	중국산:국산(50:50)
	49	고춧가루 14	$4.95 \times 10^6$	ND	중국산
	50	고춧가루 15	$6.15 \times 10^6$	$6.05 \times 10^5$	국산
	51	고춧가루 16	$7.75 \times 10^6$	$8.85 \times 10^5$	국산
	52	고춧가루 17	$1.33 \times 10^7$	$1.29 \times 10^6$	국산
	53	고춧가루 18	$9.05 \times 10^5$	$7.20 \times 10^4$	국산
	54	고춧가루 19	$3.15 \times 10^6$	$2.85 \times 10^5$	국산
	55	고춧가루 20	$7.65 \times 10^6$	$4.10 \times 10^5$	국산
	56	고춧가루 21	$1.22 \times 10^6$	$5.00 \times 10^1$	국산
	57	고춧가루 22	$7.00 \times 10^6$	$1.53 \times 10^6$	중국산
	58	고춧가루 23	$5.35 \times 10^6$	$6.75 \times 10^5$	중국산
	59	고춧가루 24	$1.15 \times 10^4$	$1.10 \times 10^3$	국산
	60	고춧가루 25	$2.25 \times 10^6$	$8.05 \times 10^5$	베트남
	61	고춧가루 26	$3.00 \times 10^6$	ND <sup>1)</sup>	중국산
	62	고춧가루 27	$1.23 \times 10^6$	$5.00 \times 10^1$	중국:베트남

<sup>1)</sup>Not Detected.

[표 2-8] 계속

(단위: CFU/g)

구분	번호	시료명	일반세균	효모 및 곰팡이	비고
내수용	63	고춧가루 28	$7.80 \times 10^4$	$3.50 \times 10^2$	중국:베트남
	64	고춧가루 29	$1.57 \times 10^5$	$5.50 \times 10^4$	중국
	65	고춧가루 30	$1.12 \times 10^7$	$1.60 \times 10^6$	국산
	66	고춧가루 31	$7.10 \times 10^6$	$1.33 \times 10^6$	국산
	67	고춧가루 32	$1.62 \times 10^6$	$2.15 \times 10^5$	국산
	68	고춧가루 33	$7.45 \times 10^4$	$5.95 \times 10^3$	국산
	69	고춧가루 34	$3.55 \times 10^5$	$2.30 \times 10^5$	베트남산
	70	고춧가루 35	$4.75 \times 10^6$	$1.33 \times 10^6$	중국산
	71	고춧가루 36	$3.45 \times 10^6$	$1.33 \times 10^6$	중국산
	72	고춧가루 37	$6.10 \times 10^5$	$5.00 \times 10^1$	국산
	73	고춧가루 38	$1.67 \times 10^6$	ND	중국산
	74	고춧가루 39	$2.55 \times 10^7$	$5.00 \times 10^1$	국산
	75	고춧가루 40	$4.50 \times 10^7$	ND	중국산
	76	고춧가루 41	$1.06 \times 10^6$	ND	국산
	77	고춧가루 42	$1.12 \times 10^6$	ND	국산
	78	고춧가루 43	$5.55 \times 10^6$	$5.00 \times 10^1$	국산
	79	고춧가루 44	$6.10 \times 10^6$	ND	국산
	80	고춧가루 45	$6.40 \times 10^7$	$1.33 \times 10^6$	국산
	81	고춧가루 46	$4.05 \times 10^5$	ND	국산
	82	고춧가루 47	$2.95 \times 10^5$	$5.50 \times 10^2$	국산
	83	고춧가루 48	$1.65 \times 10^5$	ND	국산
	84	고춧가루 49	$5.15 \times 10^6$	ND	국산
	85	고춧가루 50	$4.95 \times 10^6$	ND	국산
	86	고춧가루 51	$1.61 \times 10^6$	$1.85 \times 10^4$	국산
	87	고춧가루 52	$1.14 \times 10^6$	$2.90 \times 10^3$	국산
	88	고춧가루 53	$3.70 \times 10^6$	$1.40 \times 10^4$	국산
	89	고춧가루 54	$6.55 \times 10^6$	$4.05 \times 10^5$	국산
	90	고춧가루 55	$3.25 \times 10^7$	$2.80 \times 10^4$	국산
	91	고춧가루 56	$1.48 \times 10^5$	$2.05 \times 10^4$	국산
	92	고춧가루 57	$8.55 \times 10^6$	$1.10 \times 10^4$	국산
	93	고춧가루 58	$6.60 \times 10^4$	$1.20 \times 10^5$	국산

<sup>1)</sup>Not Detected.

[표 2-8] 계속

(단위: CFU/g)

구분	번호	시료명	일반세균	효모 및 곰팡이	비고
내수용	94	고춧가루 59	4.75×10 <sup>5</sup>	2.20×10 <sup>4</sup>	국산
	95	고춧가루 60	1.60×10 <sup>5</sup>	9.50×10 <sup>3</sup>	국산
	96	고춧가루 61	8.50×10 <sup>5</sup>	1.55×10 <sup>5</sup>	국산
	97	고춧가루 62	3.90×10 <sup>6</sup>	2.85×10 <sup>5</sup>	국산
	98	고춧가루 63	5.60×10 <sup>6</sup>	3.00×10 <sup>4</sup>	국산
	99	고춧가루 64	9.15×10 <sup>6</sup>	1.19×10 <sup>6</sup>	국산
	100	고춧가루 65	3.30×10 <sup>5</sup>	9.70×10 <sup>4</sup>	국산
	101	고춧가루 66	4.65×10 <sup>5</sup>	9.00×10 <sup>3</sup>	국산
	102	고춧가루 67	3.95×10 <sup>7</sup>	5.60×10 <sup>6</sup>	국산
	103	건고추 1	2.00×10 <sup>3</sup>	ND <sup>1)</sup>	국산
	104	건고추 2	2.40×10 <sup>4</sup>	ND	중국산
	105	건고추 3	2.00×10 <sup>3</sup>	ND	중국산
	106	건고추 4	2.00×10 <sup>4</sup>	ND	국산
	107	건고추 5	5.50×10 <sup>3</sup>	ND	국산
	108	건고추 6	1.50×10 <sup>3</sup>	ND	국산
	109	건고추 7	7.50×10 <sup>3</sup>	ND	국산
	110	건고추 8	6.00×10 <sup>3</sup>	5.00×10 <sup>1</sup>	국산
	111	건고추 9	7.95×10 <sup>4</sup>	ND	국산
	112	건고추 10	9.10×10 <sup>3</sup>	ND	베트남
	113	건고추 11	2.15×10 <sup>6</sup>	5.40×10 <sup>3</sup>	중국
	114	건고추 12	1.07×10 <sup>5</sup>	1.00×10 <sup>2</sup>	베트남
	115	건고추 13	1.45×10 <sup>3</sup>	ND	국산
	116	건고추 14	5.95×10 <sup>2</sup>	ND	국산
	117	건고추 15	3.45×10 <sup>4</sup>	ND	국산
118	건고추 16	2.95×10 <sup>3</sup>	5.00×10 <sup>1</sup>	국산	
119	건고추 17	4.30×10 <sup>3</sup>	ND	국산	
120	건고추 18	2.90×10 <sup>3</sup>	ND	국산	
121	건고추 19	4.65×10 <sup>6</sup>	2.05×10 <sup>3</sup>	국산	
122	건고추 20	2.35×10 <sup>4</sup>	1.95×10 <sup>3</sup>	국산	
123	건고추 21	3.05×10 <sup>3</sup>	5.00×10 <sup>1</sup>	국산	
124	건고추 22	5.00×10 <sup>4</sup>	5.00×10 <sup>1</sup>	국산	

<sup>1)</sup>Not Detected.

[표 2-8] 계속

(단위: CFU/g)

구분	번호	시료명	일반세균	효모 및 곰팡이	비고
내수용	125	건고추 23	$1.56 \times 10^7$	$5.00 \times 10^1$	국산
	126	건고추 24	$4.25 \times 10^4$	ND <sup>1)</sup>	중국산
	127	건고추 25	$3.10 \times 10^4$	$5.00 \times 10^1$	국산
	128	건고추 26	$6.70 \times 10^7$	$7.55 \times 10^5$	국산
	129	건고추 27	$5.60 \times 10^3$	$1.65 \times 10^3$	국산
	130	건고추 28	$7.10 \times 10^6$	$1.65 \times 10^6$	국산
	131	건고추 29	$3.95 \times 10^4$	$1.12 \times 10^4$	국산
	132	건고추 30	$2.80 \times 10^6$	$1.37 \times 10^6$	국산
	133	건고추 31	$2.25 \times 10^4$	$1.03 \times 10^4$	국산
	134	건고추 32	$1.47 \times 10^4$	$4.30 \times 10^3$	국산
	135	건고추 33	$9.85 \times 10^4$	$1.08 \times 10^4$	국산
	136	건고추 34	$1.01 \times 10^4$	$4.55 \times 10^3$	국산
	137	건고추 35	$2.50 \times 10^3$	$2.10 \times 10^3$	국산
	138	건고추 36	$8.05 \times 10^3$	$1.95 \times 10^3$	국산
	139	당근 1	$8.05 \times 10^4$	ND	국산(제주)
	140	당근 2	$1.43 \times 10^6$	ND	중국산
	141	당근 3	$7.60 \times 10^5$	$1.37 \times 10^5$	국산
	142	당근 4	$6.40 \times 10^6$	$4.90 \times 10^6$	국산
	143	당근 5	$1.93 \times 10^5$	$1.26 \times 10^5$	국산
	144	마늘 1	$1.36 \times 10^7$	ND	국산(창영)
	145	마늘 2	$4.55 \times 10^4$	ND	중국산
	146	마늘 3	$5.50 \times 10^6$	ND	국산
	147	마늘 4	$4.20 \times 10^3$	$3.05 \times 10^3$	국산
	148	양파 1	$1.52 \times 10^4$	$5.00 \times 10^1$	국산
	149	양파 2	$1.72 \times 10^5$	$7.90 \times 10^4$	국산
	150	양파 3	$1.95 \times 10^3$	$3.00 \times 10^2$	국산
	151	양파 4	$2.08 \times 10^4$	$1.00 \times 10^2$	국산
	152	대파 1	$8.05 \times 10^4$	$5.00 \times 10^1$	국산
	153	대파 2	$4.05 \times 10^4$	ND	국산
	154	대파 3	$1.47 \times 10^4$	$6.10 \times 10^3$	국산
	155	무 1	$2.00 \times 10^5$	$2.90 \times 10^3$	국산(제주)

<sup>1)</sup>Not Detected.

[표 2-8] 계속

(단위: CFU/g)

구분	번호	시료명	일반세균	효모 및 곰팡이	비고
내수용	156	무 2	6.75×10 <sup>5</sup>	4.20×10 <sup>5</sup>	국산
	157	무 3	7.55×10 <sup>4</sup>	ND	국산
	158	생강 1	5.30×10 <sup>6</sup>	2.50×10 <sup>2</sup>	중국산
	159	생강 2	6.65×10 <sup>6</sup>	4.10×10 <sup>3</sup>	국산
	160	김치양념 1	1.99×10 <sup>6</sup>	7.70×10 <sup>5</sup>	국산
	161	김치양념 2	4.10×10 <sup>5</sup>	ND	국산
	162	쪽파 1	4.75×10 <sup>4</sup>	1.35×10 <sup>3</sup>	국산
	163	배추	1.14×10 <sup>7</sup>	ND	국산(강원도)

<sup>1)</sup>Not Detected.

라. 김치 원부재료의 아플라톡신 오염 현황

아플라톡신 오염 현황을 파악하기 위해 김치업체에서 사용하는 수출용 고춧가루 13종, 기타 원부재료 22종과 국내 시판중인 고춧가루 67종, 건고추 36종 및 기타원부재료 25종 총 163종의 김치 원부재료에 대하여 아플라톡신 함량을 분석하여 [표 2-9]에 나타내었다. 원부재료 중 총 아플라톡신 함량을 분석한 결과 92개 원부재료에서 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 검출되었으나 대부분이 검출한계 이하이었으며, 3종이 정량한계 이하로 나타나 아플라톡신의 오염에 대하여 김치의 원부재료는 안전한 것으로 나타났다.

[표 2-9] 김치 제조용 원부재료의 아플라톡신 오염도

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
수출용	1	A-고춧가루	<LOD <sup>2)</sup>	ND <sup>3)</sup>	ND	ND	<LOD	국산(경북 안동)
	2	B-고춧가루1	ND	ND	ND	ND	ND	국산(전남 신안)
	3	B-고춧가루2	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	4	C-고춧가루	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	5	D-고춧가루	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	6	E-고춧가루1	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국산
	7	E-고춧가루2	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국산
	8	F-고춧가루	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국산

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.13, AFB2=0.10, AFG1=0.19, AFG2=0.07, <sup>3)</sup> ND: not detected.

[표 2-9] 계속

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
수출용	9	G-고춧가루	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	국산
	10	H-고춧가루	<LOD <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	<LOD	중국산/국산
	11	I-고춧가루	<LOQ <sup>4)</sup>	ND	ND	ND	<LOQ	중국산
	12	J-고춧가루	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	13	K-고춧가루	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	14	B-원료배추1	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산(전남 해남)
	15	B-원료배추2	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	16	D-원료배추	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	17	B-양파1	ND	ND	ND	ND	ND	국산(전남 무안)
	18	B-양파2	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	19	E-양파2	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국산
	20	B-절임배추2	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	21	D-절임배추	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	22	B-무1	ND	ND	ND	ND	ND	국산(제주도)
	23	B-무2	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	24	B-대파1	ND	ND	ND	ND	ND	국산(전남 진도)
	25	E-대파2	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국산
	26	B-쪽파1	ND	ND	ND	ND	ND	국산(제주도)
	27	B-쪽파2	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	28	B-마늘1	ND	ND	ND	ND	ND	국산(전남 고흥)
	29	B-마늘2	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	30	B-생강1	ND	ND	ND	ND	ND	국산(충남 서산)
	31	B-생강2	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	32	B-풀	ND	ND	ND	ND	ND	국산(충남 서산)
	33	E-당근	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국산
	34	E-통깨	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	35	B-양념	ND	ND	ND	ND	ND	국산

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected, <sup>3)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.13, AFB2=0.10, AFG1=0.19, AFG2=0.07, <sup>4)</sup>LOQ(ng/mL): limit of quantitation. AFB1=0.40, AFB2=0.31, AFG1=0.59, AFG2=0.23.

[표 2-9] 계속

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
국내 유통 제품	36	고춧가루 1	<LOD <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	<LOD	베트남
	37	고춧가루 2	ND <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	ND	중국
	38	고춧가루 3	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	태양초
	39	고춧가루 4	ND	ND	ND	ND	ND	청양
	40	고춧가루 5	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	41	고춧가루 6	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	42	고춧가루 7	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	43	고춧가루 8	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	44	고춧가루 9	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	45	고춧가루 10	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	46	고춧가루 11	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	47	고춧가루 12	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	48	고춧가루 13	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국산:국산 (50:50)
	49	고춧가루 14	ND	ND	ND	ND	N.D	중국산
	50	고춧가루 15	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	51	고춧가루 16	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	52	고춧가루 17	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	53	고춧가루 18	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	54	고춧가루 19	ND	ND	ND	ND	N.D	국산
	55	고춧가루 20	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	56	고춧가루 21	<LOD	ND	<LOD	ND	<LOD	국산
	57	고춧가루 22	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국산
	58	고춧가루 23	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국산
	59	고춧가루 24	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	60	고춧가루 25	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	베트남
	61	고춧가루 26	ND	ND	ND	ND	ND	중국산
	62	고춧가루 27	ND	ND	ND	ND	ND	중국:베트남
	63	고춧가루 28	ND	ND	ND	ND	ND	중국:베트남
	64	고춧가루 29	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국
	65	고춧가루 30	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.13, AFB2=0.10, AFG1=0.19, AFG2=0.07, <sup>3)</sup>ND: not detected.

[표 2-9] 계속

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
국내 유통 제품	66	고춧가루 31	<LOQ <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	<LOQ	국산
	67	고춧가루 32	<LOD <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	<LOD	국산
	68	고춧가루 33	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	69	고춧가루 34	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	베트남산
	70	고춧가루 35	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국산
	71	고춧가루 36	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국산
	72	고춧가루 37	ND <sup>4)</sup>	ND	ND	ND	ND	국산
	73	고춧가루 38	ND	ND	ND	ND	ND	중국산
	74	고춧가루 39	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	75	고춧가루 40	ND	ND	ND	ND	ND	중국산
	76	고춧가루 41	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	77	고춧가루 42	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	78	고춧가루 43	<LOD	ND	<LOD	ND	<LOD	국산
	79	고춧가루 44	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	80	고춧가루 45	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	81	고춧가루 46	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	82	고춧가루 47	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	83	고춧가루 48	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	84	고춧가루 49	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	85	고춧가루 50	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	86	고춧가루 51	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	87	고춧가루 52	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	88	고춧가루 53	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	89	고춧가루 54	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
90	고춧가루 55	<LOQ	ND	ND	ND	<LOQ	국산	
91	고춧가루 56	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산	
92	고춧가루 57	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산	
93	고춧가루 58	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
94	고춧가루 59	ND	ND	ND	ND	ND	국산	

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>LOQ(ng/mL): limit of quantitation. AFB1=0.40, AFB2=0.31, AFG1=0.59, AFG2=0.23, <sup>3)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.13, AFB2=0.10, AFG1=0.19, AFG2=0.07, <sup>4)</sup>ND: not detected.

[표 2-9] 계속

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
국내 유통 제품	95	고춧가루 60	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	국산
	96	고춧가루 61	<LOD <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	<LOD	국산
	97	고춧가루 62	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	98	고춧가루 63	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	99	고춧가루 64	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	100	고춧가루 65	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	101	고춧가루 66	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	102	고춧가루 67	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	103	건고추 1	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	104	건고추 2	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국산
	105	건고추 3	ND	ND	ND	ND	ND	중국산
	106	건고추 4	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	107	건고추 5	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	108	건고추 6	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	109	건고추 7	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	110	건고추 8	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	111	건고추 9	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	112	건고추 10	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	베트남
	113	건고추 11	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국
	114	건고추 12	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	베트남
	115	건고추 13	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	116	건고추 14	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
117	건고추 15	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산	
118	건고추 16	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산	
119	건고추 17	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산	
120	건고추 18	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산	
121	건고추 19	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산	
122	건고추 20	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산	

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected, <sup>3)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.13, AFB2=0.10, AFG1=0.19, AFG2=0.07.

[표 2-9] 계속

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
국내 유통 제품	123	건고추 21	<LOD <sup>2)</sup>	ND <sup>3)</sup>	ND	ND	<LOD	국산
	124	건고추 22	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	125	건고추 23	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	126	건고추 24	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	중국산
	127	건고추 25	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	128	건고추 26	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	129	건고추 27	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	130	건고추 28	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	131	건고추 29	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	132	건고추 30	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	133	건고추 31	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	134	건고추 32	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	135	건고추 33	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	136	건고추 34	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	137	건고추 35	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	138	건고추 36	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	139	당근 1	ND	ND	ND	ND	ND	국산(제주)
	140	당근 2	ND	ND	ND	ND	ND	중국산
	141	당근 3	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	142	당근 4	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	143	당근 5	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	144	마늘 1	ND	ND	ND	ND	ND	국산(창영)
	145	마늘 2	ND	ND	ND	ND	ND	중국산
	146	마늘 3	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	147	마늘 4	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	148	양파 1	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	149	양파 2	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	150	양파 3	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	151	양파 4	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산

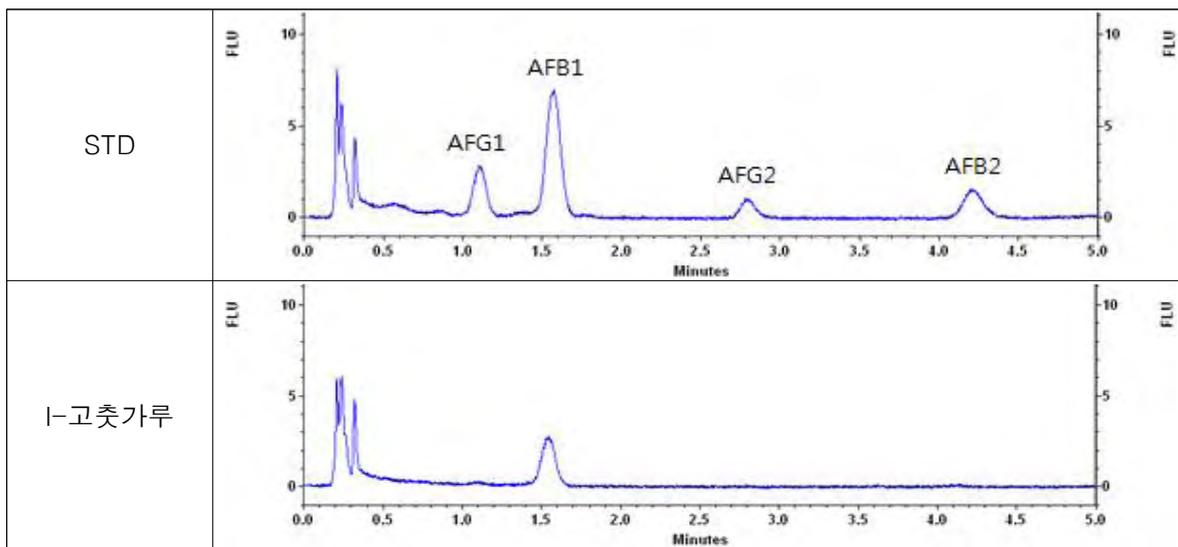
<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.13, AFB2=0.10, AFG1=0.19, AFG2=0.07, <sup>3)</sup>ND: not detected.

[표 2-9] 계속

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
국내 유통 제품	152	대파 1	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	국산
	153	대파 2	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	154	대파 3	<LOD <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	<LOD	국산
	155	무 1	ND	ND	ND	ND	ND	국산(제주)
	156	무 2	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	157	무 3	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	158	생강 1	ND	ND	ND	ND	ND	중국산
	159	생강 2	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	160	김치양념1	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	161	김치양념2	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	162	쪽파	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	163	원료배추	ND	ND	ND	ND	ND	국산

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected, <sup>3)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.13, AFB2=0.10, AFG1=0.19, AFG2=0.07.



[그림 2-2] 고춧가루 중 아플라톡신 B<sub>1</sub> 검출 (Aflatoxin mixture; 0.3-1.0 ng/mL).

고춧가루 중 아플라톡신이 검출된 시료에서 아플라톡신 생성균을 측정된 결과, 곰팡이와 유사한 colony는 확인되었으나 아플라톡신 생산하는 것으로 알려진 *Aspergillus*속의 2개의 진균류(*Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*)는 검출되지 않았다.

마. 김치 제품의 아플라톡신 오염 현황

김치 제품의 아플라톡신 오염 현황을 확인하기 위하여 수출용 김치 16종, 국내 시판 김치 21종의 아플라톡신 함량을 분석하여 [표 2-10]에 나타내었다. 26개 김치에서 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 검출되었으나 검출한계 이하로 나타났으며, 공인분석기관에 의뢰한 수출용 김치 10종에 대한 총 아플라톡신 분석 결과도 모두 불검출로 본 연구 결과와 동일하였다. 모니터링 결과 수출용 김치뿐만 아니라 시판 중인 김치 제품에도 아플라톡신 오염은 거의 없는 것으로 확인되었다. 그러나 김치의 아플라톡신 오염원이 될 수 있는 고춧가루 제품에서 아플라톡신이 검출되고 있어 지속적인 모니터링이 필요한 상황인 것으로 판단된다.

[표 2-10] 김치 제품의 아플라톡신 오염도

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB <sub>1</sub> <sup>1)</sup>	AFB <sub>2</sub>	AFG <sub>1</sub>	AFG <sub>2</sub>	TAFs	비고
수출용	1	A-김치	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	국산
	2	B-김치1	<LOD <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	<LOD	국산
	3	B-김치2	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	4	B-김치3	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	5	B-김치4	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	6	B-김치5	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	7	C-김치	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	8	D-김치	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	9	E-김치1	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	10	E-김치2	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	11	F-김치	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	12	G-김치	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	13	H-김치	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	14	I-김치	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	15	J-김치	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	16	K-김치	ND	ND	ND	ND	ND	국산
내수용	17	김치 1	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	18	김치 2	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	19	김치 3	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	20	김치 4	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	21	김치 5	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산

<sup>1)</sup>AFB<sub>1</sub>: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB<sub>2</sub>: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG<sub>1</sub>: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG<sub>2</sub>: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected, <sup>3)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB<sub>1</sub>=0.13, AFB<sub>2</sub>=0.10, AFG<sub>1</sub>=0.19, AFG<sub>2</sub>=0.07.

[표 2-10] 계속

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
내 수 용	22	김치 6	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	국산
	23	김치 7	<LOD <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	<LOD	국산
	24	김치 8	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	25	김치 9	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	26	김치 10	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	27	김치 11	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	28	김치 12	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	29	김치 13	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	30	김치 14	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	31	김치 15	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	32	김치 16	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	33	김치 17	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	34	김치 18	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	35	김치 19	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	36	김치 20	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	37	김치 21	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected, <sup>3)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.13, AFB2=0.10, AFG1=0.19, AFG2=0.07.

바. 계절별 생산 김치 원부재료 중 아플라톡신 함량 분석

(1) 계절별 생산 김치 원부재료의 품질 특성

계절별 김치 원부재료의 아플라톡신 함량 분석을 위해 수집된 시료의 품질 특성 분석 결과는 [표 2-11]과 같다. 수집된 김치 원부재료는 총 195종으로 절임배추 22종, 고춧가루 124종, 무 8종, 마늘 6종, 건고추 14종, 생강 9종, 양파 4종, 원료배추 2종, 대파 2종, 콩가루 2종, 쪽파 1종, 당근 1종이었다.

절임배추의 수분함량은 89.6~94.7%로 측정되었으며, 원료배추의 수분함량은 93.9~95.4%로 절임배추보다 높게 나타났다. 고춧가루의 수분함량은 10.6~28.4%로 나타났으며, 건고추의 경우 10.5~28.7%로 유사하게 확인되었다. 가을에 수집한 건고추와 겨울에 수집한 고춧가루의 수분함량이 평균 24.2%로 동일하게 나타났으며, 봄에 수집한 건고추 및 고춧가루의 평균 수분함량은 각각 17.8% 및 18.4%로 낮게 나타나 저장 중 수분이 손실된 것으로 생각된다. 그 밖에 다른 원부재료인 무, 마늘, 양파, 대파, 당근, 쪽파, 생강 등의 수분함량은 60.2~94.3%로 확인되었다.

계절별 김치 원부재료의 미생물학적 특성을 파악하기 위하여 일반세균수, 젖산균, 효모 및

곰팡이수를 측정하여 [표 2-11]에 나타내었다. 가을 김치 원재료인 절임배추에서 확인된 일반세균수는  $10^4 \sim 10^8$  CFU/g, 젖산균수는  $10^2 \sim 10^8$  CFU/g, 효모 및 곰팡이의 경우  $10^1 \sim 10^3$  CFU/g로 나타났다. 생강, 건고추, 무 등의 부재료에서의 일반세균수는 검출되지 않거나  $10^3 \sim 10^8$  CFU/g, 젖산균수와 효모 및 곰팡이의 경우 검출되지 않거나 각각  $10^2 \sim 10^6$ ,  $10^3 \sim 10^6$  CFU/g 수준으로 검출되었다. 겨울 김치 원재료인 절임배추에서 일반세균수는  $10^5 \sim 10^7$  CFU/g, 젖산균은 검출되지 않거나  $10^1 \sim 10^7$  CFU/g, 효모 및 곰팡이의 경우도 검출되지 않거나  $10^1 \sim 10^2$  CFU/g 수준을 나타내었다. 겨울 부재료에서 일반세균수는 검출되지 않거나  $10^4 \sim 10^7$  CFU/g로 젖산균수와 효모 및 곰팡이의 경우 검출되지 않거나 각각  $10^2 \sim 10^8$ ,  $10^1 \sim 10^3$  CFU/g 수준으로 검출되었다. 봄 김치의 경우 절임배추에서 일반세균수는  $10^6$  CFU/g, 고춧가루에서는  $10^4 \sim 10^8$  CFU/g, 건고추, 생강 등 기타 부재료에서는 검출되지 않거나  $10^3 \sim 10^7$  CFU/g로 나타났다. 부재료에서의 젖산균수는 고춧가루에서 대부분 검출되지 않았으나 일부 고춧가루에서  $10^4 \sim 10^7$  CFU/g로 확인되었으며 마늘, 생강 등의 부재료에서도 검출되지 않거나  $10^4 \sim 10^7$  CFU/g 수준을 나타내었다. 효모 및 곰팡이의 경우 봄 고춧가루에서 검출되지 않거나  $10^1 \sim 10^4$  CFU/g로 나타났으며, 기타 부재료에서는 검출되지 않거나  $10^1 \sim 10^2$  CFU/g 수준을 나타내었다.

고춧가루의 일반세균수는  $1.90 \times 10^4 \sim 1.28 \times 10^8$  CFU/g 범위로 나타났으며, 젖산균수는 검출되지 않거나  $5.00 \times 10^2 \sim 4.00 \times 10^7$  CFU/g의 수준으로 검출되었다. 또한 효모 및 곰팡이 수도 불검출되거나  $1.00 \times 10^1 \sim 4.75 \times 10^4$  CFU/g 수준으로 검출되었다. 건고추의 일반세균수는  $2.00 \times 10^3 \sim 8.75 \times 10^6$  CFU/g으로 나타났으며, 젖산균수는 대부분 불검출 되었으나 건고추 5와, 건고추 12에서  $1.00 \times 10^4$  CFU/g가 검출되었다. 효모 및 곰팡이도 대부분 검출되지 않았으나 건고추 4와 건고추 12에서만 각각  $1.00 \times 10^4$  CFU/g,  $1.50 \times 10^2$  CFU/g가 검출되었다. 생강의 경우 일반세균이  $2.76 \times 10^6 \sim 3.52 \times 10^8$  CFU/mL가 나타났으며, 젖산균은 일부 생강에서 불검출되거나  $7.85 \times 10^4 \sim 2.00 \times 10^6$  CFU/mL가 나타났다. 효모 및 곰팡이수는  $3.50 \times 10^1 \sim 5.15 \times 10^4$  CFU/g의 범위에서 검출되었으나 생강 8에서는 검출되지 않았다. 다른 원부재료의 미생물학적 특성은 일반세균수가 일부 시료에서 검출되지 않거나  $1.20 \times 10^4 \sim 9.65 \times 10^7$  CFU/g의 수준으로 나타났으며, 특히 마늘 5에서는 가장 많은 일반세균수가 검출되었다. 젖산균수와 효모 및 곰팡이도 일부 시료에서 불검출 되었고, 젖산균수는  $3.05 \times 10^3 \sim 1.33 \times 10^8$  CFU/g수준으로, 효모 및 곰팡이수는  $2.00 \times 10^1 \sim 3.50 \times 10^3$  CFU/g 수준으로 검출되었다.

[표 2-11] 계절별 김치 원부재료의 품질 특성

(단위: %, CFU/g)

구분	번호	시료명	수분	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
가 을	1	절임배추1	91.96±0.45 <sup>1)</sup>	1.68×10 <sup>5</sup>	1.96×10 <sup>5</sup>	4.50×10 <sup>1</sup>	국산
	2	절임배추2	94.74±2.07	5.00×10 <sup>5</sup>	6.90×10 <sup>4</sup>	4.00×10 <sup>1</sup>	국산
	3	절임배추3	92.65±0.16	2.90×10 <sup>4</sup>	4.95×10 <sup>3</sup>	1.50×10 <sup>1</sup>	국산
	4	절임배추4	92.81±0.19	2.02×10 <sup>5</sup>	3.55×10 <sup>3</sup>	1.30×10 <sup>3</sup>	국산
	5	절임배추5	93.24±0.16	1.91×10 <sup>5</sup>	3.85×10 <sup>4</sup>	8.00×10 <sup>1</sup>	국산
	6	절임배추6	92.55±0.01	4.59×10 <sup>6</sup>	3.82×10 <sup>7</sup>	2.00×10 <sup>1</sup>	국산
	7	절임배추7	93.46±0.21	1.57×10 <sup>8</sup>	1.58×10 <sup>8</sup>	5.50×10 <sup>1</sup>	국산
	8	절임배추8	94.36±0.16	2.14×10 <sup>6</sup>	1.11×10 <sup>5</sup>	5.00×10 <sup>1</sup>	국산
	9	절임배추9	92.17±0.26	1.65×10 <sup>6</sup>	1.45×10 <sup>5</sup>	2.30×10 <sup>3</sup>	국산
	10	절임배추10	93.69±0.13	1.30×10 <sup>5</sup>	1.58×10 <sup>2</sup>	2.05×10 <sup>2</sup>	국산
	11	절임배추11	93.87±0.22	4.58×10 <sup>5</sup>	5.80×10 <sup>6</sup>	4.95×10 <sup>2</sup>	국산/가을
	12	생강1	87.12±1.36	6.47×10 <sup>6</sup>	ND <sup>2)</sup>	6.50×10 <sup>3</sup>	전북(봉동)
	13	생강2	88.25±0.48	5.02×10 <sup>6</sup>	ND	1.75×10 <sup>4</sup>	전북(봉동)
	14	생강3	91.65±0.56	5.74×10 <sup>6</sup>	3.45×10 <sup>6</sup>	3.90×10 <sup>4</sup>	중국
	15	생강4	87.11±1.03	6.92×10 <sup>6</sup>	4.60×10 <sup>5</sup>	5.85×10 <sup>3</sup>	전북(봉동)
	16	생강5	87.89±0.74	3.01×10 <sup>6</sup>	4.25×10 <sup>5</sup>	8.50×10 <sup>3</sup>	전북(봉동)
	17	생강6	88.68±1.01	3.01×10 <sup>6</sup>	2.00×10 <sup>6</sup>	8.50×10 <sup>3</sup>	국산
	18	생강7	91.28±2.91	3.52×10 <sup>8</sup>	7.85×10 <sup>4</sup>	5.15×10 <sup>4</sup>	국산
	19	건고추1	24.88±1.28	7.60×10 <sup>3</sup>	ND	ND	국산(순창)
	20	건고추2	28.25±4.31	1.15×10 <sup>5</sup>	ND	ND	국산(순창)
	21	건고추3	24.63±0.67	2.80×10 <sup>3</sup>	ND	ND	중국
	22	건고추4	28.66±0.33	2.15×10 <sup>3</sup>	ND	1.00×10 <sup>4</sup>	무안
	23	건고추5	17.43±3.22 <sup>1)</sup>	2.00×10 <sup>3</sup>	1.00×10 <sup>4</sup>	ND <sup>2)</sup>	국산
	24	건고추6	21.40±1.90	2.40×10 <sup>4</sup>	ND	ND	국산
	25	건고추7	18.39±1.25	3.25×10 <sup>6</sup>	ND	7.00×10 <sup>1</sup>	베트남
	26	무1	94.28±1.72	4.00×10 <sup>5</sup>	ND	ND	국산(강원도)
	27	무2	94.00±0.03	5.95×10 <sup>5</sup>	6.95×10 <sup>5</sup>	3.50×10 <sup>2</sup>	국산
	28	무3	93.00±0.20	7.50×10 <sup>4</sup>	7.50×10 <sup>4</sup>	1.00×10 <sup>2</sup>	국산(횡성)
	29	무4	94.06±1.03	4.95×10 <sup>5</sup>	5.45×10 <sup>4</sup>	3.50×10 <sup>3</sup>	국산
	30	마늘1	69.51±0.39	1.20×10 <sup>4</sup>	4.10×10 <sup>3</sup>	2.00×10 <sup>2</sup>	국산
	31	마늘2	69.79±0.75	1.68×10 <sup>6</sup>	5.15×10 <sup>6</sup>	ND	국산(영천)
	32	마늘3	64.78±0.06	ND	ND	ND	국산(의성)
	33	마늘4	60.20±0.47	1.30×10 <sup>4</sup>	5.50×10 <sup>3</sup>	ND	국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3), <sup>2)</sup>Not detected.

[표 2-11] 계속

(단위: %, CFU/g)

구분	번호	시료명	수분	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
가 을	34	양파1	94.38±2.99	3.10×10 <sup>4</sup>	ND	1.30×10 <sup>4</sup>	국산(무안)
	35	양파2	90.93±0.96	ND	ND	1.00×10 <sup>2</sup>	국산(밀양)
	36	양파3	90.93±0.96	3.30×10 <sup>4</sup>	4.00×10 <sup>4</sup>	4.00×10 <sup>2</sup>	국산
	37	원료배추1	95.38±0.32	1.13×10 <sup>6</sup>	1.50×10 <sup>5</sup>	2.00×10 <sup>2</sup>	국산
	38	원료배추2	93.92±0.06	2.85×10 <sup>6</sup>	1.38×10 <sup>5</sup>	9.00×10 <sup>2</sup>	국산
	39	대파1	91.95±0.39	7.00×10 <sup>2</sup>	3.00×10 <sup>2</sup>	ND	국산(김해)
	40	당근1	89.88±0.38	1.65×10 <sup>5</sup>	5.00×10 <sup>4</sup>	ND	국산(밀양)
	41	고춧가루1	17.14±0.02	1.09×10 <sup>6</sup>	ND	ND	베트남
	42	고춧가루2	15.36±0.05	1.30×10 <sup>7</sup>	ND	ND	중국
	43	고춧가루3	12.76±0.65	4.90×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
	44	고춧가루4	15.93±0.69	7.40×10 <sup>6</sup>	ND	5.00×10 <sup>1</sup>	국산:중국산=50:50
	45	고춧가루5	14.84±0.38	1.35×10 <sup>7</sup>	ND	1.00×10 <sup>2</sup>	중국
	46	고춧가루6	19.57±0.59	3.55×10 <sup>8</sup>	ND	6.00×10 <sup>1</sup>	국산
	47	고춧가루7	16.43±0.02	6.50×10 <sup>8</sup>	ND	7.00×10 <sup>1</sup>	국산
	48	고춧가루8	14.57±0.27	2.80×10 <sup>8</sup>	ND	ND	국산
	49	고춧가루9	14.19±0.01	7.95×10 <sup>6</sup>	ND	1.80×10 <sup>3</sup>	국산
	50	고춧가루10	16.79±0.68	8.80×10 <sup>4</sup>	ND	1.00×10 <sup>2</sup>	국산
	51	고춧가루11	14.09±0.86	7.00×10 <sup>7</sup>	ND	1.00×10 <sup>1</sup>	국산
	52	고춧가루12	17.13±0.54	1.19×10 <sup>7</sup>	ND	2.40×10 <sup>3</sup>	국산
	53	고춧가루13	14.62±0.51	7.90×10 <sup>6</sup>	ND	1.30×10 <sup>3</sup>	국산
	54	고춧가루14	16.01±0.04	6.00×10 <sup>3</sup>	ND	ND	국산
	55	고춧가루15	15.90±0.09	7.95×10 <sup>5</sup>	ND	1.25×10 <sup>2</sup>	국산
	56	고춧가루16	15.50±0.33	1.03×10 <sup>6</sup>	ND	1.10×10 <sup>2</sup>	국산
	57	고춧가루17	12.55±0.89	5.65×10 <sup>6</sup>	2.20×10 <sup>5</sup>	7.05×10 <sup>4</sup>	국산
	58	고춧가루18	13.07±0.27	8.35×10 <sup>6</sup>	ND <sup>1)</sup>	ND	국산
	59	고춧가루19	15.50±1.36	4.30×10 <sup>5</sup>	ND	4.50×10 <sup>2</sup>	국산
60	고춧가루20	13.85±0.38	9.15×10 <sup>7</sup>	5.00×10 <sup>2</sup>	1.05×10 <sup>2</sup>	국산	
61	고춧가루21	13.20±0.14	6.15×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산	
62	고춧가루22	18.15±2.01	2.80×10 <sup>6</sup>	ND	2.00×10 <sup>1</sup>	국산	
63	고춧가루23	15.37±1.75	3.90×10 <sup>6</sup>	ND	1.00×10 <sup>1</sup>	국산	
64	고춧가루24	13.43±0.15	4.20×10 <sup>7</sup>	ND	1.00×10 <sup>2</sup>	국산	
65	고춧가루25	11.13±0.44	2.85×10 <sup>7</sup>	ND	2.00×10 <sup>1</sup>	국산	
66	고춧가루26	15.87±0.76	6.50×10 <sup>5</sup>	ND	3.65×10 <sup>3</sup>	국산	

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3), <sup>2)</sup>Not detected.

[표 2-11] 계속

(단위: CFU/g)

구분	번호	시료명	수분	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
가을	67	고춧가루27	13.49±0.08	1.30×10 <sup>7</sup>	ND	1.15×10 <sup>2</sup>	국산
	68	고춧가루28	14.88±0.24	4.30×10 <sup>6</sup>	ND	8.50×10 <sup>1</sup>	국산
	69	고춧가루29	14.32±0.29	6.05×10 <sup>6</sup>	ND	2.00×10 <sup>2</sup>	국산
	70	고춧가루30	13.82±0.33	6.20×10 <sup>6</sup>	ND	1.27×10 <sup>4</sup>	국산
	71	고춧가루31	16.32±0.19	7.90×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
	72	고춧가루32	16.83±0.60	4.55×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
	73	고춧가루33	11.99±0.47	6.35×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
	74	고춧가루34	15.16±0.04	3.25×10 <sup>5</sup>	ND	ND	국산
	75	고춧가루35	17.98±0.55	2.31×10 <sup>6</sup>	ND	3.00×10 <sup>1</sup>	국산
	76	고춧가루36	15.65±0.63	2.24×10 <sup>7</sup>	ND	ND	국산
겨울	77	고춧가루37	25.23±0.95	4.60×10 <sup>4</sup>	5.00×10 <sup>2</sup>	2.50×10 <sup>1</sup>	국산(고창)
	78	고춧가루38	26.46±1.75	4.70×10 <sup>7</sup>	ND	ND	국산(제천)
	79	고춧가루39	26.49±0.13	1.43×10 <sup>7</sup>	ND	ND	국산(영광)
	80	고춧가루40	18.05±0.77	9.90×10 <sup>7</sup>	ND	ND	국산(영양)
	81	고춧가루41	23.65±3.09	6.95×10 <sup>6</sup>	5.40×10 <sup>6</sup>	ND	국산(영주)
	82	고춧가루42	26.70±2.76	8.30×10 <sup>7</sup>	ND	2.20×10 <sup>3</sup>	국산(익산)
	83	고춧가루43	12.07±0.25	1.90×10 <sup>4</sup>	ND	5.45×10 <sup>2</sup>	인도
	84	고춧가루44	28.44±0.27	5.60×10 <sup>6</sup>	3.10×10 <sup>5</sup>	5.30×10 <sup>3</sup>	국산(정읍)
	85	고춧가루45	28.34±0.59	1.01×10 <sup>7</sup>	1.06×10 <sup>6</sup>	6.00×10 <sup>1</sup>	국산
	86	고춧가루46	26.13±0.67	7.25×10 <sup>6</sup>	4.55×10 <sup>5</sup>	4.50×10 <sup>1</sup>	국산(고창)
	87	고춧가루47	24.80±0.38	1.24×10 <sup>6</sup>	3.35×10 <sup>5</sup>	8.50×10 <sup>1</sup>	국산(영광)
	88	절임배추12	92.46±0.43	5.95×10 <sup>5</sup>	3.90×10 <sup>5</sup>	2.85×10 <sup>2</sup>	국산
	89	절임배추13	93.08±0.22	3.50×10 <sup>5</sup>	ND	ND	국산
	90	절임배추14	92.43±0.03	2.32×10 <sup>5</sup>	6.00×10 <sup>2</sup>	ND	국산
	91	절임배추15	91.34±0.09 <sup>1)</sup>	1.03×10 <sup>7</sup>	4.35×10 <sup>6</sup>	ND <sup>2)</sup>	국산
	92	절임배추16	92.46±0.60	2.80×10 <sup>5</sup>	3.20×10 <sup>4</sup>	ND	국산
	93	절임배추17	89.65±0.47	1.74×10 <sup>6</sup>	7.00×10 <sup>1</sup>	ND	국산
	94	절임배추18	92.12±0.08	2.12×10 <sup>7</sup>	3.80×10 <sup>7</sup>	ND	국산
	95	절임배추19	90.66±0.29	3.00×10 <sup>5</sup>	1.50×10 <sup>4</sup>	1.00×10 <sup>1</sup>	국산
	96	절임배추20	93.26±0.30	5.10×10 <sup>5</sup>	N.D	ND	국산
	97	절임배추21	92.23±0.08	2.35×10 <sup>6</sup>	2.70×10 <sup>6</sup>	ND	국산
	98	무 5	ND	ND	ND	ND	국산
	99	무 6	ND	ND	ND	ND	국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3), <sup>2)</sup>Not detected.

[표 2-11] 계속

(단위: CFU/g)

구분	번호	시료명	수분함량	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
겨울	100	대파2	86.66±0.66	9.95×10 <sup>4</sup>	N.D	1.00×10 <sup>2</sup>	국산(밀양)
	101	양파4	91.96±0.29	2.54×10 <sup>4</sup>	3.05×10 <sup>3</sup>	ND	국산(밀양)
	102	마늘5	90.48±1.87	9.65×10 <sup>7</sup>	1.33×10 <sup>8</sup>	ND	국산(영천)
	103	고춧가루48	12.71±0.23	6.30×10 <sup>7</sup>	ND	3.85×10 <sup>2</sup>	국산
	104	고춧가루49	11.42±0.28	2.55×10 <sup>6</sup>	ND	3.00×10 <sup>1</sup>	국산
	105	고춧가루50	11.55±0.42	8.50×10 <sup>6</sup>	ND	3.30×10 <sup>2</sup>	국산
	106	고춧가루51	11.67±0.44	1.28×10 <sup>6</sup>	ND	5.00×10 <sup>1</sup>	국산
	107	고춧가루52	10.98±0.38	4.45×10 <sup>6</sup>	ND	6.40×10 <sup>2</sup>	국산
	108	고춧가루53	11.50±0.24	4.35×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
	109	고춧가루54	9.75±0.70	1.54×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
	110	고춧가루55	11.92±0.01	4.75×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
봄	111	고춧가루56	17.45±1.36	7.40×10 <sup>6</sup>	ND	1.20×10 <sup>3</sup>	국산
	112	고춧가루57	15.68±0.21	7.60×10 <sup>7</sup>	4.00×10 <sup>7</sup>	2.50×10 <sup>1</sup>	중국산:베트남산 =50:50
	113	고춧가루58	19.14±0.03	8.75×10 <sup>7</sup>	3.45×10 <sup>7</sup>	1.00×10 <sup>1</sup>	중국산
	114	고춧가루59	21.50±0.44	2.95×10 <sup>6</sup>	2.40×10 <sup>5</sup>	1.00×10 <sup>1</sup>	중국산
	115	고춧가루60	17.87±0.31	7.60×10 <sup>6</sup>	4.80×10 <sup>6</sup>	7.50×10 <sup>1</sup>	베트남산
	116	고춧가루61	10.62±0.08	2.90×10 <sup>5</sup>	2.15×10 <sup>4</sup>	ND	중국산
	117	고춧가루62	17.28±0.02	4.15×10 <sup>6</sup>	6.30×10 <sup>6</sup>	2.50×10 <sup>1</sup>	국산:중국산
	118	고춧가루63	13.10±1.09	2.11×10 <sup>6</sup>	9.60×10 <sup>5</sup>	ND	중국산
	119	고춧가루64	18.97±0.51	1.79×10 <sup>7</sup>	1.72×10 <sup>7</sup>	3.05×10 <sup>3</sup>	국산
	120	고춧가루65	14.50±1.19	6.40×10 <sup>7</sup>	N.D	5.95×10 <sup>3</sup>	국산
	121	고춧가루66	17.45±0.88	4.85×10 <sup>6</sup>	N.D	3.30×10 <sup>3</sup>	국산
	122	고춧가루67	19.66±3.01	1.56×10 <sup>8</sup>	N.D	ND	국산
	123	고춧가루68	16.87±0.05	3.40×10 <sup>4</sup>	N.D	1.00×10 <sup>1</sup>	국산
	124	고춧가루69	22.47±2.43	4.75×10 <sup>4</sup>	N.D	1.00×10 <sup>1</sup>	국산
	125	고춧가루70	20.20±1.27	5.35×10 <sup>4</sup>	N.D	1.95×10 <sup>3</sup>	국산
	126	고춧가루71	16.74±1.19	5.85×10 <sup>7</sup>	N.D	4.65×10 <sup>3</sup>	국산
	127	고춧가루72	17.03±0.42	7.30×10 <sup>7</sup>	N.D	9.00×10 <sup>1</sup>	국산
	128	고춧가루73	17.60±1.18	9.20×10 <sup>6</sup>	N.D	ND	국산
	129	고춧가루74	18.75±0.52	1.09×10 <sup>8</sup>	8.05×10 <sup>6</sup>	1.25×10 <sup>3</sup>	국산
130	고춧가루75	21.65±1.44	5.25×10 <sup>6</sup>	N.D	3.50×10 <sup>1</sup>	국산	

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3), <sup>2)</sup>Not detected.

[표 2-11] 계속

(단위: %, CFU/g)

구분	번호	시료명	수분	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
봄	131	고춧가루76	15.38±0.58 <sup>1)</sup>	4.05×10 <sup>5</sup>	ND <sup>2)</sup>	1.00×10 <sup>1</sup>	국산
	132	고춧가루77	16.13±1.09	8.50×10 <sup>4</sup>	ND	ND	국산
	133	고춧가루78	19.37±0.22	8.30×10 <sup>6</sup>	ND	2.50×10 <sup>2</sup>	국산
	134	고춧가루79	20.87±0.45	8.50×10 <sup>7</sup>	4.20×10 <sup>4</sup>	2.00×10 <sup>2</sup>	국산
	135	고춧가루80	18.23±0.25	1.27×10 <sup>7</sup>	ND	7.00×10 <sup>1</sup>	국산
	136	고춧가루81	18.93±1.15	1.33×10 <sup>6</sup>	ND	1.00×10 <sup>1</sup>	국산
	137	고춧가루82	9.78±0.17	6.25×10 <sup>4</sup>	ND	ND	국산
	138	고춧가루83	21.03±0.37	9.15×10 <sup>6</sup>	ND	3.50×10 <sup>1</sup>	국산
	139	고춧가루84	20.42±2.44	6.25×10 <sup>6</sup>	ND	8.50×10 <sup>1</sup>	국산
	140	고춧가루85	21.55±0.47	1.10×10 <sup>7</sup>	ND	1.50×10 <sup>1</sup>	국산
	141	고춧가루86	19.51±0.09	5.20×10 <sup>7</sup>	ND	ND	국산
	142	고춧가루87	17.18±1.09	2.14×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
	143	고춧가루88	17.86±1.41	1.28×10 <sup>8</sup>	ND	1.77×10 <sup>4</sup>	국산
	144	고춧가루89	14.17±1.13	2.67×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
	145	고춧가루90	19.53±0.22	9.25×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
	146	고춧가루91	20.16±0.45	6.35×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
	147	고춧가루92	20.31±1.79	1.88×10 <sup>7</sup>	ND	1.05×10 <sup>2</sup>	국산
	148	고춧가루93	21.17±0.63	8.05×10 <sup>6</sup>	ND	3.50×10 <sup>1</sup>	국산
	149	고춧가루94	21.83±0.55	9.45×10 <sup>6</sup>	ND	3.05×10 <sup>2</sup>	국산
	150	고춧가루95	19.21±0.74	4.65×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
	151	고춧가루96	20.99±0.90	6.45×10 <sup>6</sup>	ND	2.50×10 <sup>1</sup>	국산
	152	고춧가루97	8.46±0.55	2.70×10 <sup>4</sup>	ND	ND	국산
	153	고춧가루98	19.51±0.93	1.35×10 <sup>7</sup>	ND	1.00×10 <sup>1</sup>	국산
	154	고춧가루99	20.99±0.07	1.88×10 <sup>7</sup>	ND	4.75×10 <sup>4</sup>	중국산:국산=1:1
	155	고춧가루100	17.26±0.26	3.45×10 <sup>5</sup>	ND	1.50×10 <sup>2</sup>	국산
	156	고춧가루101	19.51±0.09	9.40×10 <sup>6</sup>	ND	3.45×10 <sup>3</sup>	국산
157	고춧가루102	17.31±0.99	1.24×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산	
158	고춧가루103	17.86±1.41	3.95×10 <sup>7</sup>	ND	1.35×10 <sup>3</sup>	국산	
159	고춧가루104	14.17±1.13	1.47×10 <sup>6</sup>	ND	3.00×10 <sup>4</sup>	국산	
160	고춧가루105	19.53±0.22	8.55×10 <sup>6</sup>	ND	2.00×10 <sup>2</sup>	국산	
161	고춧가루106	20.16±0.45	2.95×10 <sup>6</sup>	ND	1.00×10 <sup>2</sup>	국산	

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3), <sup>2)</sup>Not detected.

[표 2-11] 계속

(단위: %, CFU/g)

구분	번호	시료명	수분함량	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
봄	162	고춧가루107	20.31±1.79 <sup>1)</sup>	7.80×10 <sup>6</sup>	ND <sup>2)</sup>	ND	국산
	163	고춧가루108	21.17±0.63	8.00×10 <sup>6</sup>	ND	1.05×10 <sup>3</sup>	국산
	164	고춧가루109	21.83±0.55	1.19×10 <sup>7</sup>	ND	2.20×10 <sup>3</sup>	국산
	165	고춧가루110	19.21±0.74	5.40×10 <sup>5</sup>	ND	2.50×10 <sup>2</sup>	국산
	166	고춧가루111	20.99±0.90	1.79×10 <sup>7</sup>	ND	1.50×10 <sup>2</sup>	국산
	167	고춧가루112	21.23±1.52	7.80×10 <sup>4</sup>	ND	1.50×10 <sup>2</sup>	국산/봄
	168	건고추8	11.18±0.87	6.55×10 <sup>4</sup>	ND	ND	태국
	169	건고추9	10.48±0.18	9.20×10 <sup>4</sup>	ND	ND	태국
	170	건고추10	21.87±0.71	5.05×10 <sup>6</sup>	ND	ND	베트남
	171	건고추11	18.21±1.45	8.75×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
	172	건고추12	21.48±0.18	5.55×10 <sup>3</sup>	ND	ND	국산
	173	건고추13	23.81±0.40	4.35×10 <sup>4</sup>	1.00×10 <sup>4</sup>	1.50×10 <sup>2</sup>	국산
	174	생강8	90.81±0.35	2.76×10 <sup>6</sup>	7.85×10 <sup>4</sup>	ND	국산(봉동)
	175	생강9	87.52±0.85	6.65×10 <sup>7</sup>	9.25×10 <sup>5</sup>	3.50×10 <sup>1</sup>	국산
	176	절임배추22	93.50±0.88	5.70×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
	177	무7	ND	ND	ND	ND	국산
	178	무8	ND	ND	ND	ND	국산
	179	마늘6	64.55±0.81	5.05×10 <sup>7</sup>	1.35×10 <sup>7</sup>	2.00×10 <sup>1</sup>	국산
	180	쪽파1	86.94±0.26	6.35×10 <sup>3</sup>	ND	5.50×10 <sup>1</sup>	국산
	여름	181	콩가루1	17.54±0.04	4.80×10 <sup>6</sup>	ND <sup>1)</sup>	1.50×10 <sup>1</sup>
182		콩가루2	16.14±0.15	4.00×10 <sup>6</sup>	ND	4.00×10 <sup>1</sup>	중국산
183		고춧가루113	6.99±0.14	6.69×10 <sup>6</sup>	ND	1.50×10 <sup>1</sup>	국산
184		고춧가루114	7.80±0.21	1.68×10 <sup>8</sup>	ND	2.00×10 <sup>2</sup>	국산
185		고춧가루115	17.15±0.24	2.30×10 <sup>7</sup>	ND	9.00×10 <sup>1</sup>	중국:국산=5:5
186		고춧가루116	14.08±0.47	8.25×10 <sup>6</sup>	ND	1.00×10 <sup>1</sup>	중국
187		고춧가루117	18.95±1.05	3.55×10 <sup>6</sup>	ND	1.50×10 <sup>1</sup>	중국
188		고춧가루118	13.29±0.06	4.65×10 <sup>6</sup>	ND	1.00×10 <sup>1</sup>	베트남
189		고춧가루119	17.42±0.33	2.75×10 <sup>6</sup>	ND	3.00×10 <sup>1</sup>	국산
190		고춧가루120	19.56±0.47	6.20×10 <sup>6</sup>	ND	ND	국산
191		고춧가루121	18.28±0.30	2.80×10 <sup>5</sup>	ND	ND	중국
192		고춧가루122	17.30±0.44	2.19×10 <sup>6</sup>	ND	ND	중국
193		고춧가루123	17.59±0.18	1.86×10 <sup>7</sup>	ND	ND	중국
194		고춧가루124	16.14±0.23	1.78×10 <sup>7</sup>	ND	1.00×10 <sup>2</sup>	국산
195		건고추14	8.62±0.02	5.90×10 <sup>7</sup>	ND	2.50×10 <sup>3</sup>	베트남

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3), <sup>2)</sup>Not detected.

(2) 계절별 생산 김치 원부재료의 아플라톡신 오염 현황

계절별 김치 원부재료의 아플라톡신 오염 현황을 파악하기 위하여 시판되는 고춧가루, 절임 배추 등 김치 원부재료에 대하여 아플라톡신 함량을 분석하여 [표 2-12]에 나타내었다. 김치의 원부재료 중 총 아플라톡신 함량을 분석한 결과 총 195종 원부재료 중 에서 32종(전체의 16.4%)의 원부재료에서 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 검출되었으며, 27종이 건고추 및 고춧가루에서 검출되었다. 검출된 원부재료 중 고춧가루 16종에서 0.09 ~ 2.56 µg/kg 농도로 오염된 것으로 나타났다. 모두 식품공전 기준(장류 및 고춧가루 및 카레분, 아플라톡신 B<sub>1</sub> 10 µg/kg 이하) 이하로 확인되었다. 이를 제외한 다른 원부재료에서는 검출한계 이하로 확인되어, 아플라톡신의 오염에 대하여 김치의 원부재료는 안전한 것으로 나타났다.

[표 2-12] 계절별 김치 원부재료 중 아플라톡신 오염도

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
가 을	1	절임배추1	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	국산
	2	절임배추2	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	3	절임배추3	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	4	절임배추4	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	5	절임배추5	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	6	절임배추6	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	7	절임배추7	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	8	절임배추8	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	9	절임배추9	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	10	절임배추10	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	11	절임배추11	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	12	생강1	ND	ND	ND	ND	ND	전북(봉동)
	13	생강2	<LOD <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	<LOD	전북(봉동)
	14	생강3	ND	ND	ND	ND	ND	중국
	15	생강4	ND	ND	ND	ND	ND	전북(봉동)
	16	생강5	ND	ND	ND	ND	ND	전북(봉동)
	17	생강6	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	18	생강7	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	19	건고추1	ND	ND	ND	ND	ND	국산(순창)
	20	건고추2	ND	ND	ND	ND	ND	국산(순창)

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected, <sup>3)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.04, AFB2=0.06, AFG1=0.27, AFG2=0.08.

[표 2-12] 계절별 김치 원부재료 중 아플라톡신 오염도

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
가 을	21	건고추3	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	중국
	22	건고추4	ND	ND	ND	ND	ND	무안
	23	건고추5	<LOD <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	<LOD	국산
	24	건고추6	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	25	건고추7	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	26	무1	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산(강원도)
	27	무2	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	28	무3	ND	ND	ND	ND	ND	국산(횡성)
	29	무4	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	30	마늘1	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	31	마늘2	ND	ND	ND	ND	ND	국산(영천)
	32	마늘3	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산(의성)
	33	마늘4	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	34	양파1	ND	ND	ND	ND	ND	국산(무안)
	35	양파2	ND	ND	ND	ND	ND	국산(밀양)
	36	양파3	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	37	원료배추1	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	38	원료배추2	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	39	대파1	ND	ND	ND	ND	ND	국산(김해)
	40	당근1	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산(밀양)
	41	고춧가루1	ND	ND	ND	ND	ND	베트남
	42	고춧가루2	ND	ND	ND	ND	ND	중국
	43	고춧가루3	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	44	고춧가루4	ND	ND	ND	ND	ND	국산:중국산=50:50
	45	고춧가루5	ND	ND	ND	ND	ND	중국
	46	고춧가루6	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	47	고춧가루7	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	48	고춧가루8	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	49	고춧가루9	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	50	고춧가루10	ND	ND	ND	ND	ND	국산

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected, <sup>3)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.04, AFB2=0.06, AFG1=0.27, AFG2=0.08.

[표 2-12] 계속

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
가을	51	고춧가루11	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	국산
	52	고춧가루12	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	53	고춧가루13	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	54	고춧가루14	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	55	고춧가루15	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	56	고춧가루16	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	57	고춧가루17	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	58	고춧가루18	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	59	고춧가루19	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	60	고춧가루20	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	61	고춧가루21	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	62	고춧가루22	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	63	고춧가루23	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	64	고춧가루24	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	65	고춧가루25	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	66	고춧가루26	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	67	고춧가루27	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	68	고춧가루28	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	69	고춧가루29	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	70	고춧가루30	ND	ND	ND	ND	ND	국산
71	고춧가루31	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
72	고춧가루32	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
73	고춧가루33	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
74	고춧가루34	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
75	고춧가루35	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
76	고춧가루36	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
겨울	77	고춧가루37	0.22	ND	ND	ND	0.22	국산(고창)
	78	고춧가루38	<LOD <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	<LOD	국산(제천)
	79	고춧가루39	1.02	ND	ND	ND	1.02	국산(영광)
	80	고춧가루40	0.84	ND	ND	ND	0.84	국산(영양)
	81	고춧가루41	0.16	ND	ND	ND	0.16	국산(영주)

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected, <sup>3)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.04, AFB2=0.06, AFG1=0.27, AFG2=0.08.

[표 2-12] 계속

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
겨울	82	고춧가루42	0.74	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	0.74	국산(익산)
	83	고춧가루43	ND	ND	ND	ND	ND	인도산
	84	고춧가루44	<LOD <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	<LOD	국산(정읍)
	85	고춧가루45	0.11	ND	ND	ND	0.11	국산
	86	고춧가루46	0.24	ND	ND	ND	0.24	국산(고창)
	87	고춧가루47	ND	ND	ND	ND	ND	국산(영광)
	88	절임배추12	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	89	절임배추13	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	90	절임배추14	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	91	절임배추15	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	92	절임배추16	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	93	절임배추17	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	94	절임배추18	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	95	절임배추19	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	96	절임배추20	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	97	절임배추21	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	98	무5	ND	ND	ND	ND	ND	제주
	99	무6	ND	ND	ND	ND	ND	국산(정읍)
	100	대파2	ND	ND	ND	ND	ND	국산(밀양)
	101	양파4	ND	ND	ND	ND	ND	국산(밀양)
	102	마늘5	ND	ND	ND	ND	ND	국산(영천)
	103	고춧가루48	ND	ND	ND	ND	ND	국산
104	고춧가루49	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
105	고춧가루50	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
106	고춧가루51	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
107	고춧가루52	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
108	고춧가루53	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
109	고춧가루54	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
110	고춧가루55	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
111	고춧가루56	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
봄	112	고춧가루57	0.13	ND	ND	ND	0.13	중국산:베트남산=50:50

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected

\*LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.04, AFB2=0.06, AFG1=0.27, AFG2=0.08.

[표 2-12] 계속

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
분	113	고춧가루58	<LOD <sup>2)</sup>	ND <sup>3)</sup>	ND	ND	<LOD	중국산
	114	고춧가루59	ND	ND	ND	ND	ND	중국산
	115	고춧가루60	ND	ND	ND	ND	ND	베트남산
	116	고춧가루61	ND	ND	ND	ND	ND	중국산
	117	고춧가루62	ND	ND	ND	ND	ND	국내산:중국산=3:7
	118	고춧가루63	ND	ND	ND	ND	ND	중국산
	119	고춧가루64	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	120	고춧가루65	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	121	고춧가루66	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	122	고춧가루67	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	123	고춧가루68	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	124	고춧가루69	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	125	고춧가루70	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	126	고춧가루71	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	127	고춧가루72	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	128	고춧가루73	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	129	고춧가루74	0.23	ND	ND	ND	0.23	국산
	130	고춧가루75	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	131	고춧가루76	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	132	고춧가루77	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	133	고춧가루78	2.56	ND	ND	ND	2.56	국산
	134	고춧가루79	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	135	고춧가루80	0.09	ND	ND	ND	0.09	국산
	136	고춧가루81	0.43	ND	ND	ND	0.43	국산
137	고춧가루82	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	국산	
138	고춧가루83	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
139	고춧가루84	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
140	고춧가루85	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
141	고춧가루86	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
142	고춧가루87	ND	ND	ND	ND	ND	국산	

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins,

<sup>2)</sup>\*LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.04, AFB2=0.06, AFG1=0.27, AFG2=0.08, <sup>3)</sup>ND: not detected.

[표 2-12] 계속

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
분	143	고춧가루88	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	국산
	144	고춧가루89	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	145	고춧가루90	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	146	고춧가루91	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	147	고춧가루92	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	148	고춧가루93	<LOD <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	<LOD	국산
	149	고춧가루94	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	150	고춧가루95	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	151	고춧가루96	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	152	고춧가루97	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	153	고춧가루98	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	154	고춧가루99	ND	ND	ND	ND	ND	중국산:국산
	155	고춧가루100	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	156	고춧가루101	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	157	고춧가루102	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	158	고춧가루103	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	159	고춧가루104	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	160	고춧가루105	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	161	고춧가루106	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	162	고춧가루107	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	163	고춧가루108	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	164	고춧가루109	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	165	고춧가루110	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	166	고춧가루111	ND	ND	ND	ND	ND	국산
167	고춧가루112	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산	
168	건고추8	ND	ND	ND	ND	ND	태국	
169	건고추9	ND	ND	ND	ND	ND	태국	
170	건고추10	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	베트남	
171	건고추11	ND	ND	ND	ND	ND	국산	
172	건고추12	ND	ND	ND	ND	ND	국산	

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected, <sup>3)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.04, AFB2=0.06, AFG1=0.27, AFG2=0.08.

[표 2-12] 계속

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
본	173	건고추13	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	국산
	174	생강8	ND	ND	ND	ND	ND	국산(봉동)
	175	생강9	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	176	절임배추22	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	177	무7	ND	ND	ND	ND	ND	국산(제주)
	178	무8	ND	ND	ND	ND	ND	국산(제주)
	179	마늘6	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	180	쪽파1	ND	ND	ND	ND	ND	국산
여름	181	콩가루1	ND	ND	ND	ND	ND	중국산
	182	콩가루2	ND	ND	ND	ND	ND	중국산
	183	고춧가루113	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	184	고춧가루114	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	185	고춧가루115	0.46	ND	ND	ND	0.46	중국:국산=5:5
	186	고춧가루116	0.68	ND	ND	ND	0.68	중국
	187	고춧가루117	ND	ND	ND	ND	ND	중국
	188	고춧가루118	ND	ND	ND	ND	ND	베트남
	189	고춧가루119	0.47	ND	ND	ND	0.47	국산
	190	고춧가루120	0.49	ND	ND	ND	0.49	국산
	191	고춧가루121	ND	ND	ND	ND	ND	중국
	192	고춧가루122	ND	ND	ND	ND	ND	중국
	193	고춧가루123	ND	ND	ND	ND	ND	중국
	194	고춧가루124	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	195	건고추14	ND	ND	ND	ND	ND	베트남

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected.

사. 계절별 생산 김치 제품 중 아플라톡신 함량 분석

(1) 계절별 김치 제품의 품질 특성

계절별 김치 제품의 이화학적 품질 특성을 파악하기 위하여 pH, 산도, 염도, 수분 함량을 분석하여 [표 2-13]에 나타내었다. 수집된 가을 김치의 수분함량(%)은 85.9~91.4% 정도였으며 pH는 3.81~6.06, 산도(%)는 0.22~1.32, 염도(%)는 0.94~2.57로 나타났다. 겨울 김치의 수분함량(%)은 86.2~96.9% 정도였으며 pH는 3.56~6.10, 산도(%)는 0.24~1.10, 염도(%)는 1.33~2.30

로 확인되었다. 봄 김치의 경우 수분함량(%)은 85.0~91.1% 정도였으며 pH는 3.72~5.81, 산도(%)는 0.26~2.41, 염도(%)는 1.23~2.75로 나타났다. 계절별 김치 제품의 미생물학적 특성을 살펴보면 김치 제품에서 일반세균수가  $8.45 \times 10^4 \sim 5.07 \times 10^{13}$  CFU/g 수준으로 나타났고, 특히 김치 17~김치 22는 맛김치 형태로 제조된 것으로 다른 김치제품에 비해 높은 일반세균수를 나타내  $1.34 \times 10^{13} \sim 5.07 \times 10^{13}$  CFU/g 수준의 일반세균수가 검출되는 것을 확인할 수 있었다. 젖산균수는  $3.70 \times 10^4 \sim 4.46 \times 10^{13}$  CFU/g로 검출되어 김치 제품의 숙성정도에 따라 젖산균수가 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다. 젖산균수도 일반세균수와 같은 양상을 나타내 맛김치 형태인 김치 17~22에서 많은 젖산균수가 검출되었다. 효모 및 곰팡이의 경우 일부 김치 제품에서는 검출되지 않았으나 적숙기인 김치에서는  $1.00 \times 10^1 \sim 7.00 \times 10^6$  CFU/g의 범위에 검출되었으며, 묵은지에서는 검출되지 않거나  $8.95 \times 10^3 \sim 2.72 \times 10^7$  CFU/g가 검출되었다.

[표 2-13] 계절별 김치 제품의 이화학적 특성

구분	번호	시료명	수분(%)	pH	산도(%)	염도(%)	비고
가 을	1	김치 1	89.85±0.04 <sup>1)</sup>	4.55±1.10	1.10±0.01	1.47±0.24	국산
	2	김치 2	90.90±0.66	3.89±0.03	1.01±0.03	1.13±0.07	국산
	3	김치 3	89.74±0.51	3.81±0.05	1.32±0.02	1.17±0.00	국산
	4	김치 4	87.24±0.47	4.70±0.00	0.48±0.00	1.21±0.07	국산
	5	김치 5	89.02±0.04	3.90±0.03	1.05±0.00	1.29±0.00	국산
	6	김치 6	91.43±0.11	3.94±0.00	0.99±0.00	0.94±0.00	국산
	7	김치 7	87.71±0.21	4.05±0.04	1.06±0.02	1.09±0.07	국산
	8	김치 8	88.56±0.24	4.20±0.03	0.73±0.00	1.13±0.07	국산
	9	김치 9	87.36±0.08	4.12±0.03	1.32±0.01	1.17±0.00	국산
	10	김치 10	89.45±0.01	3.94±0.03	1.11±0.00	1.17±0.00	국산
	11	김치 11	88.01±0.71	5.49±0.03	1.22±0.88	1.48±0.24	국산
	12	김치 12	89.95±0.38	3.83±0.01	0.40±0.01	1.31±0.15	국산
	13	김치 13	90.08±0.13	3.83±0.01	0.39±0.00	1.46±0.00	국산
	14	김치 14	89.84±0.99	4.12±0.01	0.22±0.00	1.34±0.23	국산
	15	김치 15	88.68±0.40	4.08±0.01	0.36±0.00	1.38±0.08	국산
	16	김치 16	89.04±0.26	4.20±0.03	0.61±0.00	0.97±0.06	국산
	17	김치 17	87.59±0.04	4.16±0.00	0.97±0.00	1.37±0.07	국산
	18	김치 18	88.76±1.57	4.11±0.00	0.96±0.01	1.25±0.07	국산
	19	김치 19	88.89±0.28	4.17±0.00	0.84±0.01	1.01±0.07	국산
	20	김치 20	90.72±0.51	4.82±0.03	0.38±0.01	1.01±0.07	국산
	21	김치 21	88.01±0.71	4.05±0.03	0.91±0.00	1.17±0.00	국산
	22	김치 22	90.37±0.42	5.35±0.03	0.42±0.03	1.76±0.00	국산
	23	김치 23	89.05±0.58	4.95±0.00	0.90±0.02	1.87±0.12	국산
	24	김치 24	85.99±1.57	4.15±0.00	0.94±0.00	2.54±0.00	국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

[표 2-13] 계속

구분	번호	시료명	수분(%)	pH	산도(%)	염도(%)	비고
가 을	25	김치 25	88.23±0.69	5.99±0.03	0.39±0.02	2.30±0.07	국산
	26	김치 26	87.55±0.07	6.06±0.01	0.54±0.02	2.57±0.12	국산
	27	김치 27	88.53±1.47	5.59±0.01	0.99±0.01	1.64±0.12	국산
	28	김치 28	87.53±0.59	5.67±0.01	0.93±0.01	1.99±0.00	국산
	29	김치 29	88.34±0.33	5.49±0.69	0.21±0.00	2.10±0.02	국산
	30	김치 30	85.59±0.18	5.83±0.01	0.25±0.01	1.65±0.10	국산
	31	김치 31	88.65±0.12	5.33±0.01	0.32±0.01	1.58±0.00	국산
	32	김치 32	86.83±0.04	5.38±0.04	0.67±0.02	1.74±0.06	국산
	33	김치 33	86.59±0.25	5.75±0.01	0.28±0.00	2.29±0.07	국산
	34	김치 34	89.76±0.09	4.66±0.47	0.68±0.00	1.51±0.00	국산
	35	김치 35	90.48±0.05	4.08±0.06	1.39±0.01	1.32±0.00	국산
	36	김치 36	88.10±0.85	4.41±0.16	0.84±0.01	1.67±0.00	국산
겨 울	37	김치 37	89.83±0.13	5.60±0.00	0.30±0.01	1.76±0.00	국산
	38	김치 38	87.58±0.16	5.64±0.05	0.31±0.00	1.95±0.07	국산
	39	김치 39	88.87±0.05	5.80±0.03	0.24±0.01	1.87±0.00	국산
	40	김치 40	89.74±0.19 <sup>1)</sup>	5.76±0.03	0.24±0.00	1.52±0.00	국산
	41	김치 41	88.59±0.13	5.75±0.03	0.24±0.00	1.72±0.07	국산
	42	김치 42	88.04±0.15	5.87±0.03	0.28±0.00	1.60±0.07	국산
	43	김치 43	89.73±0.16	6.10±0.03	0.24±0.01	1.64±0.00	국산
	44	김치 44	89.88±0.22	5.98±0.03	0.26±0.00	1.64±0.12	국산
	45	김치 45	88.13±0.21	5.86±0.00	0.30±0.01	1.83±0.07	국산
	46	김치 46	88.63±0.33	5.87±0.06	0.25±0.00	2.11±0.12	국산
	47	김치 47	88.09±0.37	4.52±0.03	0.95±0.02	1.40±0.12	국산
	48	김치 48	87.51±2.35	4.42±0.00	0.91±0.02	1.44±0.07	국산
	49	김치 49	88.02±0.03	4.24±0.03	1.10±0.02	1.33±0.07	국산
	50	김치 50	86.25±3.34	4.77±0.03	0.88±0.00	2.30±0.07	국산
	51	김치 51	96.98±0.01	3.56±0.00	0.55±0.00	1.44±0.14	국산
	52	김치 52	85.48±0.28	6.15±0.03	0.26±0.00	1.81±0.03	국산
봄	53	김치 53	90.32±0.76	5.70±0.00	0.26±0.01	1.60±0.07	국산
	54	김치 54	89.15±0.70	5.66±0.04	0.31±0.01	2.03±0.07	국산
	55	김치 55	85.00±0.69	5.74±0.00	0.38±0.01	2.41±0.00	국산
	56	김치 56	88.13±0.21	4.48±0.04	0.75±0.01	2.12±0.07	국산
	57	김치 57	88.81±1.99	5.75±0.00	0.39±0.01	1.52±0.00	국산
	58	김치 58	86.90±0.39	5.10±0.00	0.48±0.00	2.07±0.07	국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

[표 2-13] 계속

구분	번호	시료명	수분(%)	pH	산도(%)	염도(%)	비고
봄	59	김치 59	89.16±0.11	5.64±0.04	0.35±0.00	1.56±0.07	국산
	60	김치 60	88.96±0.52	5.15±0.79	0.33±0.00	1.56±0.07	국산
	61	김치 61	88.70±0.53	4.96±0.02	0.68±0.01	1.80±0.03	국산
	62	김치 62	86.69±0.65	4.70±0.01	0.73±0.01	2.32±0.11	국산
	63	김치 63	89.13±0.15	5.59±0.03	0.67±0.00	1.23±0.08	국산
	64	김치 64	87.36±0.06	5.81±0.04	0.66±0.01	1.35±0.08	국산
	65	김치 65	89.44±0.16	5.66±0.04	0.66±0.02	1.52±0.00	국산
	66	김치 66	89.61±0.03	4.55±0.00	1.24±0.04	1.40±0.17	국산
	67	김치 67	91.12±0.49	3.72±0.04	2.41±0.04	1.99±0.00	국산
	68	김치 68	88.71±0.12	5.29±0.00	1.11±0.03	2.22±0.00	국산
	69	김치 69	87.30±0.52	4.00±0.00	1.91±0.01	2.75±0.08	국산
	70	김치 70	89.45±0.11	4.87±0.04	0.97±0.02	1.81±0.08	국산
	71	김치 71	89.79±0.24	4.37±0.04	1.40±0.00	1.35±0.08	국산
	72	김치 72	89.96±0.87	3.75±0.00	2.00±0.02	1.99±0.00	국산
여름	73	김치 73	87.57±0.45	5.19±0.03	0.44±0.01	2.44±0.24	국산
	74	김치 74	87.79±0.12	4.06±0.05	0.81±0.01	2.08±0.08	국산
	75	김치 75	88.71±0.57	4.62±0.04	0.43±0.01	1.93±0.08	국산
	76	김치 76	88.48±0.10	4.27±0.07	0.69±0.01	1.69±0.00	국산
	77	김치 77	87.99±0.09	4.33±0.00	0.83±0.00	1.93±0.00	국산
	78	김치 78	86.04±0.66	4.21±0.02	0.88±0.02	1.63±0.08	국산
	79	김치 79	87.01±0.06	4.36±0.01	1.27±0.91	1.70±0.00	국산
	80	김치 80	87.40±0.14	4.30±0.01	0.86±0.01	1.78±0.16	국산
	81	김치 81	78.03±0.58	3.58±0.03	2.72±0.00	4.47±0.16	국산
	82	김치 82	86.67±0.48	4.55±0.03	0.84±0.01	1.80±0.08	국산
	83	김치 83	89.76±0.09	4.66±0.47	0.68±0.00	1.51±0.00	국산
	84	김치 84	90.48±0.05	4.08±0.06	1.39±0.01	1.32±0.00	국산
	85	김치 85	88.10±0.85	4.41±0.16	0.84±0.01	1.67±0.00	국산
	86	김치 86	85.45±0.28	4.24±0.05	0.75±0.00	2.04±0.08	국산
	87	김치 87	87.71±0.04	4.32±0.01	0.60±0.00	2.10±0.08	국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

[표 2-14] 계절별 김치 제품의 미생물학적 특성

(단위 : CFU/g)

구분	번호	시료명	총균수	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
가 을	1	김치 1	$4.65 \times 10^7$	$1.80 \times 10^8$	$1.12 \times 10^5$	국산
	2	김치 2	$1.18 \times 10^8$	$5.00 \times 10^8$	$1.80 \times 10^4$	국산
	3	김치 3	$3.95 \times 10^7$	$1.05 \times 10^8$	$5.15 \times 10^5$	국산
	4	김치 4	$2.41 \times 10^{11}$	$2.48 \times 10^{11}$	ND <sup>1)</sup>	국산
	5	김치 5	$4.00 \times 10^6$	$6.50 \times 10^6$	$2.65 \times 10^5$	국산
	6	김치 6	$3.05 \times 10^8$	$3.35 \times 10^8$	$2.35 \times 10^4$	국산
	7	김치 7	$8.30 \times 10^8$	$5.50 \times 10^9$	$5.05 \times 10^4$	국산
	8	김치 8	$1.19 \times 10^{10}$	$1.32 \times 10^{11}$	$1.00 \times 10^3$	국산
	9	김치 9	$3.34 \times 10^8$	$2.35 \times 10^8$	$7.10 \times 10^5$	국산
	10	김치 10	$3.50 \times 10^8$	$2.30 \times 10^8$	$1.35 \times 10^5$	국산
	11	김치 11	$7.49 \times 10^8$	$2.19 \times 10^8$	$1.00 \times 10^3$	국산
	12	김치 12	$2.82 \times 10^9$	$3.04 \times 10^9$	$9.03 \times 10^5$	국산
	13	김치 13	$1.93 \times 10^8$	$6.80 \times 10^8$	$1.01 \times 10^6$	국산
	14	김치 14	$5.97 \times 10^{11}$	$5.80 \times 10^{11}$	$8.00 \times 10^4$	국산
	15	김치 15	$1.50 \times 10^7$	$1.76 \times 10^{11}$	$2.15 \times 10^5$	국산
	16	김치 16	$3.61 \times 10^{11}$	$2.49 \times 10^{11}$	$5.00 \times 10^2$	국산
	17	김치 17	$1.34 \times 10^{13}$	$1.58 \times 10^{13}$	$7.00 \times 10^6$	국산
	18	김치 18	$3.07 \times 10^{13}$	$2.21 \times 10^{13}$	$1.10 \times 10^3$	국산
	19	김치 19	$4.45 \times 10^{13}$	$3.54 \times 10^{13}$	ND	국산
	20	김치 20	$5.07 \times 10^{13}$	$4.46 \times 10^{13}$	$9.00 \times 10^2$	국산
	21	김치 21	$3.55 \times 10^{13}$	$1.23 \times 10^{13}$	$2.50 \times 10^3$	국산
	22	김치 22	$2.03 \times 10^{13}$	$2.00 \times 10^{13}$	$4.10 \times 10^3$	국산
	23	김치 23	$2.40 \times 10^{11}$	$3.04 \times 10^{11}$	$2.30 \times 10^3$	국산
	24	김치 24	$1.16 \times 10^{10}$	$1.86 \times 10^{11}$	$2.72 \times 10^7$	국산
	25	김치 25	$1.27 \times 10^7$	$3.10 \times 10^7$	$1.00 \times 10^2$	국산
	26	김치 26	$1.20 \times 10^7$	$1.42 \times 10^8$	$3.00 \times 10^2$	국산
	27	김치 27	$1.94 \times 10^{10}$	$9.90 \times 10^9$	$1.00 \times 10^2$	국산
	28	김치 28	$5.75 \times 10^9$	$9.05 \times 10^9$	ND	국산
	29	김치 29	$3.35 \times 10^6$	$4.85 \times 10^6$	$6.50 \times 10^1$	국산
	30	김치 30	$4.45 \times 10^6$	$1.05 \times 10^8$	$1.50 \times 10^1$	국산
	31	김치 31	$6.10 \times 10^5$	$3.90 \times 10^5$	$8.50 \times 10^1$	국산
	32	김치 32	$2.95 \times 10^5$	$1.95 \times 10^5$	$1.00 \times 10^1$	국산
	33	김치 33	$8.55 \times 10^5$	$1.80 \times 10^5$	$8.00 \times 10^1$	국산

<sup>1)</sup>Not detected.

[표 2-14] 계속

(단위 : CFU/g)

구분	번호	시료명	총균수	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
가을	34	김치 34	$6.90 \times 10^5$	$5.90 \times 10^5$	ND	국산
	35	김치 35	$2.88 \times 10^{10}$	$2.94 \times 10^{10}$	$4.95 \times 10^4$	국산
	36	김치 36	$3.06 \times 10^{10}$	$7.78 \times 10^9$	$1.35 \times 10^2$	국산
겨울	37	김치 37	$9.00 \times 10^5$	$4.40 \times 10^5$	ND	국산
	38	김치 38	$1.35 \times 10^7$	$1.13 \times 10^7$	ND	국산
	39	김치 39	$8.50 \times 10^6$	$3.90 \times 10^5$	$9.50 \times 10^1$	국산
	40	김치 40	$8.15 \times 10^6$	$4.50 \times 10^6$	$6.50 \times 10^1$	국산
	41	김치 41	$4.95 \times 10^6$	$3.35 \times 10^6$	$5.50 \times 10^1$	국산
	42	김치 42	$1.08 \times 10^6$	$3.35 \times 10^5$	$2.00 \times 10^1$	국산
	43	김치 43	$1.02 \times 10^6$	$1.02 \times 10^5$	ND <sup>1)</sup>	국산
	44	김치 44	$8.85 \times 10^7$	$1.23 \times 10^5$	$3.50 \times 10^1$	국산
	45	김치 45	$5.95 \times 10^6$	$1.05 \times 10^6$	$4.50 \times 10^1$	국산
	46	김치 46	$1.04 \times 10^7$	$1.11 \times 10^6$	$2.10 \times 10^2$	국산
	47	김치 47	$5.08 \times 10^9$	$5.01 \times 10^8$	ND	국산
	48	김치 48	$2.58 \times 10^{10}$	$3.43 \times 10^9$	$1.00 \times 10^2$	국산
	49	김치 49	$7.83 \times 10^{10}$	$9.22 \times 10^{10}$	$2.50 \times 10^2$	국산
	50	김치 50	$3.64 \times 10^7$	$3.05 \times 10^7$	$1.00 \times 10^1$	국산
	51	김치 51	$2.60 \times 10^7$	$3.70 \times 10^8$	$1.59 \times 10^5$	국산
52	김치 52	$9.25 \times 10^5$	$7.20 \times 10^5$	$1.65 \times 10^3$	국산	
봄	53	김치 53	$5.70 \times 10^6$	$3.65 \times 10^6$	$3.35 \times 10^4$	국산
	54	김치 54	$8.80 \times 10^6$	$6.05 \times 10^6$	$7.35 \times 10^3$	국산
	55	김치 55	$5.35 \times 10^6$	$1.09 \times 10^5$	$4.85 \times 10^4$	국산
	56	김치 56	$7.47 \times 10^{11}$	$1.97 \times 10^{11}$	$4.15 \times 10^4$	국산
	57	김치 57	$8.25 \times 10^7$	$5.15 \times 10^7$	$1.05 \times 10^3$	국산
	58	김치 58	$1.90 \times 10^8$	$4.35 \times 10^7$	$5.35 \times 10^3$	국산
	59	김치 59	$1.85 \times 10^{10}$	$1.83 \times 10^9$	ND	국산
	60	김치 60	$2.33 \times 10^8$	$1.40 \times 10^8$	$1.00 \times 10^1$	국산
	61	김치 61	$2.84 \times 10^{10}$	$3.93 \times 10^9$	ND	국산
	62	김치 62	$7.55 \times 10^8$	$1.40 \times 10^9$	ND	국산
	63	김치 63	$1.01 \times 10^7$	$8.60 \times 10^6$	$3.05 \times 10^3$	국산
	64	김치 64	$4.75 \times 10^6$	$3.13 \times 10^6$	$2.75 \times 10^3$	국산
	65	김치 65	$7.95 \times 10^5$	$6.15 \times 10^5$	$1.00 \times 10^2$	국산
	66	김치 66	$6.95 \times 10^7$	$7.15 \times 10^7$	$2.10 \times 10^3$	국산

<sup>1)</sup>Not detected.

[표 2-14] 계속

(단위 : CFU/g)

구분	번호	시료명	총균수	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
봄	67	김치 66	$4.85 \times 10^5$	$6.20 \times 10^5$	$2.70 \times 10^4$	국산
	68	김치 67	$4.65 \times 10^7$	$4.55 \times 10^7$	ND	국산
	69	김치 68	$4.15 \times 10^6$	$4.95 \times 10^5$	ND	국산
	70	김치 69	$1.65 \times 10^6$	$1.71 \times 10^6$	ND	국산
	71	김치 70	$6.10 \times 10^9$	$4.25 \times 10^9$	$5.00 \times 10^1$	국산
	72	김치 71	$8.45 \times 10^4$	$3.70 \times 10^4$	$8.95 \times 10^3$	국산
여름	73	김치 72	$9.40 \times 10^9$	$4.45 \times 10^9$	$1.24 \times 10^3$	국산
	74	김치 73	$1.15 \times 10^{11}$	$5.78 \times 10^{10}$	$2.15 \times 10^3$	국산
	75	김치 74	$9.19 \times 10^{10}$	$6.10 \times 10^{10}$	$5.30 \times 10^3$	국산
	76	김치 75	$1.17 \times 10^{11}$	$9.14 \times 10^{10}$	$6.60 \times 10^2$	국산
	77	김치 76	$1.19 \times 10^{10}$	$3.03 \times 10^9$	$1.18 \times 10^4$	국산
	78	김치 77	$4.25 \times 10^9$	$2.03 \times 10^9$	ND <sup>1)</sup>	국산
	79	김치 78	$1.72 \times 10^{10}$	$4.09 \times 10^9$	ND	국산
	80	김치 79	$1.48 \times 10^{10}$	$2.41 \times 10^{10}$	$4.95 \times 10^3$	국산
	81	김치 80	$9.00 \times 10^4$	$3.50 \times 10^4$	ND	국산
	82	김치 81	$7.15 \times 10^9$	$2.39 \times 10^9$	$2.45 \times 10^2$	국산
	83	김치 82	$6.06 \times 10^{10}$	$3.45 \times 10^9$	$2.55 \times 10^4$	국산
	84	김치 83	$9.22 \times 10^{10}$	$1.46 \times 10^{10}$	$2.20 \times 10^2$	국산
	85	김치 84	$6.15 \times 10^9$	$1.31 \times 10^9$	$1.50 \times 10^1$	국산
	86	김치 85	$8.60 \times 10^9$	$2.39 \times 10^9$	$1.05 \times 10^3$	국산
	87	김치 86	$3.15 \times 10^9$	$3.36 \times 10^9$	$5.50 \times 10^1$	국산

<sup>1)</sup>Not detected.

(2) 계절별 김치 제품의 아플라톡신 오염 현황

계절별 김치 중 아플라톡신 오염 현황을 분석한 결과, 87종 중 8종에서 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 검출되었으며, 모두 LOD이하로 확인되었다. 아플라톡신이 검출된 7종이 가을철에 수집된 김치로 가을철 김치 생산에 사용되는 원료의 관리가 중요할 것으로 생각된다.

[표 2-15] 계절별 김치 중 아플라톡신 오염도

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
가을	1	김치 1	<LOD <sup>2)</sup>	ND <sup>3)</sup>	ND	ND	<LOD	국산
	2	김치 2	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	3	김치 3	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	4	김치 4	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	5	김치 5	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	6	김치 6	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	7	김치 7	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	8	김치 8	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	9	김치 9	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	10	김치 10	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	11	김치 11	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	12	김치 12	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	13	김치 13	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	14	김치 14	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	15	김치 15	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	16	김치 16	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	17	김치 17	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	18	김치 18	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	19	김치 19	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	20	김치 20	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	21	김치 21	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	국산
	22	김치 22	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	23	김치 23	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	24	김치 24	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	25	김치 25	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	26	김치 26	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	27	김치 27	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	28	김치 28	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	29	김치 29	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	30	김치 30	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	31	김치 31	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	32	김치 32	ND	ND	ND	ND	ND	국산

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. TAFs: total aflatoxins,

<sup>2)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.04, AFB2=0.06, AFG1=0.27, AFG2=0.08, <sup>3)</sup>ND: not detected.

[표 2-15] 계절별 김치 중 아플라톡신 오염도

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
가을	33	김치 33	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	국산
	34	김치 34	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	35	김치 35	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	36	김치 36	ND	ND	ND	ND	ND	국산
겨울	37	김치 37	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	38	김치 38	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	39	김치 39	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	40	김치 40	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	41	김치 41	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	42	김치 42	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	43	김치 43	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	44	김치 44	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	45	김치 45	<LOD <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	<LOD	국산
	46	김치 46	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	47	김치 47	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	48	김치 48	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	49	김치 49	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	50	김치 50	ND	ND	ND	ND	ND	국산
봄	51	김치 51	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	52	김치 52	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	53	김치 53	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	54	김치 54	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	55	김치 55	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	56	김치 56	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	57	김치 57	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	58	김치 58	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	59	김치 59	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	60	김치 60	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	61	김치 61	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	62	김치 62	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	63	김치 63	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	64	김치 64	ND	ND	ND	ND	ND	국산

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected, <sup>3)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.04, AFB2=0.06, AFG1=0.27, AFG2=0.08.

[표 2-15] 계속

(단위 : µg/kg)

구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
봄	65	김치 65	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	국산
	66	김치 66	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	67	김치 67	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	68	김치 68	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	69	김치 69	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	70	김치 70	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	71	김치 71	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	72	김치 72	ND	ND	ND	ND	ND	국산
여름	73	김치 73	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	74	김치 74	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	75	김치 75	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	76	김치 76	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	77	김치 77	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	78	김치 78	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	79	김치 79	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	80	김치 80	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	81	김치 81	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	82	김치 82	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	83	김치 83	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	84	김치 84	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	85	김치 85	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	86	김치 86	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	87	김치 87	ND	ND	ND	ND	ND	국산

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected.

# 제 3 절 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신 오염 원인 규명

## 1. 연구수행 방법

가. 수출용 김치의 제조공정 및 환경 중 아플라톡신 발생 현황 조사

(1) 김치 제조공정별 시료의 아플라톡신 함량 분석

(가) 시료 수집

김치의 제조공정 중 아플라톡신 발생 현황을 확인하기 위하여 수출용 김치를 생산하는 6개 업체(수출전문 업체 4곳)로부터 제조 공정별 시료를 수집하였다. 제조 공정별 시료는 모니터링 결과를 참고하여, 아플라톡신의 오염원이 되는 고춧가루와 고춧가루를 사용한 양념 그리고 최종 김치제품을 대상으로 하였으며 총 18종을 수집하였다.

(나) 실험방법

제조공정별 시료 중 고춧가루는 수분, 일반세균수, 젖산균, 효모곰팡이, 아플라톡신 생성균에 대하여 특성을 분석하였으며, 양념 및 김치는 pH, 산도, 염도를 추가적으로 분석하여 발효상태를 확인하였다. 모든 시료에 대하여 총 아플라톡신 함량 분석을 실시하였다. 실험방법은 위에 작성된 내용과 동일하게 수행하였다.

(2) 김치 원부재료의 저장 중 아플라톡신 오염도 분석

(가) 시료 선정

아플라톡신은 다양한 농산물에서 발견되지만, 대부분이 저장 곡물에서 검출되고 있으며, 특히 땅콩, 호두, 면실 등의 유지종자와 고추, 후추 등의 향신료의 오염도가 큰 것으로 보고되어 있다. 본 연구의 모니터링 결과에서도 건고추 및 고춧가루에서 아플라톡신이 검출되어 김치 원부재료 중 고춧가루를 대상으로 저장 중 아플라톡신 생성 유무와 생성량을 분석하여 아플라톡신의 오염 방지를 위한 저장조건을 확인하고자 하였다.

(나) 저장용기 설정

아플라톡신 생성 유도를 위한 고춧가루 저장 조건을 설정하기 위하여 크린백(고밀도 폴리에틸렌, HDPE)과 지퍼백(저밀도 폴리에틸렌, LDPE)을 사용하여 내부 온도 및 습도를 측정하였다. 용기 내부에 각각 300 g 씩 고춧가루를 넣고 크린백은 백색 케이블타이로 밀봉하고 지퍼백은 지퍼로 밀봉하였다. 포장용기 내부에 온습도 로거를 설치하고 온도는 30°C, 상대습도(RH)는 75%로 설정하여 3일간 온도 및 습도를 기록하였다.

(다) 아플라톡신 생성균주 처리 및 저장

고춧가루 저장조건이 아플라톡신 생성에 미치는 영향을 확인하기 위하여 고춧가루에 아플라톡신 생성균주를 혼합하여 저장조건에 따른 아플라톡신 생성량을 확인하였다. 아플라톡신 생성

균주인 *Aspergillus flavus* KCCM 60330, *Aspergillus parasiticus* KCCM 35078는 한국미생물보존센터에서 구입하여 35°C에서 48시간 배양하여 균체를 증식시킨 후 혼합하여 사용하였다. 아플라톡신 생성 균체를 1회용 spreader로 회수하여 고춧가루에 직접 문지른 후 2시간동안 혼합하여 균질화한 후 비닐백(고밀도 폴리에틸렌, HDPE)에 담아 밀봉 후 상대습도는 75%로 설정하고 저장온도를 25°C, 30°C 및 37°C로 구분하여 항온항습기에서 저장하며 1일 간격으로 채취하여 실험에 사용하였다.

(라) 실험방법

아플라톡신 생성균주가 오염된 고춧가루 저장 중 수분, 미생물, 총 아플라톡신 함량을 분석하였으며, 구체적인 실험방법은 상기에 기술한 바와 같이 동일하게 수행하였다.

나. 김치의 저장·유통 중 아플라톡신 발생 현황 조사

(1) 김치 저장 중 아플라톡신 함량 변화 분석

(가) 시료 제조

① 아플라톡신 오염 고춧가루 제조

아플라톡신 오염 고춧가루는 아플라톡신 생성균주를 고춧가루에 오염시킨 후 RH 75%, 30°C에서 72시간 배양하여 준비하였다. *Aspergillus flavus* KCCM 60330, *Aspergillus parasiticus* KCCM 35078는 한국미생물보존센터에서 구입하여 35°C에서 48시간 배양하여 균체를 증식시킨 후 사용하였으며, 아플라톡신 생성 균체를 1회용 spreader로 포집하여 고춧가루에 직접 문지른 후 2시간 동안 혼합하였다.

② 김치 제조

아플라톡신이 오염된 김치 제조를 위해 절임배추는 김치가공업체(광주김치감칠배기)에서 구입하였으며, 기타 부재료는 마트 및 농산물 시장에서 구입하여 사용하였다. 구입한 절임배추는 약 30분 정도 탈수 한 다음 [표 3-1]의 배합비에 따라 포기김치로 제조하였다. 제조된 김치는 polyethylene bag에 담아 3일간(72시간) 10°C에서 저장한 후 4°C로 이동 저장하여 7일 간격으로 채취하여 김치의 품질 특성 및 아플라톡신 함량을 분석하였다.

[표 3-1] 아플라톡신 오염 김치 제조 배합비

재 료	비율(%)
절임배추	80
아플라톡신 오염 고춧가루	3
무	3
마늘	2.5
생강	0.8
파	2.5
멸치액젓	3
참쌀풀	0.8
물	4.4
합계	100

(나) 실험방법

김치 제조에 사용된 모든 재료의 미생물학적 특성 및 아플라톡신 오염도를 분석하였으며, 구체적인 실험방법은 상기에 기술한 바와 같이 동일하게 수행하였다.

① 대장균 및 대장균군

대장균 및 대장균군은 계수용 film(*E. coli*/coliform Count palte, 3M Microbiology Products)에 시료를 접종한 후 30°C에서 48시간 배양 후 붉은 집락 중 주위에 기포를 형성하고 있는 청색 집락수를 대장균으로, 붉은색 집락수를 대장균군으로 계수하였다. 계수한 균의 집락 수는 colony forming unit(CFU/g 또는 CFU/mL)로 표시하였다.

(2) 김치의 유통 중 아플라톡신 함량 분석

(가) 시료 수집

김치의 유통 중 아플라톡신 오염 현황을 파악하기 위하여 계절별로 구입한 김치 제품을 포장형태별 및 유통형태별로 구분하여 아플라톡신 함량을 확인하였다. 포장형태의 경우 PET와 PE Pouch, 소용량(1~5kg), 대용량(10 kg)으로 구분하였으며, 유통형태는 온라인(42종)과 오프라인(대형마트, 22종)로 구분하였다.

[표 3-2] 포장형태별 김치 시료 현황

포장형태		수 량
포장소재	PET	10
	PE pouch	26
용량	소용량	17
	대용량	10
합 계		63

(나) 실험방법

김치 제품의 미생물학적 품질특성을 파악하기 위하여 일반세균수, 젖산균, 효모곰팡이를 분석하였으며, 이화학적 품질특성을 파악하기 위하여 pH, 산도, 염도를 분석하였다. 유통형태별 김치의 총 아플라톡신 함량을 확인하였으며, 구체적인 실험방법은 상기에 기술한 바와 같이 동일하게 수행하였다.

## 2. 연구수행 결과

### 가. 수출용 김치의 제조공정 및 환경 중 아플라톡신 발생 현황

#### (1) 김치 제조공정별 시료의 아플라톡신 오염도

수출용 김치 원부재료 및 제품의 이화학적 품질 특성을 파악하기 위하여 수분, pH, 산도, 염도를 분석하여 [표 3-3]에 나타내었으며, 미생물학적 특성을 확인하기 위하여 일반세균, 젖산균, 효모 및 곰팡이, 아플라톡신 생성균을 분석하여 그 결과를 [표 3-4]에 나타내었다. 김치 제조공정별 시료의 아플라톡신 함량을 분석한 결과는 [표 3-5]에 나타내었다.

수집된 제조공정별 시료 중 고춧가루의 수분은 14.1 ~ 17.6%이었으며, 양념의 수분은 55.3 ~ 84.2%로 다양하게 나타났다. 김치의 수분은 80.2 ~ 88.4%로 업체에 따라 많게는 8%이상 차이를 나타내었으며, 양념의 수분이 높은 업체에서 제조한 김치 제품에서 수분함량이 높게 나타났다. 양념의 pH가 김치제품 보다 낮았으며, 양념 및 김치의 pH는 각각 4.36 ~ 5.54, 4.47 ~ 5.77의 범위로 확인되었다. 염도의 경우 1개 업체를 제외하고 양념에서는 김치 보다 높게 확인되었으며, 양념의 염도는 평균 2.62%, 김치의 염도는 평균 2.22%이었다. 김치의 염도는 수출전문업체에서 제조한 제품이 평균 2.54%이었으며, 내수용 및 수출용을 구분하지 않고 생산하는 제조업체의 제품에서 평균 1.59%로 확인되어 염도의 차이가 큰 것으로 확인되었다.

[표 3-3] 수출용 김치 제조공정별 시료의 이화학적 품질 특성

업체구분	번호	시료명	수분(%)	pH	산도(%)	염도(%)	비고
A	1	고춧가루	17.55±0.31	-	-	-	국산
	2	양념	84.17±5.16	5.54±0.04	0.62±0.02	2.16±0.08	국산
	3	김치	86.96±0.41	5.77±0.33	0.43±0.01	1.51±0.15	국산
B	4	고춧가루	16.63±0.42	-	-	-	국산
	5	양념	55.35±0.10	4.71±0.01	1.46±0.00	2.45±0.02	국산
	6	김치	80.23±0.10	4.71±0.02	0.96±0.02	2.27±0.00	국산
C	7	고춧가루	14.05±0.49	-	-	-	국산
	8	양념	64.38±0.81	4.71±0.02	1.42±0.01	2.70±0.04	국산
	9	김치	82.87±0.95	5.27±0.01	0.60±0.05	2.68±0.02	국산
D	10	고춧가루	14.05±0.49	-	-	-	국산
	11	양념	64.38±0.81	4.71±0.02	1.42±0.01	2.70±0.04	국산
	12	김치	82.87±0.95	5.27±0.01	0.60±0.05	2.68±0.02	국산
E	13	고춧가루	17.48±0.10	-	-	-	국산
	14	양념	69.79±0.49	5.15±0.02	0.67±0.01	4.82±0.16	국산
	15	김치	84.73±0.33	5.28±0.03	0.36±0.00	2.64±0.08	국산
F	16	고춧가루	14.08±0.16	-	-	-	국산
	17	양념	78.81±0.29	4.36±0.03	1.13±0.01	0.93±0.01	국산
	18	김치	88.38±0.38	4.47±0.02	0.55±0.01	1.66±0.00	국산

제조공정별 시료의 미생물학적 특성을 확인한 결과 일반세균수는 유사하게 확인되었으며, 젖산균은 김치제품에서 높게 나타났다. 수집된 시료 중 대부분이 양념에서는 효모 및 곰팡이가 확인되지 않았으나 고춧가루와 김치에서는 확인되어 절임배추로부터 효모 및 곰팡이의 오염이 의심되었다. 모든 제조공정별 시료에서 아플라톡신 생성균은 음성으로 확인되었다.

[표 3-4] 수출용 김치 제조공정별 시료의 미생물학적 품질 특성

(단위: CFU/g)

업체구분	번호	시료명	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	아플라톡신 생성균	비고
A	1	고춧가루	$1.74 \times 10^7$	$7.85 \times 10^6$	$1.00 \times 10^1$	음성	국산
	2	양념	$1.95 \times 10^7$	$4.35 \times 10^7$	ND	음성	국산
	3	김치	$2.91 \times 10^7$	$1.63 \times 10^8$	$8.00 \times 10^1$	음성	국산
B	4	고춧가루	$2.10 \times 10^6$	$4.35 \times 10^7$	ND	음성	국산
	5	양념	$2.80 \times 10^5$	$3.00 \times 10^5$	ND	음성	국산
	6	김치	$5.90 \times 10^6$	$3.75 \times 10^5$	ND	음성	국산
C	7	고춧가루	$7.35 \times 10^6$	$2.05 \times 10^6$	$1.00 \times 10^2$	음성	국산
	8	양념	$8.00 \times 10^6$	$6.50 \times 10^6$	ND	음성	국산
	9	김치	$8.40 \times 10^6$	$8.95 \times 10^6$	$1.70 \times 10^2$	음성	국산
D	10	고춧가루	$2.55 \times 10^3$	$3.50 \times 10^2$	ND	음성	국산
	11	양념	$4.00 \times 10^5$	$4.25 \times 10^5$	ND	음성	국산
	12	김치	$4.65 \times 10^8$	$5.65 \times 10^8$	$3.50 \times 10^1$	음성	국산
E	13	고춧가루	$4.55 \times 10^6$	ND	$3.50 \times 10^1$	음성	국산
	14	양념	$6.35 \times 10^8$	$5.05 \times 10^7$	$4.00 \times 10^2$	음성	국산
	15	김치	$5.55 \times 10^9$	$2.76 \times 10^9$	$6.50 \times 10^3$	음성	국산
F	16	고춧가루	$3.05 \times 10^3$	ND	ND	음성	국산
	17	양념	$2.35 \times 10^8$	$2.80 \times 10^4$	ND	음성	국산
	18	김치	$3.40 \times 10^6$	$5.95 \times 10^6$	ND	음성	국산

제조공정별 시료의 아플라톡신 함량을 분석한 결과(표 3-5), 18종 모두에서 아플라톡신이 확인되지 않아 미생물 특성 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 수출을 전문으로 하는 제조업체에서 생산된 제조공정별 시료에서 아플라톡신 오염은 없는 것으로 확인되었다.

[표 3-5] 수출용 김치 제조공정별 시료의 아플라톡신 함량 분석

업체구분	번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
A	1	고춧가루	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND	국산
	2	양념	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	3	김치	ND	ND	ND	ND	ND	국산
B	4	고춧가루	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	5	양념	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	6	김치	ND	ND	ND	ND	ND	국산
C	7	고춧가루	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	8	양념	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	9	김치	ND	ND	ND	ND	ND	국산
D	10	고춧가루	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	11	양념	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	12	김치	ND	ND	ND	ND	ND	국산
E	13	고춧가루	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	14	양념	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	15	김치	ND	ND	ND	ND	ND	국산
F	16	고춧가루	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	17	양념	ND	ND	ND	ND	ND	국산
	18	김치	ND	ND	ND	ND	ND	국산

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected.

(2) 고춧가루의 저장 중 아플라톡신 오염도

(가) 저장조건 설정

고춧가루 저장조건(온도, 습도)을 유지하기 위해 포장소재별로 저장(3일) 중 온도 및 습도를 확인하였다(표 3-6). 온도의 경우 포장소재와 상관없이 설정온도를 유지하고 있었으나, 습도는 HDPE(high density polyethylene) 소재의 비닐백에 저장 시 설정값과 유사하게 나타나 고춧가루 저장 시 습도유지를 위해 비닐백을 사용하였다. LDPE(low density polyethylene)은 방습성이 양호한 소재로 인위적으로 습도를 높이는 환경에 부적합한 것으로 확인되었다.

[표 3-6] 고춧가루 저장 중 포장소재별 내부 온도 및 습도

처리구	설정값	비닐백(크린백)		지퍼백	
		측정값	정확도(%)	측정값	정확도(%)
온도(°C)	30	30.1±0.1	100.5	29.9±0.2	99.6
습도(%)	75	70.5±1.3	93.9	63.0±3.6	84.0

(나) 저장조건 중 고춧가루의 품질 특성

아플라톡신 생성균주가 오염된 고춧가루의 수분 및 미생물 특성을 분석하여 [표 3-7]에 나타내었다. 저장조건별 고춧가루의 수분함량을 분석한 결과 18.31~23.73%로 나타났으며, 오염 전효모 및 곰팡이가 불검출, 오염 직후에는 5.07×10<sup>6</sup> CFU/g의 수준으로 보아 아플라톡신 생성균

주가 10<sup>6</sup>의 수준으로 오염되었다고 예측할 수 있다. 또한 효모 및 곰팡이 수는 시간이 지남에 따라 25°C에서는 크게 변동을 보이지 않았으며, 35°C 및 37°C에서는 감소하는 것으로 나타났다.

[표 3-7] 아플라톡신 생성균 오염 고춧가루의 저장온도별 미생물학적 특성

(단위: %, CFU/g)

저장기간 (일)	수분	일반세균	효모 및 곰팡이	대장균	대장균군	아플라톡신 생성균
오염 전	21.23±1.52	4.55×10 <sup>5</sup>	ND <sup>1)</sup>	ND	ND	음성
25°C, RH 75%						
0	21.91±1.27	6.25×10 <sup>7</sup>	5.07×10 <sup>6</sup>	ND	ND	양성
1	20.91±1.23	1.18×10 <sup>6</sup>	6.00×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
2	20.86±0.48	5.15×10 <sup>5</sup>	5.95×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
3	18.79±0.57	3.00×10 <sup>5</sup>	3.35×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
4	23.73±0.65	4.25×10 <sup>5</sup>	2.10×10 <sup>6</sup>	ND	ND	양성
5	20.01±1.04	6.40×10 <sup>5</sup>	8.50×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
6	20.03±0.09	4.60×10 <sup>5</sup>	2.70×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
7	18.86±1.56	1.37×10 <sup>5</sup>	3.85×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
8	17.38±0.23	3.45×10 <sup>4</sup>	2.05×10 <sup>4</sup>	ND	ND	양성
9	19.75±0.69	9.25×10 <sup>4</sup>	2.65×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
10	18.14±0.28	4.75×10 <sup>5</sup>	4.25×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
35°C, RH 75%						
0	21.91±1.27	6.25×10 <sup>7</sup>	5.07×10 <sup>6</sup>	ND	ND	양성
1	19.00±0.10	8.25×10 <sup>5</sup>	3.00×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
2	22.29±0.07	5.00×10 <sup>5</sup>	3.25×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
3	21.97±0.19	2.25×10 <sup>5</sup>	1.10×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
4	21.48±0.54	3.30×10 <sup>5</sup>	2.95×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
5	24.32±0.55	2.40×10 <sup>5</sup>	7.35×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
6	21.29±0.01	1.66×10 <sup>5</sup>	1.25×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
7	19.89±0.74	1.32×10 <sup>5</sup>	6.55×10 <sup>4</sup>	ND	ND	양성
8	20.01±0.32	2.75×10 <sup>5</sup>	1.65×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
9	19.16±0.13	1.10×10 <sup>5</sup>	5.95×10 <sup>3</sup>	ND	ND	양성
10	19.68±0.85	1.41×10 <sup>5</sup>	9.00×10 <sup>3</sup>	ND	ND	양성
37°C, RH 75%						
0	21.91±1.27	6.25×10 <sup>7</sup>	5.07×10 <sup>6</sup>	ND	ND	양성
1	20.05±1.10	6.25×10 <sup>5</sup>	2.25×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
2	20.71±0.41	5.50×10 <sup>5</sup>	1.80×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
3	23.59±0.10	2.15×10 <sup>6</sup>	1.30×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
4	22.44±0.59	1.22×10 <sup>5</sup>	2.05×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
5	21.87±0.47	1.32×10 <sup>5</sup>	1.55×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
6	20.38±0.21	5.60×10 <sup>5</sup>	5.65×10 <sup>5</sup>	ND	ND	양성
7	18.31±0.80	3.20×10 <sup>5</sup>	3.70×10 <sup>4</sup>	ND	ND	양성
8	21.29±0.31	1.12×10 <sup>5</sup>	2.50×10 <sup>4</sup>	ND	ND	양성
9	20.60±0.45	1.95×10 <sup>5</sup>	3.05×10 <sup>3</sup>	ND	ND	양성
10	20.63±0.77	1.33×10 <sup>5</sup>	1.40×10 <sup>2</sup>	ND	ND	양성

1) ND: Not Detected.

#### (다) 저장조건 중 아플라톡신 생성량 변화

아플라톡신 생성균주가 오염된 고춧가루 저장 중 아플라톡신 생성량을 확인하기 위한 저장 조건별(RH 75%, 25°C, 35°C 및 37°C) 온도 및 습도를 측정된 결과, 온도는 각각 23.9±0.1°C, 35.1±1.3°C 및 38.1±0.1°C이었으며, 상대습도는 79.5±1.2%, 73.6±2.2% 및 79.3±0.9%이었다. 저장 조건별로 확인된 고춧가루 중 아플라톡신 함량 분석결과는 [표 3-8]에 나타내었다.

아플라톡신 생성균주가 오염된 모든 저장조건별 고춧가루에서 아플라톡신 B<sub>1</sub>과 G<sub>1</sub>이 검출되었으며, B<sub>1</sub>이 G<sub>1</sub> 보다 5배 이상 생성량이 많은 것으로 확인되었다. 저장기간 동안 저장온도별(25°C, 35°C 및 37°C)로 생성된 총 아플라톡신류의 생성량은 각각 평균 6.2, 7.6 및 3.5 µg/kg 으로 35°C 저장 시 아플라톡신 생성량이 많은 것으로 확인되었다. 저장기간의 경과에 따라 아플라톡신 생성량의 증가 또는 감소하는 경향은 확인되지 않았으며, 아플라톡신 G<sub>1</sub>의 경우 검출되지 않은 경우도 있어 아플라톡신 생성균주의 처리가 균일하지 않은 것으로 확인되었다. 또한 각 온도별 아플라톡신 B<sub>1</sub>과 G<sub>1</sub>의 비율은 25°C, 35°C 및 37°C에서 각각 5.2, 4.7 및 5.4로 측정된 습도와 유사한 패턴으로 확인되었다.

결과적으로, 아플라톡신 생성균주가 오염된 고춧가루가 RH 74-80%, 24~38°C에 노출되면 아플라톡신이 생성되는 것으로 나타나 아플라톡신이 생성되지 않는 저장조건 설정을 위한 추가 연구가 필요한 것으로 나타났다. 아플라톡신은 온도가 24-35°C, 수분이 7% 이상일 때 *Asp. flavus*와 *Asp. parasiticus*에 의해 생성되는 2차 대사산물로 알려져 있는데, 그 이상의 온도에서도 아플라톡신은 생성될 수 있는 것으로 사료된다.

아플라톡신 생성균주가 오염된 고춧가루 중 아플라톡신의 함량이 저장기간에 따른 증감의 일관성이 확보되지 않아 균체 처리 시 균질성을 확보하여야 할 것으로 판단된다. 또한 아플라톡신 생성에 대한 연구보고에서 온도 조절에 따른 생성유무를 확인한 결과가 많지만, 본 연구 결과에서 확인한 결과, 습도의 영향이 더 클 것으로 판단되어, 김치 원부재료 중 아플라톡신 오염이 취약한 고춧가루의 저장 조건 설정을 위해 습도별 아플라톡신 생성유무를 확인하였다(제4절).

[표 3-8] 아플라톡신 생성균 오염 고춧가루의 저장온도별 아플라톡신 오염도

(단위 : µg/kg)

저장기간(일)	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	AFB1/AFG1
25°C, RH 75%						
0	<LOD	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	<LOD	-
1	7.22	ND	1.69	ND	8.91	4.3
2	0.21	ND	ND	ND	0.21	-
3	6.86	ND	0.73	ND	7.59	9.4
4	0.23	ND	ND	ND	0.23	-
5	8.28	ND	2.44	ND	10.72	3.4
6	7.63	ND	1.37	ND	9.00	5.6
7	3.90	ND	0.48	ND	4.39	8.1
8	7.15	ND	2.47	ND	9.62	2.9
9	4.48	ND	0.97	ND	5.45	4.6
10	8.92	ND	2.78	ND	11.70	3.2
35°C, RH 75%						
0	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	-
1	3.06	ND	0.89	ND	3.95	3.4
2	11.89	ND	3.02	ND	14.91	3.9
3	4.27	ND	0.38	ND	4.65	11.1
4	8.83	ND	1.51	ND	10.35	5.8
5	4.89	ND	1.23	ND	6.11	4.0
6	7.47	ND	1.20	ND	8.67	6.2
7	1.21	ND	0.32	ND	1.53	3.9
8	8.79	ND	3.20	ND	11.99	2.7
9	5.00	ND	1.97	ND	6.97	2.5
10	10.71	ND	3.28	ND	13.99	3.3
37°C, RH 75%						
0	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	-
1	0.25	ND	ND	ND	0.25	-
2	5.02	ND	0.96	ND	5.98	-
3	3.98	ND	0.53	ND	4.51	7.5
4	2.82	ND	0.66	ND	3.47	-
5	8.86	ND	1.76	ND	10.63	5.0
6	3.44	ND	0.39	ND	3.82	8.9
7	0.58	ND	ND	ND	0.58	-
8	0.48	ND	ND	ND	0.48	-
9	1.83	ND	0.65	ND	2.48	2.8
10	4.41	ND	1.67	ND	6.08	2.6

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected

\*LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.04, AFB2=0.06, AFG1=0.27, AFG2=0.08.

나. 김치의 저장·유통 중 아플라톡신 발생 현황 조사

(1) 김치 저장 중 아플라톡신 함량 변화 분석

김치 제조에 사용된 원부재료의 미생물학적 특성을 확인한 결과(표 3-9), 일반세균수는  $10^3 \sim 10^7$  CFU/g 수준으로 확인되었으며, 젖산균은 마늘과 생강에서 각각  $10^7$ ,  $10^5$  CFU/g으로 나타났다. 효모 및 곰팡이는  $10^1 \sim 10^3$  수준이었으며, 쪽파에서 대장균군이  $10^5$ 으로 오염도가 높았다. 아플라톡신 생성균은 균체를 첨가한 고춧가루를 제외하고는 모두 음성으로 확인되었다.

[표 3-9] 아플라톡신 오염 고춧가루로 제조한 김치의 원부재료 미생물학적 특성

(단위: CFU/g)

번호	시료명	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	대장균	대장균군	아플라톡신 생성균
1	고춧가루	$1.13 \times 10^5$	ND <sup>1)</sup>	$3.85 \times 10^3$	ND	ND	양성
2	절임배추	$7.80 \times 10^4$	ND	N.D	ND	ND	음성
3	마늘	$5.05 \times 10^7$	$1.35 \times 10^7$	$2.00 \times 10^1$	ND	ND	음성
4	무	$9.00 \times 10^6$	ND	$5.50 \times 10^1$	ND	ND	음성
5	생강	$6.65 \times 10^7$	$9.25 \times 10^5$	$3.50 \times 10^1$	ND	ND	음성
6	쪽파	$6.35 \times 10^3$	ND	$5.50 \times 10^1$	ND	$8.50 \times 10^5$	음성

1) N.D: Not Detected.

[표 3-10] 아플라톡신 오염 고춧가루로 제조한 김치의 원부재료 아플라톡신 오염도

(단위 :  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	원산지
1	고춧가루	0.46	ND <sup>2)</sup>	0.60	ND	1.06	국산
2	절임배추	ND	ND	ND	ND	ND	국산
3	마늘	ND	ND	ND	ND	ND	국산
4	무	ND	ND	ND	ND	ND	국산
5	생강	ND	ND	ND	ND	ND	국산
6	쪽파	ND	ND	ND	ND	ND	국산

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected.

아플라톡신 생성균주에 오염시킨 고춧가루에서 확인된 총 아플라톡신 함량은  $1.06 \mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 아플라톡신 오염은 낮은 수준으로 확인되었으며, 절임배추 및 기타 부재료에서는 확인되지 않았다.

아플라톡신이 오염된 김치의 저장 중 이화학적, 미생물학적 품질 특성 및 아플라톡신 함량 분석은 현재 저장 21일째까지 분석 완료되었으며, 그 결과는 [표 3-11] ~ [표 3-13]에 나타내었다.

제조된 김치의 염도는 2.31~2.4%이었으며, 발효기간이 경과함에 따라 정상적으로 pH가 저하되고 산도가 증가하였다. 일반세균, 젖산균은 발효기간이 경과함에 따라  $10^6$  CFU/mL에서

10<sup>10</sup> CFU/g까지 증가하였으며, 효모 및 곰팡이는 10<sup>5</sup> CFU/g에서 10<sup>1</sup> CFU/mL으로 감소하였다. 대장균 및 대장균군은 저장기간 동안 검출되지 않았으며, 아플라톡신 생성균주는 발효기간 동안 양성으로 확인되었다.

[표 3-11] 저장기간에 따른 아플라톡신 오염 김치의 이화학적 특성

저장기간(일)	수분(%)	pH	산도(%)	염도(%)	저장온도(°C)
0	88.05±0.13	5.27±0.01	0.58±0.02	2.36±0.10	10
3	85.26±1.00	5.23±0.04	0.65±0.00	2.40±0.08	10
7	84.67±2.09	5.12±0.00	0.63±0.00	2.40±0.08	4
14	88.60±0.41	4.66±0.01	0.78±0.00	2.31±0.02	4
21	89.25±0.08	4.33±0.04	0.99±0.03	2.40±0.08	4

[표 3-12] 저장기간에 따른 아플라톡신 오염 김치의 미생물학적 특성

(단위: CFU/g)

저장기간(일)	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	대장균	대장균군	아플라톡신 생성균	저장온도(°C)
0	1.71×10 <sup>6</sup>	1.25×10 <sup>6</sup>	6.20×10 <sup>5</sup>	ND <sup>1)</sup>	ND	양성	10
3	1.68×10 <sup>8</sup>	1.18×10 <sup>8</sup>	2.25×10 <sup>4</sup>	ND	ND	양성	10
7	1.06×10 <sup>10</sup>	8.20×10 <sup>9</sup>	1.35×10 <sup>3</sup>	ND	ND	양성	4
14	1.94×10 <sup>10</sup>	1.62×10 <sup>10</sup>	1.15×10 <sup>1</sup>	ND	ND	양성	4
21	1.16×10 <sup>10</sup>	1.08×10 <sup>10</sup>	1.20×10 <sup>1</sup>	ND	ND	양성	4

<sup>1)</sup>ND: Not Detected.

아플라톡신 오염 고춧가루로 제조된 김치의 저장 중 아플라톡신 함량 변화를 분석한 결과, 제조 직후 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 0.07 µg/kg으로 확인되었으며, 고춧가루에서 확인되었던 G<sub>1</sub>은 김치에서 검출되지 않았으며, 저장 14일째 LOD 이하로 확인되었다. 아플라톡신 B<sub>1</sub>은 저장기간이 경과하면서 7일까지는 감소하였으며, 14일부터 다시 증가하는 것으로 나타났다.

[표 3-13] 아플라톡신 오염 고춧가루로 제조한 김치의 저장기간별 아플라톡신 오염도

(단위 : µg/kg)

저장기간(일)	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	저장온도(°C)
0	0.07	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	0.07	10
3	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	10
7	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	4
14	0.06	ND	<LOD	ND	0.06	4
21	0.05	ND	ND	ND	0.05	4

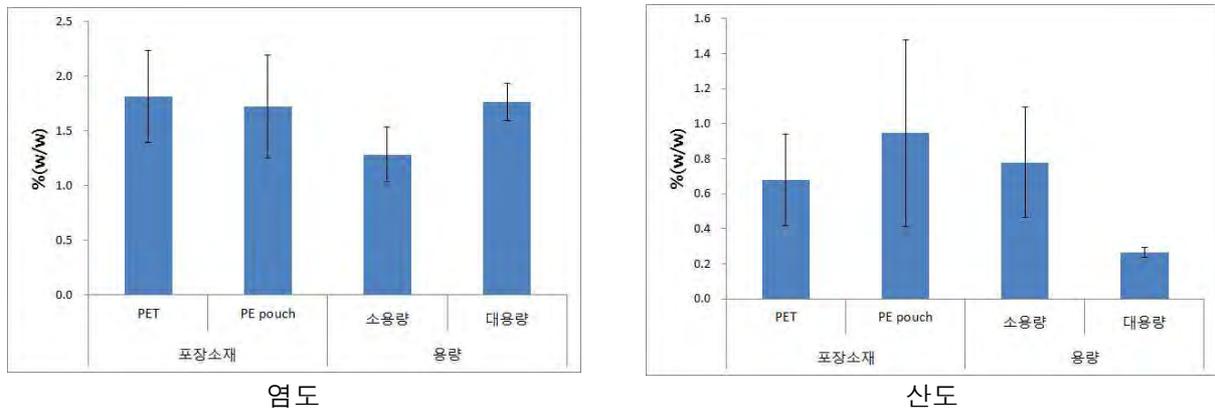
<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected

\*LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.04, AFB2=0.06, AFG1=0.27, AFG2=0.08.

(2) 김치의 유통 중 아플라톡신 함량 분석

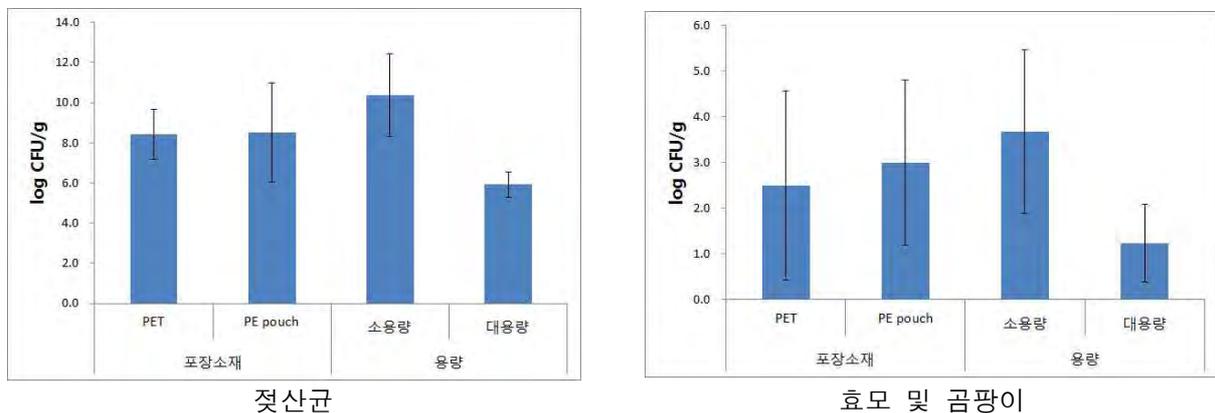
포장형태별 김치의 이화학적 및 미생물학적 특성을 분류한 결과는 [표 3-14] 및 [표 3-15]과 같다.

수집된 포장형태별 김치의 수분은 85.0~96.9% 정도였으며 포장형태가 PET인 제품에서 96.98%로 가장 높게 나타났다. pH는 3.56~6.10 범위로 몇몇 제품에 한하여 다소 낮게 나타났으며, 포장형태가 PET인 제품에서 3.56으로 가장 낮게 나타났다. 산도는 0.24~2.41%로 김치의 발효정도에 따라 pH는 낮게 산도는 높게 나타났으며 염도는 0.94~2.75%으로 다양한 범위로 확인되었다. 대용량 포장의 경우 염도, 산도 등 편차가 크지 않은 것으로 나타났다.



[그림 4-1] 포장형태별 김치의 염도 및 산도 분포.

포장형태별 김치의 미생물 분석한 결과, 일반세균수는  $10^5 \sim 10^{13}$  CFU/g, 젖산균수는  $10^5 \sim 10^{13}$  CFU/g, 효모 및 곰팡이는 검출되지 않거나  $10^1 \sim 10^7$  CFU/g 수준으로 나타났다. 미생물 분석 결과, 일반세균수, 젖산균수는 각각 대용량 포장일 경우  $9.00 \times 10^5$  CFU/g,  $4.40 \times 10^5$  CFU/g으로 가장 낮은 수준으로 나타났으며, 소용량의 경우  $5.07 \times 10^{13}$  CFU/g,  $4.46 \times 10^{13}$  CFU/g으로 가장 높은 수준으로 확인되었다. 효모 및 곰팡이는 파우치의 경우  $2.72 \times 10^7$  CFU/g으로 높게 나타났다.



[그림 4-2] 포장형태별 김치의 젖산균, 효모 및 곰팡이 분포.

[표 3-14] 포장형태별 김치 제품의 이화학적 품질 특성

구분	번호	시료명	수분(%)	pH	산도(%)	염도(%)	비고
PET	1	김치 1	89.85±0.04 <sup>1)</sup>	4.55±1.10	1.10±0.01	1.47±0.24	국산
	2	김치 2	89.95±0.38	3.83±0.01	0.40±0.01	1.31±0.15	국산
	3	김치 3	88.23±0.69	5.99±0.03	0.39±0.02	2.30±0.07	국산
	4	김치 4	87.55±0.07	6.06±0.01	0.54±0.02	2.57±0.12	국산
	5	김치 5	88.53±1.47	5.59±0.01	0.99±0.01	1.64±0.12	국산
	6	김치 6	87.53±0.59	5.67±0.01	0.93±0.01	1.99±0.00	국산
	7	김치 7	86.25±3.34	4.77±0.03	0.88±0.00	2.30±0.07	국산
	8	김치 8	96.98±0.01	3.56±0.00	0.55±0.00	1.44±0.14	국산
	9	김치 9	89.16±0.11	5.64±0.04	0.35±0.00	1.56±0.07	국산
	10	김치 10	89.44±0.16	5.66±0.04	0.66±0.02	1.52±0.00	국산
PE pouch	1	김치 1	89.74±0.51	3.81±0.05	1.32±0.02	1.17±0.00	국산
	2	김치 2	89.02±0.04	3.90±0.03	1.05±0.00	1.29±0.00	국산
	3	김치 3	88.01±0.71	5.49±0.03	1.22±0.88	1.48±0.24	국산
	4	김치 4	90.08±0.13	3.83±0.01	0.39±0.00	1.46±0.00	국산
	5	김치 5	89.04±0.26	4.20±0.03	0.61±0.00	0.97±0.06	국산
	6	김치 6	88.89±0.28	4.17±0.00	0.84±0.01	1.01±0.07	국산
	7	김치 7	90.37±0.42	5.35±0.03	0.42±0.03	1.76±0.00	국산
	8	김치 8	89.05±0.58	4.95±0.00	0.90±0.02	1.87±0.12	국산
	9	김치 9	85.99±1.57	4.15±0.00	0.94±0.00	2.54±0.00	국산
	10	김치 10	88.02±0.03	4.24±0.03	1.10±0.02	1.33±0.07	국산
	11	김치 11	90.32±0.76	5.70±0.00	0.26±0.01	1.60±0.07	국산
	12	김치 12	89.15±0.70	5.66±0.04	0.31±0.01	2.03±0.07	국산
	13	김치 13	85.00±0.69	5.74±0.00	0.38±0.01	2.41±0.00	국산
	14	김치 14	88.13±0.21	4.48±0.04	0.75±0.01	2.12±0.07	국산
	15	김치 15	88.96±0.52	5.15±0.79	0.33±0.00	1.56±0.07	국산
	16	김치 16	88.70±0.53	4.96±0.02	0.68±0.01	1.80±0.03	국산
17	김치 17	86.69±0.65	4.70±0.01	0.73±0.01	2.32±0.11	국산	
18	김치 18	89.13±0.15	5.59±0.03	0.67±0.00	1.23±0.08	국산	
19	김치 19	87.36±0.06	5.81±0.04	0.66±0.01	1.35±0.08	국산	
20	김치 20	89.61±0.03	4.55±0.00	1.24±0.04	1.40±0.17	국산	
21	김치 21	91.12±0.49	3.72±0.04	2.41±0.04	1.99±0.00	국산	
22	김치 22	88.71±0.12	5.29±0.00	1.11±0.03	2.22±0.00	국산	
23	김치 23	87.30±0.52	4.00±0.00	1.91±0.01	2.75±0.08	국산	
24	김치 24	89.45±0.11	4.87±0.04	0.97±0.02	1.81±0.08	국산	
25	김치 25	89.79±0.24	4.37±0.04	1.40±0.00	1.35±0.08	국산	
26	김치 26	89.96±0.87	3.75±0.00	2.00±0.02	1.99±0.00	국산	

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

[표 3-14] 계속

구분	번호	시료명	수분(%)	pH	산도(%)	염도(%)	비고
소용량	1	김치 1	90.90±0.66	3.89±0.03	1.01±0.03	1.13±0.07	국산
	2	김치 2	87.24±0.47	4.70±0.00	0.48±0.00	1.21±0.07	국산
	3	김치 3	91.43±0.11	3.94±0.00	0.99±0.00	0.94±0.00	국산
	4	김치 4	87.71±0.21	4.05±0.04	1.06±0.02	1.09±0.07	국산
	5	김치 5	88.56±0.24 <sup>1)</sup>	4.20±0.03	0.73±0.00	1.13±0.07	국산
	6	김치 6	87.36±0.08	4.12±0.03	1.32±0.01	1.17±0.00	국산
	7	김치 7	89.45±0.01	3.94±0.03	1.11±0.00	1.17±0.00	국산
	8	김치 8	89.84±0.99	4.12±0.01	0.22±0.00	1.34±0.23	국산
	9	김치 9	88.68±0.40	4.08±0.01	0.36±0.00	1.38±0.08	국산
	10	김치 10	87.59±0.04	4.16±0.00	0.97±0.00	1.37±0.07	국산
	11	김치 11	88.76±1.57	4.11±0.00	0.96±0.01	1.25±0.07	국산
	12	김치 12	90.72±0.51	4.82±0.03	0.38±0.01	1.01±0.07	국산
	13	김치 13	88.01±0.71	4.05±0.03	0.91±0.00	1.17±0.00	국산
	14	김치 14	88.09±0.37	4.52±0.03	0.95±0.02	1.40±0.12	국산
	15	김치 15	87.51±2.35	4.42±0.00	0.91±0.02	1.44±0.07	국산
	16	김치 16	88.81±1.99	5.75±0.00	0.39±0.01	1.52±0.00	국산
	17	김치 17	86.90±0.39	5.10±0.00	0.48±0.00	2.07±0.07	국산
대용량	1	김치 1	89.83±0.13	5.60±0.00	0.30±0.01	1.76±0.00	국산
	2	김치 2	87.58±0.16	5.64±0.05	0.31±0.00	1.95±0.07	국산
	3	김치 3	88.87±0.05	5.80±0.03	0.24±0.01	1.87±0.00	국산
	4	김치 4	89.74±0.19	5.76±0.03	0.24±0.00	1.52±0.00	국산
	5	김치 5	88.59±0.13	5.75±0.03	0.24±0.00	1.72±0.07	국산
	6	김치 6	88.04±0.15	5.87±0.03	0.28±0.00	1.60±0.07	국산
	7	김치 7	89.73±0.16	6.10±0.03	0.24±0.01	1.64±0.00	국산
	8	김치 8	89.88±0.22	5.98±0.03	0.26±0.00	1.64±0.12	국산
	9	김치 9	88.13±0.21	5.86±0.00	0.30±0.01	1.83±0.07	국산
	10	김치 10	88.63±0.33	5.87±0.06	0.25±0.00	2.11±0.12	국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

[표 3-15] 김치 포장형태별 제품의 미생물학적 특성

(단위 : CFU/g)

구분	번호	시료명	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
PET	1	김치 1	4.65×10 <sup>7</sup>	1.80×10 <sup>8</sup>	1.12×10 <sup>5</sup>	국산
	2	김치 2	2.82×10 <sup>9</sup>	3.04×10 <sup>9</sup>	9.03×10 <sup>5</sup>	국산
	3	김치 3	1.27×10 <sup>7</sup>	3.10×10 <sup>7</sup>	1.00×10 <sup>2</sup>	국산
	4	김치 4	1.20×10 <sup>7</sup>	1.42×10 <sup>8</sup>	3.00×10 <sup>2</sup>	국산
	5	김치 5	1.94×10 <sup>10</sup>	9.90×10 <sup>9</sup>	1.00×10 <sup>2</sup>	국산
	6	김치 6	5.75×10 <sup>9</sup>	9.05×10 <sup>9</sup>	ND <sup>1)</sup>	국산
	7	김치 7	3.64×10 <sup>7</sup>	3.05×10 <sup>7</sup>	1.00×10 <sup>1</sup>	국산
	8	김치 8	2.60×10 <sup>7</sup>	3.70×10 <sup>8</sup>	1.59×10 <sup>5</sup>	국산
	9	김치 9	5.70×10 <sup>6</sup>	3.65×10 <sup>6</sup>	3.35×10 <sup>4</sup>	국산
	10	김치 10	8.80×10 <sup>6</sup>	6.05×10 <sup>6</sup>	7.35×10 <sup>3</sup>	국산
PE pouch	1	김치 1	3.95×10 <sup>7</sup>	1.05×10 <sup>8</sup>	5.15×10 <sup>5</sup>	국산
	2	김치 2	4.00×10 <sup>6</sup>	6.50×10 <sup>6</sup>	2.65×10 <sup>5</sup>	국산
	3	김치 3	7.49×10 <sup>8</sup>	2.19×10 <sup>8</sup>	1.00×10 <sup>3</sup>	국산
	4	김치 4	1.93×10 <sup>8</sup>	6.80×10 <sup>8</sup>	1.01×10 <sup>6</sup>	국산
	5	김치 5	3.61×10 <sup>11</sup>	2.49×10 <sup>11</sup>	5.00×10 <sup>2</sup>	국산
	6	김치 6	4.45×10 <sup>13</sup>	3.54×10 <sup>13</sup>	ND	국산
	7	김치 7	2.03×10 <sup>13</sup>	2.00×10 <sup>13</sup>	4.10×10 <sup>3</sup>	국산
	8	김치 8	2.40×10 <sup>11</sup>	3.04×10 <sup>11</sup>	2.30×10 <sup>3</sup>	국산
	9	김치 9	1.16×10 <sup>10</sup>	1.86×10 <sup>11</sup>	2.72×10 <sup>7</sup>	국산
	10	김치 10	7.83×10 <sup>10</sup>	9.22×10 <sup>10</sup>	2.50×10 <sup>2</sup>	국산
	11	김치 11	5.70×10 <sup>6</sup>	3.65×10 <sup>6</sup>	3.35×10 <sup>4</sup>	국산
	12	김치 12	8.80×10 <sup>6</sup>	6.05×10 <sup>6</sup>	7.35×10 <sup>3</sup>	국산
	13	김치 13	5.35×10 <sup>6</sup>	1.09×10 <sup>5</sup>	4.85×10 <sup>4</sup>	국산
	14	김치 14	7.47×10 <sup>11</sup>	1.97×10 <sup>11</sup>	4.15×10 <sup>4</sup>	국산
	15	김치 15	2.33×10 <sup>8</sup>	1.40×10 <sup>8</sup>	1.00×10 <sup>1</sup>	국산
	16	김치 16	2.84×10 <sup>10</sup>	3.93×10 <sup>9</sup>	ND	국산
	17	김치 17	7.55×10 <sup>8</sup>	1.40×10 <sup>9</sup>	ND	국산
	18	김치 18	1.01×10 <sup>7</sup>	8.60×10 <sup>6</sup>	3.05×10 <sup>3</sup>	국산
	19	김치 19	4.75×10 <sup>6</sup>	3.13×10 <sup>6</sup>	2.75×10 <sup>3</sup>	국산
	20	김치 20	6.95×10 <sup>7</sup>	7.15×10 <sup>7</sup>	2.10×10 <sup>3</sup>	국산
	21	김치 21	4.85×10 <sup>5</sup>	6.20×10 <sup>5</sup>	2.70×10 <sup>4</sup>	국산
	22	김치 22	4.65×10 <sup>7</sup>	4.55×10 <sup>7</sup>	ND	국산
	23	김치 23	4.15×10 <sup>6</sup>	4.95×10 <sup>5</sup>	ND	국산
	24	김치 24	1.65×10 <sup>6</sup>	1.71×10 <sup>6</sup>	ND	국산
	25	김치 25	6.10×10 <sup>9</sup>	4.25×10 <sup>9</sup>	5.00×10 <sup>1</sup>	국산
	26	김치 26	8.45×10 <sup>4</sup>	3.70×10 <sup>4</sup>	8.95×10 <sup>3</sup>	국산

<sup>1)</sup>Not detected.

[표 3-15] 계속

(단위 : CFU/g)

구분	번호	시료명	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
소용량	1	김치 1	$1.18 \times 10^8$	$5.00 \times 10^8$	$1.80 \times 10^4$	국산
	2	김치 2	$2.41 \times 10^{11}$	$2.48 \times 10^{11}$	ND <sup>1)</sup>	국산
	3	김치 3	$3.05 \times 10^8$	$3.35 \times 10^8$	$2.35 \times 10^4$	국산
	4	김치 4	$8.30 \times 10^8$	$5.50 \times 10^9$	$5.05 \times 10^4$	국산
	5	김치 5	$1.19 \times 10^{10}$	$1.32 \times 10^{11}$	$1.00 \times 10^3$	국산
	6	김치 6	$3.34 \times 10^8$	$2.35 \times 10^8$	$7.10 \times 10^5$	국산
	7	김치 7	$3.50 \times 10^8$	$2.30 \times 10^8$	$1.35 \times 10^5$	국산
	8	김치 8	$5.97 \times 10^{11}$	$5.80 \times 10^{11}$	$8.00 \times 10^4$	국산
	9	김치 9	$1.50 \times 10^7$	$1.76 \times 10^{11}$	$2.15 \times 10^5$	국산
	10	김치 10	$1.34 \times 10^{13}$	$1.58 \times 10^{13}$	$7.00 \times 10^6$	국산
	11	김치 11	$3.07 \times 10^{13}$	$2.21 \times 10^{13}$	$1.10 \times 10^3$	국산
	12	김치 12	$5.07 \times 10^{13}$	$4.46 \times 10^{13}$	$9.00 \times 10^2$	국산
	13	김치 13	$3.55 \times 10^{13}$	$1.23 \times 10^{13}$	$2.50 \times 10^3$	국산
	14	김치 14	$5.08 \times 10^9$	$5.01 \times 10^8$	ND	국산
	15	김치 15	$2.58 \times 10^{10}$	$3.43 \times 10^9$	$1.00 \times 10^2$	국산
	16	김치 16	$8.25 \times 10^7$	$5.15 \times 10^7$	$1.05 \times 10^3$	국산
	17	김치 17	$1.90 \times 10^8$	$4.35 \times 10^7$	$5.35 \times 10^3$	국산
대용량	1	김치 1	$9.00 \times 10^5$	$4.40 \times 10^5$	ND	국산
	2	김치 2	$1.35 \times 10^7$	$1.13 \times 10^7$	ND	국산
	3	김치 3	$8.50 \times 10^6$	$3.90 \times 10^5$	$9.50 \times 10^1$	국산
	4	김치 4	$8.15 \times 10^6$	$4.50 \times 10^6$	$6.50 \times 10^1$	국산
	5	김치 5	$4.95 \times 10^6$	$3.35 \times 10^6$	$5.50 \times 10^1$	국산
	6	김치 6	$1.08 \times 10^6$	$3.35 \times 10^5$	$2.00 \times 10^1$	국산
	7	김치 7	$1.02 \times 10^6$	$1.02 \times 10^5$	ND	국산
	8	김치 8	$8.85 \times 10^7$	$1.23 \times 10^5$	$3.50 \times 10^1$	국산
	9	김치 9	$5.95 \times 10^6$	$1.05 \times 10^6$	$4.50 \times 10^1$	국산
	10	김치 10	$1.04 \times 10^7$	$1.11 \times 10^6$	$2.10 \times 10^2$	국산

<sup>1)</sup>Not detected.

수집된 유통형태별 김치의 수분은 평균 89%로 확인되었으며, 유통형태에 따른 차이는 확인되지 않았다. pH는 오프라인 구매 제품에서 평균 4.2, 온라인 구매 제품에서 5.2로 확인되었으며, 산도도 각각 0.83%, 0.71%로 일부제품을 제외하고 온라인 구매 제품에서 발효도가 낮은 것으로 확인되었다. 온라인 구매 제품 중 산도가 2.41%인 제품이 확인되었는데, 숙성된 제품이 배송하는 동안 높은 온도에 노출되어 발효된 것으로 사료된다. 염도 또한 인터넷을 통하여 유통된 제품에서 2.75%으로 가장 높게 나타났다.

[표 3-16] 유통형태별 김치의 이화학적 품질 특성

구분	번호	시료명	수분(%)	pH	산도(%)	염도(%)	비고
오프라인 (대형 마트)	1	김치 1	89.85±0.04	4.55±1.10	1.10±0.01	1.47±0.24	국산
	2	김치 2	90.90±0.66	3.89±0.03	1.01±0.03	1.13±0.07	국산
	3	김치 3	89.74±0.51	3.81±0.05	1.32±0.02	1.17±0.00	국산
	4	김치 4	87.24±0.47	4.70±0.00	0.48±0.00	1.21±0.07	국산
	5	김치 5	89.02±0.04	3.90±0.03	1.05±0.00	1.29±0.00	국산
	6	김치 6	91.43±0.11	3.94±0.00	0.99±0.00	0.94±0.00	국산
	7	김치 7	87.71±0.21	4.05±0.04	1.06±0.02	1.09±0.07	국산
	8	김치 8	88.56±0.24	4.20±0.03	0.73±0.00	1.13±0.07	국산
	9	김치 9	87.36±0.08	4.12±0.03	1.32±0.01	1.17±0.00	국산
	10	김치 10	89.45±0.01	3.94±0.03	1.11±0.00	1.17±0.00	국산
	11	김치 11	88.01±0.71	5.49±0.03	1.22±0.88	1.48±0.24	국산
	12	김치 12	89.95±0.38	3.83±0.01	0.40±0.01	1.31±0.15	국산
	13	김치 13	90.08±0.13	3.83±0.01	0.39±0.00	1.46±0.00	국산
	14	김치 14	89.84±0.99	4.12±0.01	0.22±0.00	1.34±0.23	국산
	15	김치 15	88.68±0.40	4.08±0.01	0.36±0.00	1.38±0.08	국산
	16	김치 16	89.04±0.26	4.20±0.03	0.61±0.00	0.97±0.06	국산
	17	김치 17	87.59±0.04	4.16±0.00	0.97±0.00	1.37±0.07	국산
	18	김치 18	88.76±1.57	4.11±0.00	0.96±0.01	1.25±0.07	국산
	19	김치 19	88.89±0.28	4.17±0.00	0.84±0.01	1.01±0.07	국산
	20	김치 20	90.72±0.51	4.82±0.03	0.38±0.01	1.01±0.07	국산
	21	김치 21	88.01±0.71	4.05±0.03	0.91±0.00	1.17±0.00	국산
온라인 (인터넷)	1	김치 22	90.37±0.42	5.35±0.03	0.42±0.03	1.76±0.00	국산
	2	김치 23	89.05±0.58	4.95±0.00	0.90±0.02	1.87±0.12	국산
	3	김치 24	85.99±1.57	4.15±0.00	0.94±0.00	2.54±0.00	국산
	4	김치 25	88.23±0.69	5.99±0.03	0.39±0.02	2.30±0.07	국산
	5	김치 26	87.55±0.07	6.06±0.01	0.54±0.02	2.57±0.12	국산
	6	김치 27	88.53±1.47	5.59±0.01	0.99±0.01	1.64±0.12	국산
	7	김치 28	87.53±0.59	5.67±0.01	0.93±0.01	1.99±0.00	국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

[표 3-16] 계속

구분	번호	시료명	수분(%)	pH	산도(%)	염도(%)	비고
온라인 (인터넷)	8	김치 29	89.83±0.13	5.60±0.00	0.30±0.01	1.76±0.00	국산
	9	김치 30	87.58±0.16	5.64±0.05	0.31±0.00	1.95±0.07	국산
	10	김치 31	88.87±0.05	5.80±0.03	0.24±0.01	1.87±0.00	국산
	11	김치 32	89.74±0.19	5.76±0.03	0.24±0.00	1.52±0.00	국산
	12	김치 33	88.59±0.13	5.75±0.03	0.24±0.00	1.72±0.07	국산
	13	김치 34	88.04±0.15	5.87±0.03	0.28±0.00	1.60±0.07	국산
	14	김치 35	89.73±0.16	6.10±0.03	0.24±0.01	1.64±0.00	국산
	15	김치 36	89.88±0.22	5.98±0.03	0.26±0.00	1.64±0.12	국산
	16	김치 37	88.13±0.21	5.86±0.00	0.30±0.01	1.83±0.07	국산
	17	김치 38	88.63±0.33	5.87±0.06	0.25±0.00	2.11±0.12	국산
	18	김치 39	88.09±0.37	4.52±0.03	0.95±0.02	1.40±0.12	국산
	19	김치 40	87.51±2.35	4.42±0.00	0.91±0.02	1.44±0.07	국산
	20	김치 41	88.02±0.03	4.24±0.03	1.10±0.02	1.33±0.07	국산
	21	김치 42	86.25±3.34	4.77±0.03	0.88±0.00	2.30±0.07	국산
	22	김치 43	96.98±0.01	3.56±0.00	0.55±0.00	1.44±0.14	국산
	23	김치 44	90.32±0.76	5.70±0.00	0.26±0.01	1.60±0.07	국산
	24	김치 45	89.15±0.70	5.66±0.04	0.31±0.01	2.03±0.07	국산
	25	김치 46	85.00±0.69	5.74±0.00	0.38±0.01	2.41±0.00	국산
	26	김치 47	88.13±0.21	4.48±0.04	0.75±0.01	2.12±0.07	국산
	27	김치 48	88.81±1.99	5.75±0.00	0.39±0.01	1.52±0.00	국산
	28	김치 49	86.90±0.39	5.10±0.00	0.48±0.00	2.07±0.07	국산
	29	김치 50	89.16±0.11	5.64±0.04	0.35±0.00	1.56±0.07	국산
	30	김치 51	88.96±0.52	5.15±0.79	0.33±0.00	1.56±0.07	국산
	31	김치 52	88.70±0.53	4.96±0.02	0.68±0.01	1.80±0.03	국산
	32	김치 53	86.69±0.65	4.70±0.01	0.73±0.01	2.32±0.11	국산
	33	김치 54	89.13±0.15	5.59±0.03	0.67±0.00	1.23±0.08	국산
	34	김치 55	87.36±0.06	5.81±0.04	0.66±0.01	1.35±0.08	국산
	35	김치 56	89.44±0.16	5.66±0.04	0.66±0.02	1.52±0.00	국산
	36	김치 57	89.61±0.03	4.55±0.00	1.24±0.04	1.40±0.17	국산
	37	김치 58	91.12±0.49	3.72±0.04	2.41±0.04	1.99±0.00	국산
	38	김치 59	88.71±0.12	5.29±0.00	1.11±0.03	2.22±0.00	국산
	39	김치 60	87.30±0.52	4.00±0.00	1.91±0.01	2.75±0.08	국산
	40	김치 61	89.45±0.11	4.87±0.04	0.97±0.02	1.81±0.08	국산
	41	김치 62	89.79±0.24	4.37±0.04	1.40±0.00	1.35±0.08	국산
	42	김치 63	89.96±0.87	3.75±0.00	2.00±0.02	1.99±0.00	국산

<sup>1)</sup>Mean±SD (n=3).

시판되는 김치의 유통형태별 미생물 분석한 결과, 일반세균수는  $10^5 \sim 10^{13}$  CFU/g, 젖산균수는  $10^5 \sim 10^{13}$  CFU/g, 효모 및 곰팡이는 검출되지 않거나  $10^1 \sim 10^7$  CFU/g 수준으로 나타내었다. 미생물 분석 결과, 일반세균수, 젖산균수는 인터넷으로 구매된 제품이  $8.45 \times 10^4$  CFU/g,  $3.70 \times 10^4$  CFU/g으로 가장 낮은 수준으로 나타났으며 대형마트에서 유통된 제품으로  $5.07 \times 10^{13}$  CFU/g,  $4.46 \times 10^{13}$  CFU/g으로 가장 높은 수준으로 나타내었다. 효모 및 곰팡이는 인터넷으로 구매한 제품으로  $2.72 \times 10^7$  CFU/g으로 가장 높은 수준으로 나타내었다.

[표 3-17] 유통형태별 김치의 미생물학적 특성

(단위 : CFU/g)

구분	번호	시료명	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
오프라인 (대형 마트)	1	김치 1	$4.65 \times 10^7$	$1.80 \times 10^8$	$1.12 \times 10^5$	국산
	2	김치 2	$1.18 \times 10^8$	$5.00 \times 10^8$	$1.80 \times 10^4$	국산
	3	김치 3	$3.95 \times 10^7$	$1.05 \times 10^8$	$5.15 \times 10^5$	국산
	4	김치 4	$2.41 \times 10^{11}$	$2.48 \times 10^{11}$	ND <sup>1)</sup>	국산
	5	김치 5	$4.00 \times 10^6$	$6.50 \times 10^6$	$2.65 \times 10^5$	국산
	6	김치 6	$3.05 \times 10^8$	$3.35 \times 10^8$	$2.35 \times 10^4$	국산
	7	김치 7	$8.30 \times 10^8$	$5.50 \times 10^9$	$5.05 \times 10^4$	국산
	8	김치 8	$1.19 \times 10^{10}$	$1.32 \times 10^{11}$	$1.00 \times 10^3$	국산
	9	김치 9	$3.34 \times 10^8$	$2.35 \times 10^8$	$7.10 \times 10^5$	국산
	10	김치 10	$3.50 \times 10^8$	$2.30 \times 10^8$	$1.35 \times 10^5$	국산
	11	김치 11	$7.49 \times 10^8$	$2.19 \times 10^8$	$1.00 \times 10^3$	국산
	12	김치 12	$2.82 \times 10^9$	$3.04 \times 10^9$	$9.03 \times 10^5$	국산
	13	김치 13	$1.93 \times 10^8$	$6.80 \times 10^8$	$1.01 \times 10^6$	국산
	14	김치 14	$5.97 \times 10^{11}$	$5.80 \times 10^{11}$	$8.00 \times 10^4$	국산
	15	김치 15	$1.50 \times 10^7$	$1.76 \times 10^{11}$	$2.15 \times 10^5$	국산
	16	김치 16	$3.61 \times 10^{11}$	$2.49 \times 10^{11}$	$5.00 \times 10^2$	국산
	17	김치 17	$1.34 \times 10^{13}$	$1.58 \times 10^{13}$	$7.00 \times 10^6$	국산
	18	김치 18	$3.07 \times 10^{13}$	$2.21 \times 10^{13}$	$1.10 \times 10^3$	국산
	19	김치 19	$4.45 \times 10^{13}$	$3.54 \times 10^{13}$	ND	국산
	20	김치 20	$5.07 \times 10^{13}$	$4.46 \times 10^{13}$	$9.00 \times 10^2$	국산
	21	김치 21	$3.55 \times 10^{13}$	$1.23 \times 10^{13}$	$2.50 \times 10^3$	국산
온라인 (인터넷)	1	김치 22	$2.03 \times 10^{13}$	$2.00 \times 10^{13}$	$4.10 \times 10^3$	국산
	2	김치 23	$2.40 \times 10^{11}$	$3.04 \times 10^{11}$	$2.30 \times 10^3$	국산
	3	김치 24	$1.16 \times 10^{10}$	$1.86 \times 10^{11}$	$2.72 \times 10^7$	국산
	4	김치 25	$1.27 \times 10^7$	$3.10 \times 10^7$	$1.00 \times 10^2$	국산
	5	김치 26	$1.20 \times 10^7$	$1.42 \times 10^8$	$3.00 \times 10^2$	국산
	6	김치 27	$1.94 \times 10^{10}$	$9.90 \times 10^9$	$1.00 \times 10^2$	국산
	7	김치 28	$5.75 \times 10^9$	$9.05 \times 10^9$	ND	국산

<sup>1)</sup>Not detected.

[표 3-17] 계속

(단위 : CFU/g)

구분	번호	시료명	일반세균	젖산균	효모 및 곰팡이	비고
온라인 (인터넷)	8	김치 29	9.00×10 <sup>5</sup>	4.40×10 <sup>5</sup>	ND <sup>1)</sup>	국산
	9	김치 30	1.35×10 <sup>7</sup>	1.13×10 <sup>7</sup>	ND	국산
	10	김치 31	8.50×10 <sup>6</sup>	3.90×10 <sup>5</sup>	9.50×10 <sup>1</sup>	국산
	11	김치 32	8.15×10 <sup>6</sup>	4.50×10 <sup>6</sup>	6.50×10 <sup>1</sup>	국산
	12	김치 33	4.95×10 <sup>6</sup>	3.35×10 <sup>6</sup>	5.50×10 <sup>1</sup>	국산
	13	김치 34	1.08×10 <sup>6</sup>	3.35×10 <sup>5</sup>	2.00×10 <sup>1</sup>	국산
	14	김치 35	1.02×10 <sup>6</sup>	1.02×10 <sup>5</sup>	ND	국산
	15	김치 36	8.85×10 <sup>7</sup>	1.23×10 <sup>5</sup>	3.50×10 <sup>1</sup>	국산
	16	김치 37	5.95×10 <sup>6</sup>	1.05×10 <sup>6</sup>	4.50×10 <sup>1</sup>	국산
	17	김치 38	1.04×10 <sup>7</sup>	1.11×10 <sup>6</sup>	2.10×10 <sup>2</sup>	국산
	18	김치 39	5.08×10 <sup>9</sup>	5.01×10 <sup>8</sup>	ND	국산
	19	김치 40	2.58×10 <sup>10</sup>	3.43×10 <sup>9</sup>	1.00×10 <sup>2</sup>	국산
	20	김치 41	7.83×10 <sup>10</sup>	9.22×10 <sup>10</sup>	2.50×10 <sup>2</sup>	국산
	21	김치 42	3.64×10 <sup>7</sup>	3.05×10 <sup>7</sup>	1.00×10 <sup>1</sup>	국산
	22	김치 43	2.60×10 <sup>7</sup>	3.70×10 <sup>8</sup>	1.59×10 <sup>5</sup>	국산
	23	김치 44	5.70×10 <sup>6</sup>	3.65×10 <sup>6</sup>	3.35×10 <sup>4</sup>	국산
	24	김치 45	8.80×10 <sup>6</sup>	6.05×10 <sup>6</sup>	7.35×10 <sup>3</sup>	국산
	25	김치 46	5.35×10 <sup>6</sup>	1.09×10 <sup>5</sup>	4.85×10 <sup>4</sup>	국산
	26	김치 47	7.47×10 <sup>11</sup>	1.97×10 <sup>11</sup>	4.15×10 <sup>4</sup>	국산
	27	김치 48	8.25×10 <sup>7</sup>	5.15×10 <sup>7</sup>	1.05×10 <sup>3</sup>	국산
	28	김치 49	1.90×10 <sup>8</sup>	4.35×10 <sup>7</sup>	5.35×10 <sup>3</sup>	국산
	29	김치 50	1.85×10 <sup>10</sup>	1.83×10 <sup>9</sup>	ND	국산
	30	김치 51	2.33×10 <sup>8</sup>	1.40×10 <sup>8</sup>	1.00×10 <sup>1</sup>	국산
	31	김치 52	2.84×10 <sup>10</sup>	3.93×10 <sup>9</sup>	ND	국산
	32	김치 53	7.55×10 <sup>8</sup>	1.40×10 <sup>9</sup>	ND	국산
	33	김치 54	1.01×10 <sup>7</sup>	8.60×10 <sup>6</sup>	3.05×10 <sup>3</sup>	국산
	34	김치 55	4.75×10 <sup>6</sup>	3.13×10 <sup>6</sup>	2.75×10 <sup>3</sup>	국산
	35	김치 56	7.95×10 <sup>5</sup>	6.15×10 <sup>5</sup>	1.00×10 <sup>2</sup>	국산
	36	김치 57	6.95×10 <sup>7</sup>	7.15×10 <sup>7</sup>	2.10×10 <sup>3</sup>	국산
	37	김치 58	4.85×10 <sup>5</sup>	6.20×10 <sup>5</sup>	2.70×10 <sup>4</sup>	국산
	38	김치 59	4.65×10 <sup>7</sup>	4.55×10 <sup>7</sup>	ND	국산
	39	김치 60	4.15×10 <sup>6</sup>	4.95×10 <sup>5</sup>	ND	국산
	40	김치 61	1.65×10 <sup>6</sup>	1.71×10 <sup>6</sup>	ND	국산
	41	김치 62	6.10×10 <sup>9</sup>	4.25×10 <sup>9</sup>	5.00×10 <sup>1</sup>	국산
	42	김치 63	8.45×10 <sup>4</sup>	3.70×10 <sup>4</sup>	8.95×10 <sup>3</sup>	국산

<sup>1)</sup>Not detected.

포장형태별 김치 제품의 아플라톡신 오염 현황을 확인한 결과, 아플라톡신이 검출된 제품 8종 중 PET 포장제품 2종(<LOD 이하), PE pouch 포장제품 1종(0.02 µg/kg), 소용량 4종(<LOD 이하), 대용량 1종(0.02 µg/kg)으로 나타났다. PET와 PE pouch의 포장용량을 감안할 때 소용량 포장 제품 7종에서 아플라톡신 오염이 확인되어 포장공정에서도 관리가 필요할 것으로 생각된다.

유통형태별로 김치 제품의 아플라톡신 오염도를 분류한 결과, 오프라인(대형마트)에서 판매되는 제품이 7종이었으며, 온라인(인터넷) 판매 제품은 1종으로 인터넷을 통하여 유통되는 제품보다 대형마트에서 유통되는 제품에서 오염 발생 빈도수가 높았으나 대부분 아플라톡신 오염은 거의 없는 것으로 확인되었다. 그러나 김치의 아플라톡신 오염원이 될 수 있는 고춧가루 제품에서 아플라톡신이 검출되고 있고 기후의 변화로 인한 오염 발생 가능성이 높으므로 지속적인 모니터링이 필요한 상황인 것으로 판단된다.

[표 3-18] 포장형태별 및 유통형태별 김치 제품 중 아플라톡신 오염도

(단위 : µg/kg)

시료번호	시료명	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	비고
1	김치 1	<LOD	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	<LOD	PET, 오프라인
2	김치 2	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	소용량, 오프라인
3	김치 3	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	PE pouch, 오프라인
12	김치 12	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	PET, 오프라인
14	김치 14	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	소용량, 오프라인
20	김치 20	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	소용량, 오프라인
21	김치 21	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	소용량, 오프라인
45	김치 45	<LOD	ND	ND	ND	<LOD	대용량, 온라인

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>ND: not detected

\*LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.04, AFB2=0.06, AFG1=0.27, AFG2=0.08.

#### 다. 김치의 아플라톡신 오염원인 규명

계절별 김치의 원부재료 및 제품 그리고 김치 제조공정별 시료에 대하여 아플라톡신 함량을 모니터링 한 결과 부재료 중 건고추 및 고춧가루에서 아플라톡신이 오염되는 것으로 확인되었다. 결과적으로 아플라톡신에 오염된 건고추 또는 고춧가루를 사용하여 김치를 제조할 경우 아플라톡신에 오염될 가능성이 높으므로 청결한 제품의 고추가공품을 사용하여야 할 것으로 판단된다. 또한 저장 중 아플라톡신 생성유무를 확인하기 위하여 고춧가루에 아플라톡신 생성균주를 처리한 후 저장 조건별로 아플라톡신 생성유무 및 생성량을 확인한 결과, RH 75% 시 생성량의 차이가 발생하지만 25°C, 35°C 및 37°C 조건에서 아플라톡신을 생산하는 것으로 나타났다.

## 제 4 절 수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신 오염 방지 기술 개발

### 1. 연구수행 방법

#### 가. 아플라톡신 생성 억제를 위한 김치 원부재료 저장조건 설정

아플라톡신 생성 억제를 위한 김치 원부재료 저장조건 설정을 위해 아플라톡신 오염에 취약한 고춧가루를 대상으로 아플라톡신 생성균주를 오염시킨 후 온도 및 습도조건별로 저장하면서 아플라톡신 함량 변화를 확인하였다.

##### (1) 시료 준비

본 실험에 사용한 고춧가루는 광주광역시 소재 농산물 시장에서 구입(국내산)하여 18 mesh(1.0 mm)로 체질하여 균질화한 후 biohazard bag에 밀봉하여 121℃에서 15분 동안 고압 증기 멸균 후 드라이오븐에서 건조하여 사용하였다.

##### (2) 아플라톡신 생성균주 처리

고춧가루 저장조건이 아플라톡신 생성에 미치는 영향을 확인하기 위하여 고춧가루에 *Aspergillus flavus* KCCM 60330, *Aspergillus parasiticus* KCCM 35078 균주를 한국미생물 보존센터에서 구입하여 PDA(Potato dextrose agar, Difco Co., USA)고체평판배지에 접종한 후 35℃에서 48시간 배양하여 균체를 증식시킨 후 사용하였다. 각각의 균주를 멸균수를 가하고 포자를 씻어내는 조작을 반복 하며 1회용 spreader로 회수하여 고춧가루에 직접 문지른 후 2시간 동안 혼합하여 균질화하였다. 본 시료는 비닐백(고밀도 폴리에틸렌, HDPE)에 담아 백색 케 이블타이로 밀봉하여 저장한 후 실험에 사용하였다.

##### (3) 저장조건

아플라톡신 생성균주를 오염시킨 고춧가루 시료는 상대습도(35, 55 및 75%)를 달리하여 25℃에서 7일간 저장하면서 품질 및 아플라톡신 함량을 분석하였으며, 온도(10, 25 및 35℃)를 달리하여 상대습도 75%에서 7일간 저장하며 저장 중 품질 및 아플라톡신 함량을 측정하였다

##### (4) 실험 방법

###### (가) 수분

고춧가루의 수분함량은 시료 약 1 g을 취하여 적외선 수분 측정기(MB45, Ohaus, UK)를 이용하여 측정하였다.

###### (나) 아플라톡신 생성균

아플라톡신 생성균(*A. flavus* 및 *A. parasiticus*)수는 PDA(Potato dextrose agar, Difco Co., USA)배지에 10% tartaric acid 1.4 mL/100 mL를 첨가하여 고체 평판배지로 제조한 다음 시료

10 g을 단계별로 희석하여 접종한 뒤 spreading culture method로 30℃에서 48시간 배양 후 계수하였다.

(다) 아플라톡신 함량

비커에 시료 약 10 g을 채취하여 70% Methanol(Fisher scientific co., USA) 100 mL를 가하고 초음파추출기(Power sonic 520, HWASHIN, Korea)로 5분간 균질화한 후 이를 여과지(Watman No. 1)로 여과하였다. 여액 10 mL를 100 mL 플라스크에 취하고 1% Tween 20 용액(Sigma chemical co., USA) 30 mL를 가하여 혼합한 다음 유리섬유여과지(Whatman, UK)로 여과한 것을 추출액으로 하였다. 추출액 20 mL를 immunoaffinity column(AflaTest, Vicam Co., USA)에 주입하여 초당 1~2방울의 속도로 통과시킨 후 증류수 10 mL로 column을 세척하고 acetonitrile(J.T.Baker, USA) 3 mL로 용출시켰다. 용출액을 질소농축기(HV-300, LABOGENE, Seoul, Korea)에서 50℃로 건조시키고 잔류물에 trifluoroacetic acid(Junsei, Japan) 0.2 mL를 가하여 암소에서 15분간 방치시킨 후 acetonitrile과 water(20:80, v/v) 혼합용액 0.8 mL를 가하여 혼합하고 0.2 µm membrane filter로 여과한 것을 시험용액으로 하였다. u-HPLC/FLD (Lachrom ultra, Hitachi, Japan) 기기분석 조건은 [표 4-1]와 같으며, 총 아플라톡신의 함량은 다음의 식에 따라 산출하였다.

$$\text{총 아플라톡신의 함량}(\mu\text{g}/\text{kg}) = (C_{\text{AFB1}} + C_{\text{AFB2}} + C_{\text{AFG1}} + C_{\text{AFG2}}) \times V/S \times D$$

$C_{\text{AFB1}}$ : 검량선에서 구한 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 농도(ng/mL)

$C_{\text{AFB2}}$ : 검량선에서 구한 아플라톡신 B<sub>2</sub>의 농도(ng/mL)

$C_{\text{AFG1}}$ : 검량선에서 구한 아플라톡신 G<sub>1</sub>의 농도(ng/mL)

$C_{\text{AFG2}}$ : 검량선에서 구한 아플라톡신 G<sub>2</sub>의 농도(ng/mL)

V: 시험용액의 최종부피(mL)

S: 시료 채취량(g)

D: 시험용액의 희석배수

[표 4-1] 아플라톡신 분석을 위한 u-HPLC/FLD 운영조건

Instrument	Hitachi, Lachrom Ultra
Detector	2485u-Fluorescence Detector
Column	LaChromUltra (2.0 mm × 50 mm, 2 µm)
Mobile phase	Acetonitrile : DW = 18 : 82 (isocratic)
Flow rate(mL/min)	0.6
Column temp.	40℃
Injection volume	5 µL
Wavelength (Ex/Em, nm)	360/450

(라) 통계분석

실험결과는 SPSS(Statistical Package for the Social Science, ver 19, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package를 이용하여 one-way ANOVA test를 수행하였고, 사후분석을 위해 Duncan's multiple range test로 시료간의 유의성을 검증하였다(p<0.05).

나. 김치 원부재료 및 제품 중 아플라톡신 생성 억제 및 저감 효과 분석

김치 원부재료 및 제품 중 아플라톡신 생성 억제 및 저감효과 분석을 위해 아플라톡신 오염에 취약한 고춧가루와 고춧가루를 포함하는 양념 및 김치에 [표 4-2]과 같이 물리적, 화학적 및 미생물학적 처리를 실시하여 효과를 분석하였다. 화학적 처리 효과를 확인을 위해 유기산은 식품첨가물용 acetic acid 및 lactic acid를 사용하였고, 미생물 처리에 의한 효과를 확인하기 위하여 *Lactobacillus plantarum* 및 *Leucunostoc mesenteriodes* 2종의 젖산균을 사용하였다.

[표 4-2] 아플라톡신 생성 억제 및 저감 효과 분석을 위한 처리방법 및 시료구분

구분		대상시료
물리적 처리	적외선 조사	고춧가루
	UV-LED 조사	고춧가루
	감마선 조사	양념, 김치
화학적 처리	유기산	양념
	자몽종자추출물	양념
미생물학적 처리	젖산균	김치

(1) 적외선 조사에 의한 아플라톡신 생성균 생육억제 및 아플라톡신 저감 효과

(가) 포자 현탁액 조제

*A. parasiticus*를 PDA(Potato dextrose agar, Difco Co., USA) 고체평판배지에 접종한 후 35°C에서 48시간 배양하여 균체를 증식시켰다. 형성된 균체와 포자에 멸균된 0.1% tween 80 용액 1 ml와 멸균수 5 ml를 가하고 흔들어 포자를 씻어내는 조작을 3회 반복 실시한 뒤, 멸균수를 가하여 hemacytometer와 현미경으로 검경하면서 포자수를 10<sup>6</sup>~10<sup>7</sup>/mL으로 조절하여 포자현탁액을 조제하였다. 실험에 사용된 포자 현탁액은 매 실험 시 제조하여 실험에 사용하였다.

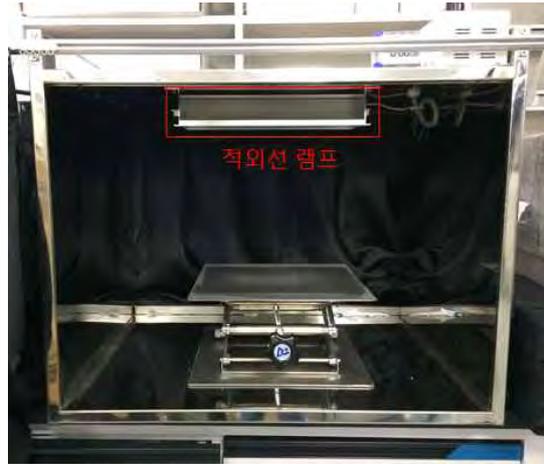
(나) 시료 제조

균질화(18 mesh)하여 멸균(121°C, 15분)한 고춧가루에 *A. parasiticus* 포자 현탁액을 1 mL/100 g으로 오염시켰다. 아플라톡신 생성균주에 오염된 고춧가루는 30°C에서 16시간 및 96시간동안 배양하였으며, 적외선 조사를 위한 시료로 사용하였다.

(다) 적외선 조사

적외선원은 전압이 230V이고 출력이 2000W인 길이 350 mm의 근적외선램프(Straight Tube SK15 Wire-Type, Hana Halogen, Siheung, Korea)를 구입하여 출력을 조절 할 수 있도록 하

여 박스 형태(외형 62 × 50 × 50 cm<sup>3</sup>)로 제작하였으며, 적외선의 고른 조사를 위해 알루미늄 재질의 반사판을 설치하여 사용하였다(그림 4-1). *A. parasiticus*를 배양시킨 고춧가루(200 g)는 SUS재질의 바트(33 × 28 × 5 cm)에 균일하게 퍼준 뒤 적외선 램프와 30 cm 거리를 두고 출력시간을 1, 2 및 3 분으로 설정하여 조사하였다.



[표 4-2] 적외선 조사 장치.

(라) 실험 방법

아플라톡신 생성균주 포자 현탁액에 오염된 고춧가루는 수분, 수분활성도, *A. parasiticus* 수, 총 아플라톡신 함량을 분석하였으며, 수분활성도를 제외한 다른 항목은 상기에 기술한 바와 같이 동일하게 수행하였다. 수분활성도는 수분활성측정기(AQS-31-TC, Germany)를 이용하여 3회 이상 측정 후, 그 평균값으로 나타내었다.

(2) UV-LED 조사에 의한 아플라톡신 생성균 생육억제 및 아플라톡신 저감 효과

(가) 시료 제조

제4절 1, 나, (1), (가)와 동일한 방법으로 제조된 *A. parasiticus* 포자 현탁액을 멸균한 고춧가루 100 g당 1 mL씩 오염시켜 30°C에서 16시간 배양하여 시료로 사용하였다.

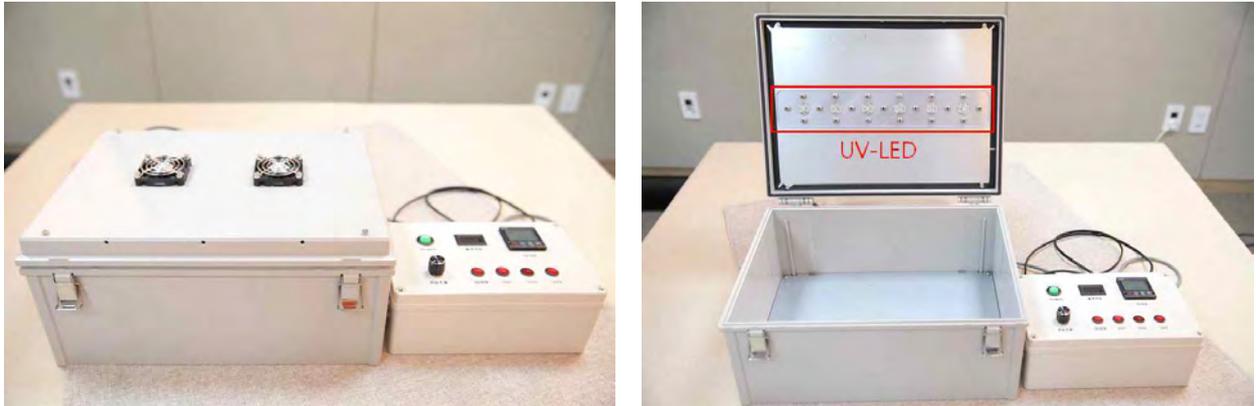
(나) UV-LED 조사

UV 조사 효과를 확인하기 위해 기존의 UV 수은램프에 비해 효율이 좋고 수명이 긴 UV-LED를 사용하였다. UV-LED의 파장은 275 nm이었으며, (주)서울바이오시스(경기도 안산)에서 생산한 제품을 구입하여 살균박스를 제작하여 실험에 사용하였다. 살균박스는 외형이 40 × 30 × 20 cm<sup>3</sup> 크기의 PVC 박스 내부 윗면에 UV-LED를 부착하였으며, 조사처리 중 발생하는 열에 의한 PVC 박스 손상을 막기 위해 방열판을 내부에 부착하고, 뚜껑부에 fan을 설치하였다(그림 4-2). UV-LED의 optical power는 1.6 W × 6개로 구성되었다. *A. parasiticus*가 배양된 고춧가루(200 g)를 SUS 재질의 바트(33 × 28 × 5 cm)에 균일하게 퍼준 후 1, 2 및 3 시간 동안 UV를 조사하였다.

(다) 실험 방법

아플라톡신 생성균주 포자 현탁액에 오염된 고춧가루는 수분, 수분활성도, *A. parasiticus* 수,

총 아플라톡신 함량을 분석하였으며, 상기에 기술한 바와 같이 동일하게 수행하였다.



[그림 4-2] UV-LED 조사 장치.

### (3) 감마선 조사에 의한 아플라톡신 생성균 생육억제 및 아플라톡신 저감 효과

#### (가) 시료 제조

실험에 사용된 김치 양념 및 김치는 광주광역시 (주)감칠배기 공장에서 당일 제조한 것을 구입하여 사용하였다. 균질성 확보를 위해 김치는 blender로 마쇄하여 사용하였으며, 김치 양념과 김치는 각각 비커에 담아 121℃에서 15분간 멸균 후 방랭시킨 뒤 실험에 사용하였다. 감마선 조사를 위해 김치와 김치 양념은 PE bag(18×28 cm)에 각각 300 g 씩 포장한 뒤 미리 제조한 아플라톡신 포자 현탁액을 1 mL/100 g로 오염시켰다. 이 후 포장지 내부 공기를 최대한 탈기하여 실링기(NT 400, HANATO Co., Korea)를 이용하여 포장한 뒤 30℃에서 18시간 배양하여 감마선 조사 처리를 위한 시료로 사용하였다.

#### (나) 감마선 조사

감마선 조사는 한국원자력연구원 첨단방사선연구소 내 선원 <sup>60</sup>Co 고준위 감마선 조사시설(MDS Nordion International Co. Ltd., Canada)을 이용하였으며, 시간당 5, 10 및 20 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 조사하였다.

#### (다) 실험 방법

김치 양념 및 김치는 시료 제조 당일 화학적 특성(pH, 산도, 염도)을 분석하였으며, 감마선 조사 후 아플라톡신 생성균 억제 및 아플라톡신 저감효과를 확인하기 위해 *A. parasiticus* 수 및 총 아플라톡신 함량을 분석하였다. 화학적 특성을 제외한 다른 항목은 상기에 기술한 바와 동일한 방법으로 분석하였다.

#### ① pH 및 산도

pH는 blender로 간 반죽(paste)상태의 시료에 pH electrode(ORION 3 STAR, Thermo, Waltham, USA)를 직접 넣어 측정하였다. 적정산도는 blender로 간 반죽상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 적당히 희석(100 mL) 하여 여과(Advantec No. 1)한 여과액 20 mL에 0.01 N NaOH 용액으로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하여 소비된 0.01 N NaOH 용액 소비량을 구한 후 다음의 식에 따라 lactic acid(% w/v)로 환산하였다.

$$\text{적정산도}(\%, \text{ w/v}) = \frac{(A - B) \times 0.0009 \times f \times D}{S} \times 100$$

여기에서 A: 본 시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL 수, B: 바탕시험에 소비된 0.01 N NaOH 용액의 mL수, f: 0.01 N NaOH 용액의 역가, D: 희석배수, S: 시료채취량(g)이다.

## ② 염도

염도는 blender로 간 반죽(paste)상태의 시료 약 1 g을 정확히 달아 100배 희석하여 여과한 (Advantec No. 1) 여과액을 10 mL를 취하여, 2% potassium chromate 1 mL를 넣어 0.02 N AgNO<sub>3</sub> 용액으로 적정하여 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

### (4) 화학적 처리에 따른 아플라톡신 생성 억제 및 저감 효과

#### (가) 실험 재료

실험에 사용된 양념은 광주광역시 (주)감칠배기 공장에서 당일 제조한 것을 구입하여 사용하였다. 화학적 처리를 위한 천연항균물질은 항균활성이 높은 자몽종자추출물(DF-100, ESFood,, Brazil)로 선택하였으며, 유기산은 선행연구 중 효모 및 곰팡이 제어효과가 뛰어난 acetic acid 및 lactic acid(식품첨가물용)를 선정하여 실험에 사용하였다.

#### (나) 시료 제조

김치 양념은 비이커에 담아 121°C에서 15분간 멸균하여 화학적 처리에 따른 시료의 균질성 확보를 위해 무게 대비 25%의 증류수를 가하고, 아플라톡신 생성균 포자 현탁액을 1 mL/100 g를 오염시킨 뒤 1분간 600 rpm으로 교반하였다. 이후 자몽종자추출물 0.3, 0.5 및 1.0 g/kg와 acetic acid 및 lactic acid 1%를 각각 첨가한 뒤 다시 600 rpm에서 1분간 교반하며 균질화 시켜 30°C에서 42시간 배양시켰다.

#### (다) 실험 방법

김치 양념은 상기에 기술한 바와 동일한 방법으로 시료 제조 당일 화학적 특성(pH, 산도, 염도)을 분석하였으며, 30°C에서 42시간 배양 후 아플라톡신 생성균 억제 및 아플라톡신 저감효과를 확인하기 위해 *A. parasiticus* 수 및 총 아플라톡신 함량을 분석하였다.

### (5) 미생물 처리에 따른 아플라톡신 생성 억제 및 저감 효과

#### (가) 젓산균 배양

미생물 처리에 사용된 균주는 김치 발효에 주로 관여하는 젓산균 *Lac. plantarum* KCCM 11322과 *Leu. mesenteroides* KCCM 11325로 모두 세계김치연구소 미생물유전자은행에서 보유하고 있는 표준균주를 분양받아 사용하였다. 분양받은 균주는 MRS(Lactobacilli MRS agar, Difco Co., USA) 고체평판배지에 도말되어 37°C 배양기에서 48시간 배양 후 단일 콜로니로 계대배양시켰다. 각 균주는 MRS(Lactobacilli MRS broth, Difco Co., USA) broth에서 접종한 뒤 37°C에서 24시간 동안 배양하여 활성화시킨 후, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 배지를 제거하였다. 배지 제거 후 생성된 pellet은 멸균증류수로 3회 세척하여 멸균 김치에 접종하였다.

#### (나) 시료 제조

실험에 사용된 김치는 광주광역시 (주)감칠배기 공장에서 당일 제조한 것을 구입하여 미생물 처리에 따른 균질화를 위해 분쇄한 뒤 121°C에서 15분 멸균 하였다. 멸균 김치에 *A. parasiticus* 포자 현탁액을 1mL/100g로 오염시킨 후 *Lac. plantarum*(LP)과 *Leu. mesenteroides*(LM)를 각각 시료별로 약 7 log CFU/g 수준으로 첨가한 뒤 제조된 시료는 30°C 인큐베이터에서 18, 42시간 배양시키며 실험하였다. 시료는 음성대조구(NC)와 양성대조구(PC), *Lac. plantarum* 접종구(LP), *Leu. mesenteroides* 접종구(LM)로 표기하였다.

#### (다) 실험 방법

김치는 배양시간에 따라 화학적 특성(염도, pH, 산도) 및 미생물학적 특성(젖산균, *A. parasiticus*), 총 아플라톡신 함량을 분석하였으며, 젖산균을 제외한 다른 항목은 상기에 기술한 바와 동일한 방법으로 수행하였다.

### 다. 김치 발효조절에 의한 아플라톡신 생성 억제 효과 분석

#### (1) 아플라톡신 오염 농도에 따른 김치의 저장 중 아플라톡신 함량 변화

##### (가) 실험 재료

실험에 사용된 절임배추는 광주광역시 (주)감칠배기 공장에서 당일 제조한 것을 구입하여 사용하였으며 부재료인 무, 쪽파, 마늘, 생강(국내산)은 광주 서부농수산물도매시장에서 구입하였다. 고춧가루(Yeongyang farmers, Yeongyang, Kora) 및 찹쌀가루(Cheonghwa food, Gwangju, Korea)는 인근 마트에서 구입하여 실험에 사용하였다. 아플라톡신 오염에 사용한 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, 및 G<sub>2</sub> 표준품(Supelco Co., Bellefonte, PA, USA)은 분말형태의 제품을 구입하여 사용하였으며, 기기분석에 사용한 아플라톡신 표준품은 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, 및 G<sub>2</sub>가 각각 1, 0.3, 1 및 0.3 µg/mL 농도로 혼합된 용액(Supelco Co., Bellefonte, PA, USA)을 구입하여 사용하였다.

##### (나) 시료 제조

절임배추는 추대고를 자른 뒤 배추의 일부분과 줄기부분을 2~3 cm 크기로 절단하여 골고루 혼합하였다. 부재료인 무와 마늘 생강을 믹서기를 이용하여 분쇄하였으며, 쪽파는 2 cm 크기로 절단하였다. 준비한 원부재료는 [표 4-3]과 같은 비율로 첨가하여 버무린 뒤 김치를 제조하였다. 제조된 김치는 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> 혼합 용액을 10 ppb 및 20 ppb 농도로 첨가하여 오염시킨 뒤 혼합하여 PE bag에 담아 실링기(NT 400, HANATO Co., Korea)를 이용하여 포장하였다. 시료는 대조구(A)와 아플라톡신 10 ppb 오염구(B), 아플라톡신 오염 20 ppb 오염구(C)로 구분되며, 제조 직후 4°C에 8주 동안 저장하며 2주 간격으로 채취하여 품질 특성을 분석하였다.

##### (다) 실험 방법

김치는 저장기간에 따라 이화학적(수분, 염도, pH, 산도)특성 및 미생물학적(일반세균, 젖산균, 효모 및 곰팡이, 대장균 및 대장균군) 특성과 아플라톡신 생성균 확인시험 및 총 아플라톡신 함량을 분석하였다. 미생물학적 특성 및 아플라톡신 생성균 확인시험을 제외한 모든 항목의 실험방법은 상기에 기술한 방법과 동일하게 수행하였다.

[표 4-3] 김치 제조 배합비

재료명	비율(% w/w)
절임배추	80
고춧가루	3
무	3
마늘	2.5
생강	0.8
쪽파	2.5
멸치액젓	3
참쌀풀	0.8
물	4.4
총계	100

① 미생물학적 특성

마쇄한 김치 시료 10 g을 멸균 bag에 넣고 멸균된 0.85% NaCl 식염수 90 mL를 첨가하여 1 분 동안 Bag mixer(400vw, Interscience Co., France)에서 균질화하였다. 이를 10진 희석법으로 희석한 뒤 각각의 배지에 접종하였다. 일반세균수는 PCA(Plate count agar, Difco Co., USA) 배지를 사용하여 단계별로 희석한 시료를 접종한 후 pour plate method로 30°C에서 48시간 배양하여 계수하였다. 젖산균수는 MRS(Lactobacilli MRS agar, Difco Co., USA)배지에 25 ppm의 BCP(bromocresol purple) 지시약을 넣어 제조한 뒤 단계별로 희석한 시료를 접종하여 pouring culture method로 30°C에서 48시간 배양하고 총 colony와 yellow 발색 반응을 나타낸 colony를 계수하였다. 효모 및 곰팡이 균수는 PDA(potato dextrose agar, Difco)배지에 10% tartaric acid를 첨가하여 제조한 뒤 멸균하여 단계별로 희석한 시료를 접종한 다음 Spread plate method로 25°C에서 72시간 배양 후 계수하였다. 대장균 및 대장균군은 대장균 및 대장균 균 계수용 film(*E. coli*/coliform Count plate, 3M Microbiology Products)에 시료 희석액을 접종한 뒤 30°C에서 48시간 배양하였다. Coliform은 생성된 붉은 집락 중 주위에 기포를 형성하고 있는 colony를 계수하였고, *E. coli*는 생성된 파란 집락 중 주위에 기포를 형성하고 있는 colony를 계수하였다.

② 아플라톡신 생성균

아플라톡신 생성균 확인시험은 다음과 같이 실시하였다. 김치 제조 시 사용되는 부재료의 아플라톡신 생성균으로 알려진 *A. flavus*와 *A. parasiticus*의 존재 유무를 확인하기 위해 아플라톡신 생성균 확인 실험을 분석하였다. 시료 40 g을 0.1% 펩톤수 200 mL에 넣고 30분간 혼합한 뒤 0.1% 펩톤수로 1:10, 1:20, 1:40의 비율로 희석하였다. 희석액은 chloramphenicol selective supplement(Oxoid, England)를 넣어 미리 제조한 AFPA base(Oxoid, England) 배지에 접종 후 도말하여 30°C에서 42시간 배양하였다. Plate 뒷면이 노란색/오렌지색인 모든 균수를 계측하여 검출될 경우 양성, 불검출될 경우 음성으로 판정하였다.

## (2) 젓산균 첨가에 따른 김치 저장 중 아플라톡신 함량 변화

### (가) 실험 재료

실험에 사용된 절임배추는 광주광역시 (주)감칠배기 공장에서 당일 제조한 것을 구입하여 사용하였으며 부재료인 무, 쪽파, 마늘, 생강(국내산)은 광주 서부농수산물도매시장에서 구입하였다. 고춧가루(Yeongyang farmers, Yeongyang, Kora) 및 찹쌀가루(Cheonghwa food, Gwangju, Korea)는 인근 마트에서 구입하여 실험에 사용하였다. 아플라톡신 오염에 사용한 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, 및 G<sub>2</sub> 표준품(Supelco Co., Bellefonte, PA, USA)은 분말형태의 제품을 구입하여 사용하였으며, 기기분석에 사용한 아플라톡신 표준품은 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, 및 G<sub>2</sub>가 각각 1, 0.3, 1 및 0.3 µg/mL 농도로 혼합된 용액(Supelco Co., Bellefonte, PA, USA)을 구입하여 사용하였다.

### (나) 젓산균 배양

김치의 발효 초기에 젓산균을 강화하기 위하여 첨가된 젓산균은 *Lac. plantarum*(KCCM 11322)과 *Leu. mesenteroides*(KCCM 11325)로 모두 세계김치연구소 미생물유전자은행에서 보유하고 있는 균주를 분양받아 사용하였다. 분양받은 균주는 MRS(Lactobacilli MRS agar, Difco Co., USA) 고체평판배지에 도말되어 37°C 배양기에서 48시간 배양 후 단일 콜로니로 계대배양시켰다. 각 균주는 MRS(Lactobacilli MRS broth, Difco Co., USA) 액체배지에서 접종한 뒤 37°C에서 24시간 동안 배양하여 활성화시킨 후, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 배지를 제거하였다. 배지 제거 후 생성된 pellet은 멸균증류수로 3회 세척하여 김치 양념에 약 7 log CFU/g 수준으로 첨가하였다.

### (다) 김치 제조

상기 제4절 1, 다, (1), (나)와 동일한 방법으로 제조된 김치에 *Lac. plantarum*(LP)과 *Leu. mesenteroides*(LM)를 각각 시료별로 첨가하고, 이후 미리 제조한 아플라톡신(AFs) 10 ppb 용액을 김치에 첨가하여 오염시켰다. 제조된 김치는 PE bag에 담은 후 최대한 내부 공기를 탈기하여 실링기(NT 400, HANATO Co., Korea)를 이용하여 포장하였다. 제조된 시료는 대조구(A)와 아플라톡신 오염구(B, AFs 오염구), 아플라톡신 오염 및 *Lac. plantarum* 접종구(C, AFs+LP), 아플라톡신 오염 및 *Leu. mesenteroides* 접종구(D, AFs+LM)로 구분되며, 제조 직후 4°C에 8주 동안 저장하며 2주 간격으로 채취하여 품질 특성을 분석하였다.

### (라) 실험 방법

김치는 저장기간에 따라 이화학적(수분, 염도, pH, 산도)특성 및 미생물학적(일반세균, 젓산균, 효모 및 곰팡이, 대장균 및 대장균군) 특성과 아플라톡신 생성균 확인시험 및 총 아플라톡신 함량을 분석하였다. 실험방법은 상기에 기술한 방법과 동일하게 수행하였다.

## (3) 발효조건에 따른 김치 저장 중 아플라톡신 함량 변화

### (가) 시료 제조

실험에 사용된 절임배추 및 양념은 광주광역시 (주)감칠배기 공장에서 당일 제조한 것을 구입하여 사용하였으며, 절임배추는 추대고를 자른 뒤 배추의 일부분과 줄기부분을 2~3 cm 크기로 절단하여 골고루 혼합하였다. 구입한 양념과 절임배추를 버무린 뒤 포자 현탁액을 1 mL/100 g로 김치에 첨가하여 오염시켰다. 제조된 김치는 PE bag에 담은 후 최대한 내부 공기

를 탈기하여 실링기(NT 400, HANATO Co., Korea)를 이용하여 포장하였다. 제조된 시료는 저장기간 동안 4℃에 저장한 대조구(A, 4℃ 저장)와 아플라톡신 오염구(B, 4℃ 저장), 저장기간 동안 10℃에 저장한 아플라톡신 오염구(C, 10℃ 저장) 및 10℃에서 7일간 저장 후 4℃에 저장시킨 아플라톡신 오염구(D, 10℃→4℃ 저장)로 구분되며, 4주 간 저장하며 1주 간격으로 분석하였다.

(나) 실험 방법

김치는 저장기간에 따라 이화학적(수분, 염도, pH, 산도)특성 및 미생물학적(일반세균, 젖산균, 효모 및 곰팡이, 대장균 및 대장균군) 특성과 아플라톡신 생성균 확인시험 및 총 아플라톡신 함량을 분석하였다. 실험방법은 상기에 기술한 방법과 동일하게 수행하였다.

2. 연구수행 결과

가. 아플라톡신 생성 억제를 위한 김치 원부재료 저장조건 설정

(1) *A. flavus* 오염 고춧가루의 저장 온도 및 습도조건에 따른 품질 특성

습도조건별로 저장된 아플라톡신 생성균이 오염된 고춧가루의 수분 및 *A. flavus* 수를 분석하여 [표 4-4]에 나타내었다. 동일 온도(25℃)에서 고춧가루의 수분함량을 분석한 결과 10.14~11.95%로 나타났으며, 상대습도가 낮은 조건의 고춧가루 수분함량이 낮은 것으로 확인되었다. *A. flavus* 수는 오염 직후  $1.61 \times 10^7$  CFU/g으로 확인되었으며, 저장기간 동안  $10^5 \log$  CFU/g 이상 유지되었다.

[표 4-4] 고춧가루 저장습도별 수분 함량 및 *A. flavus* 수 변화(25℃)

(단위 : %, CFU/g)

구분	저장기간(일)	RH 35%	RH 55%	RH 75%
수분	0	11.43±0.18	11.43±0.18	11.43±0.18
	1	11.53±0.04	11.79±0.64	11.73±0.30
	2	11.46±0.13	11.72±0.37	11.55±0.55
	3	10.55±0.06	11.30±0.89	11.36±0.22
	5	10.51±0.14	11.97±0.69	11.95±0.88
	7	10.14±0.18	11.36±0.30	11.69±0.39
<i>A. flavus</i>	0	$1.61 \times 10^7$	$1.61 \times 10^7$	$1.61 \times 10^7$
	1	$1.15 \times 10^7$	$2.20 \times 10^7$	$9.00 \times 10^5$
	2	$2.30 \times 10^7$	$2.10 \times 10^7$	$9.45 \times 10^6$
	3	$2.35 \times 10^7$	$2.30 \times 10^7$	$2.80 \times 10^7$
	5	$2.30 \times 10^7$	$8.00 \times 10^6$	$6.60 \times 10^6$
	7	$2.75 \times 10^6$	$8.90 \times 10^5$	$2.35 \times 10^6$

동일 습도(75%)에서 저장온도에 따른 고춧가루의 수분함량 변화를 분석한 결과 20.50~25.51%로 나타났으며, 높은 습도에 따라 고춧가루의 수분함량이 저장기간이 경과함에 따라 증가하는 것으로 나타났다. *A. flavus*의 경우 오염직후  $2.88 \times 10^7$  CFU/g의 수준이었으며, 저장온도가 높을수록 저장기간이 경과함에 따라 *A. flavus*의 수가 감소하는 것으로 나타났다(표 4-5).

[표 4-5] 고춧가루 저장온도별 수분 함량 및 *A. flavus* 수 변화(RH 75%)

(단위 : %, CFU/g)

구분	저장기간(일)	10°C	25°C	35°C
수분	0	20.48±0.88	20.48±0.88	20.48±0.88
	1	21.46±0.26	20.50±0.06	23.52±0.16
	2	21.87±0.74	20.94±0.23	22.42±0.49
	3	22.38±0.04	21.55±0.54	22.51±0.41
	5	23.60±0.21	24.15±0.80	25.32±0.37
	7	23.32±0.15	24.83±0.03	25.51±0.64
<i>A. flavus</i>	0	$2.88 \times 10^7$	$2.88 \times 10^7$	$2.88 \times 10^7$
	1	$1.46 \times 10^7$	$2.30 \times 10^7$	$2.23 \times 10^7$
	2	$2.37 \times 10^7$	$2.00 \times 10^7$	$1.74 \times 10^7$
	3	$2.89 \times 10^7$	$4.13 \times 10^7$	$1.37 \times 10^7$
	5	$1.00 \times 10^7$	$4.15 \times 10^5$	$5.68 \times 10^6$
	7	$8.90 \times 10^5$	$2.95 \times 10^5$	$8.15 \times 10^4$

(2) *A. flavus* 오염 고춧가루의 저장 중 아플라톡신 생성량 변화

아플라톡신 생성 억제를 위한 김치 원부재료 저장조건 설정을 위해 아플라톡신 오염에 취약한 고춧가루를 대상으로 *A. flavus*를 오염시킨 후 온도(10, 25 및 35°C) 및 습도(RH 35, 55 및 75%) 저장조건별로 아플라톡신 함량 분석 결과는 [표 4-6]에 나타내었다. 저장기간 동일 온도(25°C)에서 습도가 낮을수록 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 저장기간이 경과함에 따라 급격히 감소하였으며, 저장 7일째는 모두 불검출 되었다. 또한 동일 습도(RH 75%)에서 온도가 높을수록 아플라톡신 B<sub>1</sub> 생성량이 평균 7.24, 8.38 및 10.31 µg/kg으로 높아졌다. 결과적으로, *A. flavus*가 오염된 고춧가루의 경우 10°C 이하에서 생육이 억제되어 아플라톡신 생성을 저하시키는 것으로 판단된다.

[표 4-6] *A. flavus* 오염 고춧가루 저장 온·습도별 아플라톡신 함량 변화

(단위 : µg/kg)

저장조건	저장기간(일)	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	
25°C	RH 35%	0	12.88±0.01 <sup>d</sup>	ND <sup>1)</sup>	ND	ND	12.88±0.01 <sup>d</sup>
		1	8.76±0.13 <sup>b</sup>	ND	ND	ND	8.76±0.13 <sup>b</sup>
		2	9.48±0.02 <sup>c</sup>	ND	ND	ND	9.48±0.02 <sup>c</sup>
		3	ND <sup>a2)</sup>	ND	ND	ND	ND <sup>a</sup>
		5	ND <sup>a</sup>	ND	ND	ND	ND <sup>a</sup>
		7	ND <sup>a</sup>	ND	ND	ND	ND <sup>a</sup>
	평균	10.37±2.20	ND	ND	ND	10.37±2.20	
	RH 55%	0	12.88±0.01 <sup>e</sup>	ND	ND	ND	12.88±0.01 <sup>e</sup>
		1	10.26±0.13 <sup>c</sup>	ND	ND	ND	10.26±0.13 <sup>c</sup>
		2	11.68±0.60 <sup>d</sup>	ND	ND	ND	11.68±0.60 <sup>d</sup>
		3	9.45±0.11 <sup>b</sup>	ND	ND	ND	9.45±0.11 <sup>b</sup>
		5	9.94±0.36 <sup>bc</sup>	ND	ND	ND	9.94±0.36 <sup>bc</sup>
		7	ND <sup>a</sup>	ND	ND	ND	ND <sup>a</sup>
	평균	10.84±1.41	ND	ND	ND	10.84±1.41	
	RH 75%	0	12.88±0.01 <sup>f</sup>	ND	ND	ND	12.88±0.01 <sup>f</sup>
		1	7.94±0.05 <sup>e</sup>	ND	ND	ND	7.94±0.05 <sup>e</sup>
		2	7.01±0.01 <sup>c</sup>	ND	ND	ND	7.01±0.01 <sup>c</sup>
		3	7.22±0.07 <sup>d</sup>	ND	ND	ND	7.22±0.07 <sup>d</sup>
5		5.80±0.02 <sup>b</sup>	ND	ND	ND	5.80±0.02 <sup>b</sup>	
7		ND <sup>a</sup>	ND	ND	ND	ND	
평균	8.17±2.74	ND	ND	ND	8.17±2.74		
RH 75%	10°C	0	ND	ND	ND	ND	ND
		1	9.07±0.17 <sup>d</sup>	ND	ND	ND	9.07±0.17 <sup>d</sup>
		2	6.93±0.68 <sup>c</sup>	ND	ND	ND	6.93±0.68 <sup>c</sup>
		3	5.71±0.41 <sup>b</sup>	ND	ND	ND	5.71±0.41 <sup>b</sup>
		5	ND <sup>a</sup>	ND	ND	ND	ND <sup>a</sup>
		7	ND <sup>a</sup>	ND	ND	ND	ND <sup>a</sup>
	평균	7.24±1.70	ND	ND	ND	7.24±1.70	
	25°C	0	ND	ND	ND	ND	ND
		1	9.86±0.41 <sup>b</sup>	ND	ND	ND	9.86±0.41 <sup>b</sup>
		2	9.64±0.48 <sup>b</sup>	ND	ND	ND	9.64±0.48 <sup>b</sup>
		3	9.28±0.43 <sup>b</sup>	ND	ND	ND	9.28±0.43 <sup>b</sup>
		5	6.78±0.42 <sup>a</sup>	ND	ND	ND	6.78±0.42 <sup>a</sup>
		7	6.32±0.00 <sup>a</sup>	ND	ND	ND	6.32±0.00 <sup>a</sup>
	평균	8.38±1.69	ND	ND	ND	8.38±1.69	
	35°C	0	ND	ND	ND	ND	ND
		1	15.51±0.59 <sup>b</sup>	ND	ND	ND	15.51±0.59 <sup>b</sup>
		2	13.74±0.66 <sup>b</sup>	ND	ND	ND	13.74±0.66 <sup>b</sup>
		3	9.03±1.83 <sup>a</sup>	ND	ND	ND	9.03±1.83 <sup>a</sup>
5		7.27±2.28 <sup>a</sup>	ND	ND	ND	7.27±2.28 <sup>a</sup>	
7		6.02±1.53 <sup>a</sup>	ND	ND	ND	6.02±1.53 <sup>a</sup>	
평균	10.31±4.13	ND	ND	ND	10.31±4.13		

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. TAFs: total aflatoxins.

<sup>2)</sup>ND: not detected. <sup>3)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.09, AFB2=0.09, AFG1=0.13, AFG2=0.07.

Any means in the same column (a-f) followed by different letters are significantly (p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

(3) *A. parasiticus* 오염 고춧가루의 저장 습도조건에 따른 고춧가루 품질특성

아플라톡신 생성균이 오염된 고춧가루의 수분 함량 및 *A. parasiticus* 수 변화를 분석하여 [표 4-7]에 나타내었다. 동일 온도(25°C)에서 고춧가루의 수분함량을 분석한 결과 11.18~13.58%로 나타났으며, 예상대로 낮은 습도에서 수분 함량이 감소하는 것으로 나타났다. *A. parasiticus* 수는 오염 직후  $4.50 \times 10^7$  CFU/g이었으며, 저장기간 동안  $10^6$  CFU/g 이상 생존하는 것으로 나타났다. 저장기간 동일 온도(25°C)에서 모두 효모 및 곰팡이가 감소하는 경향을 나타냈다.

[표 4-7] 고춧가루 저장습도별 수분 함량 및 *A. parasiticus* 수 변화(25°C)

(단위 : %, CFU/g)

구분	저장기간(일)	RH 35%	RH 55%	RH 75%
수분	0	12.52±0.51	12.52±0.51	12.52±0.51
	1	12.04±0.37	12.82±1.12	13.03±0.10
	2	11.94±0.25	12.63±0.30	13.58±0.60
	3	11.18±0.18	11.46±0.54	12.64±0.15
	5	11.67±0.27	11.65±0.23	12.15±0.57
	7	11.50±0.49	11.71±0.23	12.14±0.27
<i>A. parasiticus</i>	0	$4.50 \times 10^7$	$4.50 \times 10^7$	$4.50 \times 10^7$
	1	$3.80 \times 10^8$	$5.80 \times 10^7$	$3.45 \times 10^7$
	2	$8.15 \times 10^7$	$2.70 \times 10^6$	$4.75 \times 10^6$
	3	$3.15 \times 10^6$	$2.65 \times 10^6$	$3.25 \times 10^6$
	5	$1.40 \times 10^6$	$1.42 \times 10^6$	$3.70 \times 10^6$
	7	$3.90 \times 10^6$	$2.45 \times 10^6$	$3.40 \times 10^6$

*A. parasiticus*가 오염된 고춧가루를 저장온도 조건에 따라 수분 및 미생물 특성을 분석하여 [표 4-8]에 나타내었다. 동일 습도(RH 75%)에서 고춧가루의 수분함량을 분석한 결과 10.00~12.25%로 나타났으며, 습도가 높아 저장기간이 경과함에 따라 저장 초기 수분함량 보다 약간 증가하는 경향을 나타내었다. *A. parasiticus* 수는 오염 직후  $3.50 \times 10^3$  CFU/g으로 다른 오염 실험 보다 낮은 수로 오염된 것으로 나타났으며, 저장기간이 길어질수록 *A. parasiticus*의 수가 증가하는 것으로 확인되었다. 특히, 10°C에 저장한 경우에도 *A. parasiticus*가 생육하여 고춧가루를 장기 보관할 경우 10°C 보다 더 낮은 온도에서 보관해야 하는 것으로 나타났다.

[표 4-8] 고춧가루 저장온도별 수분 함량 및 *A. parasiticus* 수 변화(RH 75%)

(단위 : %, CFU/g)

구분	저장기간(일)	10°C	25°C	35°C
수분	0	10.00±0.24	10.00±0.24	10.00±0.24
	1	11.09±0.32	10.92±0.58	10.82±0.15
	2	10.80±0.18	10.39±0.10	10.36±0.01
	3	11.27±0.96	10.31±0.10	11.32±0.17
	5	11.68±0.27	11.42±0.66	12.25±0.01
	7	10.69±0.95	10.44±0.08	11.74±0.66
<i>A. parasiticus</i>	0	3.50×10 <sup>3</sup>	3.50×10 <sup>3</sup>	3.50×10 <sup>3</sup>
	1	2.60×10 <sup>5</sup>	2.00×10 <sup>5</sup>	1.50×10 <sup>3</sup>
	2	2.50×10 <sup>4</sup>	4.00×10 <sup>4</sup>	6.00×10 <sup>1</sup>
	3	1.95×10 <sup>5</sup>	1.35×10 <sup>5</sup>	1.15×10 <sup>5</sup>
	5	1.35×10 <sup>5</sup>	1.80×10 <sup>4</sup>	1.40×10 <sup>4</sup>
	7	1.01×10 <sup>5</sup>	5.00×10 <sup>2</sup>	1.05×10 <sup>4</sup>

(4) *A. parasiticus* 오염 고춧가루의 저장조건 중 아플라톡신 생성량 변화

아플라톡신 생성 억제를 위한 김치 원부재료 저장조건 설정을 위해 아플라톡신 오염에 취약한 고춧가루를 대상으로 *A. parasiticus*를 오염시킨 후 온도(10, 25 및 35°C) 및 습도(RH 35, 55 및 75%) 저장조건별로 아플라톡신 함량 분석 결과는 [표 4-9]에 나타내었다. *A. parasiticus*가 오염된 모든 저장조건별 고춧가루에서 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> 및 G<sub>2</sub> 모두 검출되었다. 동일 온도(25°C)에서 습도의 영향을 확인한 결과, 저장기간의 경과에 따라 아플라톡신 생성량의 증가 또는 감소하는 경향은 확인되지 않았으며, RH 55%에서 106.71 µg/kg으로 가장 높은 생성량을 나타내었다. 동일 습도(RH 75%)에서 온도에 따른 생성량을 확인한 결과 25°C에서 56.48 µg/kg으로 높게 확인되었으며, 10°C 및 35°C 저장 시료에서는 각각 40.98, 32.33 µg/kg으로 나타났다. *A. flavus* 보다 *A. parasiticus*가 아플라톡신을 많은 양 생성하여 *A. parasiticus*의 오염에 더 주의하여야 할 것으로 나타났다.

[표 4-9] *A. parasiticus* 오염 고춧가루 저장 온·습도별 아플라톡신 함량 변화

(단위 : µg/kg)

저장조건	저장기간(일)	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	
25°C	RH 35%	0	102.68±2.05 <sup>f</sup>	1.51±0.13 <sup>b</sup>	17.36±0.52 <sup>e</sup>	1.12±0.03 <sup>b</sup>	122.67±2.41 <sup>f</sup>
		1	78.44±0.94 <sup>d</sup>	1.50±0.02 <sup>b</sup>	15.16±0.17 <sup>d</sup>	0.95±0.01 <sup>b</sup>	96.05±1.08 <sup>d</sup>
		2	54.15±1.26 <sup>c</sup>	1.06±0.01 <sup>b</sup>	11.39±0.17 <sup>c</sup>	0.91±0.01 <sup>b</sup>	67.51±1.44 <sup>c</sup>
		3	11.74±0.19 <sup>a</sup>	0.95±0.41 <sup>b</sup>	6.59±0.07 <sup>a</sup>	0.89±0.43 <sup>b</sup>	20.17±0.58 <sup>a</sup>
		5	87.57±3.43 <sup>e</sup>	10.19±0.65 <sup>c</sup>	18.23±0.57 <sup>f</sup>	0.19±0.02 <sup>a</sup>	116.18±4.67 <sup>e</sup>
		7	43.12±2.94 <sup>b</sup>	ND <sup>a2)</sup>	9.34±0.21 <sup>b</sup>	ND <sup>a</sup>	52.45±2.74 <sup>b</sup>
	평균	62.95±33.22	3.04±4.00	13.01±4.65	0.81±0.36	79.17±39.69	
	RH 55%	0	102.68±2.05 <sup>d</sup>	1.51±0.13 <sup>bc</sup>	17.36±0.52 <sup>c</sup>	1.12±0.03 <sup>d</sup>	122.67±2.41 <sup>d</sup>
		1	55.44±0.09 <sup>b</sup>	1.72±0.06 <sup>bc</sup>	12.45±0.77 <sup>b</sup>	0.99±0.06 <sup>c</sup>	70.59±0.68 <sup>b</sup>
		2	36.70±0.24 <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	8.46±0.09 <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	45.16±0.32 <sup>a</sup>
		3	87.69±1.39 <sup>c</sup>	1.23±0.10 <sup>b</sup>	17.53±0.15 <sup>c</sup>	1.23±0.02 <sup>e</sup>	107.68±1.47 <sup>c</sup>
		5	107.78±2.22 <sup>e</sup>	13.13±1.01 <sup>d</sup>	20.93±0.70 <sup>d</sup>	0.16±0.01 <sup>b</sup>	142.00±0.49 <sup>e</sup>
		7	126.13±0.68 <sup>f</sup>	2.33±0.01 <sup>c</sup>	22.54±0.77 <sup>e</sup>	1.16±0.02 <sup>de</sup>	152.17±0.06 <sup>f</sup>
	평균	86.07±33.85	3.98±5.13	16.55±5.27	1.08±0.57	106.71±41.62	
	RH 75%	0	102.68±2.05 <sup>e</sup>	1.51±0.13 <sup>c</sup>	17.36±0.52 <sup>d</sup>	1.12±0.03 <sup>c</sup>	122.67±2.41 <sup>e</sup>
		1	39.30±3.00 <sup>a</sup>	0.98±0.06 <sup>a</sup>	9.51±0.69 <sup>ab</sup>	0.97±0.02 <sup>b</sup>	50.76±3.72 <sup>ab</sup>
		2	35.82±0.07 <sup>a</sup>	0.96±0.03 <sup>a</sup>	7.67±0.09 <sup>a</sup>	0.92±0.10 <sup>b</sup>	45.37±0.29 <sup>a</sup>
		3	43.89±1.25 <sup>b</sup>	1.07±0.03 <sup>ab</sup>	10.30±0.00 <sup>ab</sup>	1.21±0.03 <sup>c</sup>	56.47±1.24 <sup>b</sup>
5		60.20±1.41 <sup>c</sup>	7.19±0.39 <sup>d</sup>	11.59±2.57 <sup>bc</sup>	0.09±0.05 <sup>a</sup>	79.07±4.42 <sup>c</sup>	
7		68.62±1.55 <sup>d</sup>	1.48±0.01 <sup>bc</sup>	14.01±0.13 <sup>c</sup>	1.11±0.02 <sup>c</sup>	86.21±1.41 <sup>d</sup>	
평균	58.42±25.11	2.20±2.46	11.74±3.47	0.90±0.41	73.26±28.93		
RH 75%	10°C	0	19.73±0.97 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>b</sup>	11.25±0.50 <sup>b</sup>	0.58±0.03 <sup>c</sup>	32.14±1.49 <sup>b</sup>
		1	23.36±0.04 <sup>b</sup>	ND	13.10±0.30 <sup>b</sup>	ND	36.46±0.34 <sup>b</sup>
		2	33.71±0.67 <sup>c</sup>	0.51±0.05 <sup>b</sup>	18.25±0.30 <sup>c</sup>	0.42±0.03 <sup>b</sup>	52.88±1.05 <sup>c</sup>
		3	13.78±3.12 <sup>a</sup>	0.21±0.07 <sup>a</sup>	6.89±2.19 <sup>a</sup>	0.05±0.07 <sup>a</sup>	20.93±5.18 <sup>a</sup>
		5	44.23±5.43 <sup>d</sup>	1.17±0.05 <sup>c</sup>	26.52±2.03 <sup>d</sup>	0.34±0.08 <sup>b</sup>	72.25±7.59 <sup>d</sup>
		7	20.30±0.94 <sup>ab</sup>	0.21±0.02 <sup>a</sup>	10.68±0.87 <sup>b</sup>	ND	31.19±1.83 <sup>b</sup>
	평균	25.85±11.13	0.54±0.39	14.45±6.98	0.35±0.22	40.98±18.52	
	25°C	0	19.73±0.97 <sup>a</sup>	0.58±0.01 <sup>a</sup>	11.25±0.50 <sup>ab</sup>	0.58±0.03 <sup>bc</sup>	32.14±1.49 <sup>a</sup>
		1	35.56±2.06 <sup>bc</sup>	ND	21.12±0.52 <sup>d</sup>	ND	56.98±2.59 <sup>b</sup>
		2	86.27±0.11 <sup>d</sup>	1.08±0.67 <sup>c</sup>	21.96±1.24 <sup>d</sup>	0.89±0.45 <sup>c</sup>	110.20±0.01 <sup>c</sup>
		3	33.21±3.38 <sup>b</sup>	0.64±0.11 <sup>b</sup>	18.48±3.05 <sup>bc</sup>	0.15±0.01 <sup>ab</sup>	52.48±6.54 <sup>b</sup>
		5	9.42±2.45 <sup>a</sup>	0.76±0.02 <sup>b</sup>	4.98±0.05 <sup>a</sup>	ND	15.16±2.48 <sup>a</sup>
		7	46.42±10.44 <sup>c</sup>	0.90±0.03 <sup>b</sup>	24.58±6.83 <sup>d</sup>	ND	71.91±17.30 <sup>b</sup>
	평균	38.44±26.76	0.79±0.20	17.06±7.47	0.54±0.37	56.48±32.98	
	35°C	0	19.73±0.97 <sup>b</sup>	0.58±0.01 <sup>ab</sup>	11.25±0.50 <sup>bc</sup>	0.58±0.03 <sup>c</sup>	32.14±1.49 <sup>b</sup>
		1	1.04±0.02 <sup>a</sup>	ND	0.30±0.03 <sup>a</sup>	ND	1.35±0.02 <sup>a</sup>
		2	24.32±2.66 <sup>b</sup>	0.44±0.10 <sup>a</sup>	6.09±0.81 <sup>ab</sup>	0.41±0.01 <sup>b</sup>	31.25±1.76 <sup>b</sup>
		3	37.06±8.19 <sup>b</sup>	0.76±0.19 <sup>bc</sup>	20.41±4.68 <sup>d</sup>	0.18±0.06 <sup>a</sup>	55.40±12.99 <sup>c</sup>
5		25.82±4.84 <sup>b</sup>	0.89±0.03 <sup>c</sup>	11.85±4.08 <sup>bc</sup>	ND	38.56±8.89 <sup>b</sup>	
7		25.49±0.30 <sup>b</sup>	0.61±0.12 <sup>ab</sup>	13.19±0.31 <sup>c</sup>	ND	39.29±0.11 <sup>b</sup>	
평균	22.24±11.86	0.66±0.17	10.52±6.80	0.39±0.20	32.33±18.33		

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins.

<sup>2)</sup>ND: not detected. <sup>3)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.09, AFB2=0.09, AFG1=0.13, AFG2=0.07.

Any means in the same column (a-f) followed by different letters are significantly (p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

나. 김치 원부재료 및 제품 중 아플라톡신 생성 억제 및 저감 효과 분석

(1) 적외선 조사에 의한 아플라톡신 생성균 생육억제 및 아플라톡신 저감 효과

(가) 이화학적 특성

고춧가루에 *A. parasiticus* 포자 현탁액을 오염시켜 16시간 배양한 후 조사시간(1, 2 및 3분)을 달리하여 적외선으로 처리한 후 수분 및 수분활성도, 색도를 분석한 결과는 [표 4-10]에 나타내었다. 적외선 조사시간에 따른 수분함량은 배양 및 조사 전 23.32~25.56%로 나타났으며, 배양 16시간 및 적외선 조사 후 고춧가루의 수분함량은 음성대조구(NC)에서 22.27%, 양성대조구(PC)에서 23.69%나타났다. 또한 적외선 처리구에서는 적외선 처리 시간이 증가할수록 수분함량이 감소하는 경향을 나타내 1, 2 및 3분 처리구에서 각각 20.36, 16.47 및 17.39%의 수분을 함유하고 있었다.

[표 4-10] 배양시간 및 적외선 조사에 따른 고춧가루의 이화학적 특성 변화

항목		시료구분	배양시간 (hr)	
			0	16
수분 (%, w/w)		NC <sup>1)</sup>	25.56±0.09 <sup>aB</sup>	22.27±0.11 <sup>dA</sup>
		PC	24.81±0.29 <sup>abB</sup>	23.69±0.24 <sup>eA</sup>
		1 min	23.32±0.15 <sup>bB</sup>	20.36±0.16 <sup>cA</sup>
		2 min	23.86±0.76 <sup>bB</sup>	16.47±0.26 <sup>aA</sup>
		3 min	24.02±0.91 <sup>bB</sup>	17.39±0.27 <sup>bA</sup>
수분활성도		NC	0.64±0.03 <sup>aA</sup>	0.66±0.01 <sup>dA</sup>
		PC	0.69±0.00 <sup>bB</sup>	0.67±0.01 <sup>dA</sup>
		1 min	0.66±0.02 <sup>abB</sup>	0.48±0.01 <sup>cA</sup>
		2 min	0.64±0.03 <sup>aB</sup>	0.42±0.01 <sup>bA</sup>
		3 min	0.66±0.00 <sup>abB</sup>	0.35±0.01 <sup>aA</sup>
색도	L*	NC	38.18±0.20 <sup>aA</sup>	38.47±0.17 <sup>aA</sup>
		PC	38.29±0.52 <sup>abA</sup>	38.65±0.35 <sup>aA</sup>
		1 min	38.81±0.34 <sup>abA</sup>	40.02±0.40 <sup>bB</sup>
		2 min	38.66±2.94 <sup>abA</sup>	40.07±2.94 <sup>bB</sup>
		3 min	39.09±2.94 <sup>bA</sup>	40.03±2.94 <sup>bB</sup>
	a*	NC	4.25±0.58 <sup>abA</sup>	3.64±0.33 <sup>aA</sup>
		PC	3.95±0.39 <sup>aA</sup>	4.08±0.27 <sup>abA</sup>
		1 min	4.45±0.25 <sup>abA</sup>	4.63±0.40 <sup>bA</sup>
		2 min	4.59±0.36 <sup>abA</sup>	4.53±0.29 <sup>bA</sup>
		3 min	5.03±0.86 <sup>bA</sup>	4.23±0.36 <sup>abA</sup>
	b*	NC	0.93±0.41 <sup>aB</sup>	0.42±0.17 <sup>aA</sup>
		PC	0.81±0.36 <sup>aA</sup>	0.83±0.20 <sup>aA</sup>
		1 min	1.04±0.13 <sup>aA</sup>	1.73±0.33 <sup>bB</sup>
		2 min	1.10±0.07 <sup>aA</sup>	1.86±0.10 <sup>bB</sup>
		3 min	1.11±0.03 <sup>aA</sup>	1.77±0.48 <sup>bB</sup>

<sup>1)</sup>NC: Negative control, PC: Positive control, 1 min: 1 min treatment of infrared, 2 min: 2 min treatment of infrared, 3 min: 3 min treatment of infrared.

Any means in the same column (a-d) or row (A-B) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

고춧가루의 수분활성도는 배양 및 적외선 처리 전 0.64~0.69로 나타나 시료간의 뚜렷한 차이는 발견되지 않았다. 그러나 배양 후 적외선 처리에 따라 수분활성도는 음성대조구를 제외한 모든 시료에서 감소하는 경향을 나타내 적외선 처리구에서는 0.35~0.42 수준의 수분활성도를 나타냈다. 동일한 방법으로 *A. parasiticus*가 오염된 고춧가루를 96시간 배양시켜 수분활성도를 측정된 결과 적외선 조사 전에는 0.65~0.67로 시료간의 뚜렷한 차이가 나타나지 않았으나 적외선 처리 후 16시간 배양 결과와 동일한 경향을 보였다[표 4-11]. 즉, 적외선 처리시간을 2분 이상 실시하였을 때 수분활성도가 감소하는 것으로 나타났다.

고춧가루의 색도에 있어 명도(L)와 적색도(a) 및 황색도(b)는 배양 및 처리전 각각 38.18~39.09, 3.95~5.03, 0.81~1.11로 나타나 시료에 따른 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다(표 4-10). 그러나 16시간 배양 및 적외선 조사에 따라 음성대조구 및 양성대조구를 제외한 시료에서는 L 값과 b 값이 증가하는 경향을 나타낸 반면 적색도의 경우 적외선 2분 및 3분 처리구는 감소하고 이를 제외한 나머지 시료에서 증가하는 경향을 보였다. 결과적으로 적외선 처리시간을 증가시켰을 때 고춧가루의 수분함량 및 수분활성도가 감소하여 *A. parasiticus*의 생육을 저하시킬 수 있는 조건을 형성하는 것으로 보이거나 고춧가루의 색도와 같은 품질이 저하되는 것으로 보인다.

[표 4-11] 적외선 조사에 따른 고춧가루의 수분활성도 변화

시료구분	배양시간 (hr)	
	0	96
NC <sup>1)</sup>	0.66±0.00 <sup>nsB</sup>	0.65±0.01 <sup>dA</sup>
PC	0.67±0.01 <sup>B</sup>	0.65±0.00 <sup>dA</sup>
1 min	0.67±0.01 <sup>B</sup>	0.63±0.00 <sup>cA</sup>
2 min	0.65±0.01 <sup>B</sup>	0.61±0.00 <sup>bA</sup>
3 min	0.66±0.00 <sup>B</sup>	0.59±0.00 <sup>aA</sup>

<sup>1)</sup>NC: Negative control, PC: Positive control, 1 min: 1 min treatment of infrared, 2 min: 2 min treatment of infrared, 3 min: 3 min treatment of infrared.

ns: Not significantly different.

Any means in the same column (a-d) or row (A-B) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

#### (나) 미생물학적 특성

고춧가루에 *A. parasiticus* 포자 현탁액을 오염시켜 16시간 배양한 후 조사시간(1, 2 및 3분)을 달리하여 적외선으로 처리한 후 *A. parasiticus* 수의 변화를 확인한 결과는 [표 4-12]과 같다. 배양 및 처리 전 음성대조구(NC)에서는 *A. parasiticus*가 불검출되었으며, 양성대조구(PC) 및 적외선 처리구(1, 2 및 3분)에서는 4.58, 4.54, 4.57 및 4.59 log CFU/g가 검출되었다. 그러나 16시간 후, 양성 대조구 및 적외선 1분 처리구를 모든 시료에서 불검출되었으며, 특히 적외선 1분 처리구의 경우 양성대조구에 비해 약 2.00 log CFU/g 수준이 감소한 2.54 log CFU/g가 검출되었다. 또한 배양 16시간 후 적외선 처리구 중 2분 및 3분 처리구는 적외선 처리에 의해 *A. parasiticus*를 사멸시켜 모두 불검출되었다. 동일한 방법으로 *A. parasiticus* 오염시킨 고춧가루를 96시간 배양하여 적외선 처리를 실시한 결과 16시간 배양 결과와 비슷한 경향을 나타

내었다[표 4-13]. 즉, 배양 및 적외선 처리 전 양성대조구 및 아플라톡신오염구의 *A. parasiticus* 수는 5.50~5.58 log CFU/g로 검출되었다. 배양 96시간 후, 양성대조구에서는 3 log 수준이 증가한 8.09 log CFU/g가 검출된 반면 적외선 처리에 따라 1분 처리구에서는 2.74 log CFU/g 검출되고, 그 밖에 음성대조구 및 적외선 처리구(2분 및 3분)는 모두 불검출되었다. 따라서 결과적으로 고춧가루에 *A. parasiticus*가 오염될 경우 2분 이상의 적외선 처리를 실시하면 아플라톡신 생성균을 사멸시킬 수 있는 것으로 확인되었다.

[표 4-12] 배양시간 및 적외선 조사에 따른 고춧가루의 *A. parasiticus* 수의 변화

(단위 : log CFU/g)

시료구분	배양시간 (hr)	
	0	16
NC <sup>1)</sup>	ND	ND
PC	4.58±0.66 <sup>nsB</sup>	4.00±0.60 <sup>bA</sup>
1 min	4.54±0.66 <sup>B</sup>	2.54±0.41 <sup>aA</sup>
2 min	4.57±0.66 <sup>A</sup>	ND
3 min	4.59±0.66 <sup>A</sup>	ND

<sup>1)</sup>NC: Negative control, PC: Positive control, 1 min: 1 min treatment of infrared, 2 min: 2 min treatment of infrared, 3 min: 3 min treatment of infrared. <sup>2)</sup>ND: Not detected.

ns: Not significantly different.

Any means in the same column (a-d) or row (A-B) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

[표 4-13] 배양시간 및 적외선 조사에 따른 고춧가루의 *A. parasiticus* 수의 변화

(단위 : log CFU/g)

시료구분	배양시간 (hr)	
	0	96
NC <sup>1)</sup>	ND	ND
PC	5.57±0.02 <sup>bB</sup>	8.09±0.05 <sup>bA</sup>
1 min	5.50±0.03 <sup>aB</sup>	2.74±0.04 <sup>aA</sup>
2 min	5.55±0.03 <sup>abA</sup>	ND
3 min	5.58±0.03 <sup>aA</sup>	ND

<sup>1)</sup>NC: Negative control, PC: Positive control, 1 min: 1 min treatment of infrared, 2 min: 2 min treatment of infrared, 3 min: 3 min treatment of infrared, <sup>2)</sup>ND: Not detected.

Any means in the same column (a-d) or row (A-B) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

#### (다) 아플라톡신 함량

배양시간 및 적외선 처리에 따른 고춧가루의 아플라톡신 함량을 분석한 결과는 [표 4-14]에 나타내었다. 16시간 배양 전 아플라톡신의 함량은 양성대조구에서 아플라톡신 B<sub>2</sub> 및 G<sub>2</sub>를 제외한 항목이 검출되며 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 1.60 µg/kg, G<sub>1</sub>이 2.58 µg/kg으로 검출되어 총 아플라톡신 함량이 4.18 µg/kg이 검출되었다. 16시간 배양 후 음성대조구(NC)는 모두 불검출되었으

며, 양성대조구(PC)의 경우 총 아플라톡신 함량은 4.41 µg/kg으로 검출되어 초기 검출된 함량보다 증가하여 높게 나타났다. 적외선 1 및 2분 처리구는 4.22~4.33µg/kg으로 양성대조구에 비해 약간 감소한 반면 적외선 3분 처리구는 4.07 µg/kg으로 검출되어 약 7.68%의 감소율을 나타내었다.

30℃에서 96시간 배양된 고춧가루의 적외선 처리 전 총 아플라톡신 함량은 85.32 µg/kg으로 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> 및 G<sub>1</sub>이 각각 73.65, 0.75, 10.93 µg/kg으로 검출되었으며, G<sub>2</sub>의 경우 <LOD 이하로 검출되었다. 96시간 배양 후 음성대조구(NC)에서는 아플라톡신이 불검출되었으며, 양성대조구에서 총 아플라톡신 함량이 111.19 µg/kg으로 검출되었다. 아플라톡신 함량은 적외선 처리시간(1, 2 및 3분)에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내며 각각 6.47, 9.59, 11.46%의 감소율을 나타내었다. 이는 16시간 배양한 결과보다 더 높은 감소율을 나타내며 이러한 차이는 초기 아플라톡신 생성균 포자액에 형성된 아플라톡신 농도가 영향을 미친 것으로 보인다.

[표 4-14] 배양 시간별 적외선 조사에 따른 고춧가루의 아플라톡신 함량

(단위: µg/kg)

시료구분		AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs
배양 16시간	배양 전	1.60±0.07	<LOD <sup>3)</sup>	2.58±0.09	<LOD	4.18±0.16
	NC <sup>2)</sup>	ND <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	ND
	PC	1.59±0.05 <sup>bc</sup>	<LOD	2.82±0.07 <sup>b</sup>	<LOD	4.41±0.03 <sup>c</sup>
	1 min	1.65±0.02 <sup>c</sup>	<LOD	2.68±0.12 <sup>ab</sup>	<LOD	4.33±0.10 <sup>bc</sup>
	2 min	1.54±0.04 <sup>ab</sup>	<LOD	2.68±0.06 <sup>ab</sup>	<LOD	4.22±0.09 <sup>bc</sup>
	3 min	1.48±0.05 <sup>a</sup>	<LOD	2.60±0.02 <sup>a</sup>	<LOD	4.07±0.02 <sup>a</sup>
배양 96시간	배양 전	73.65±0.04	0.75±0.02	10.93±0.09	<LOD <sup>4)</sup>	85.32±0.15
	NC <sup>1)</sup>	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND
	PC	93.76±0.12 <sup>d</sup>	1.02±0.04 <sup>ns</sup>	16.41±0.01 <sup>bc</sup>	<LOD	111.19±0.17 <sup>d</sup>
	1 min	86.99±0.20 <sup>c</sup>	0.93±0.09	16.08±0.38 <sup>b</sup>	<LOD	104.00±0.09 <sup>c</sup>
	2 min	84.35±0.41 <sup>b</sup>	0.85±0.07	15.32±0.10 <sup>a</sup>	<LOD	100.53±0.05 <sup>7b</sup>
	3 min	80.78±0.00 <sup>a</sup>	0.89±0.03	16.77±0.02 <sup>c</sup>	<LOD	98.45±0.01 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins.

<sup>2)</sup>NC: Negative control, PC: Positive control, 1 min: 1 min treatment of infrared, 2 min: 2 min treatment of infrared, 3 min: 3 min treatment of infrared, <sup>3)</sup>ND: Not detected, <sup>4)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.31, AFB2=0.15, AFG1=0.28, AFG2=0.17.

Any means in the same column (a-e) followed by different letters are significantly (p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

## (2) UV-LED 조사에 의한 아플라톡신 생성균 생육억제 및 아플라톡신 저감 효과

### (가) 이화학적 특성

아플라톡신 생성균 포자 현탁액에 오염된 고춧가루의 UV-LED 조사에 따른 이화학적(수분, 수분활성도 및 색도) 특성의 변화를 나타낸 결과는 [표 4-15]와 같다. 아플라톡신 생성균 오염 직후 고춧가루의 수분함량은 평균 25% 수준으로 나타났으며, 16시간 배양 후 전반적으로 모두

감소하여 음성대조구(NC) 및 양성대조구(PC)에서는 24.32 및 24.45%의 수분을 함유하였다. UV-LED 조사시간에 따라 1, 2 및 3시간 처리구는 각각 24.69, 23.99 및 23.32%의 수분을 함유하여 시료에 따른 유의적 차이를 나타냈다.

배양 전 고춧가루의 수분활성도는 0.68~0.70%로 나타났으며, 음성대조구에서 가장 낮은 수분활성도를 나타내었다. 16시간 배양 후 고춧가루의 수분활성도도 배양 전의 결과와 비슷한 양상을 나타내며, 음성대조구를 제외한 모든 시료에서 평균 0.69%의 수분활성도를 나타냈다.

고춧가루의 색도에서 백색도를 나타내는 L\*값은 음성대조구에서 배양 전 모든 시료에서 39.12~40.33으로 나타나 UV-LED 1시간 처리구에서 가장 낮은 값을 나타내었으며, 배양 16시간 후 UV-LED 처리구에서는 배양 전에 비해 미비하게 증가하는 경향을 나타내었다. 적색도를 나타내는 a\*값은 배양 전 시료에 따른 유의적 차이를 나타내지 않으며 5.50~6.62 수준으로 나타났으며, 배양 후 음성대조구 및 양성대조구의 a\*값은 증가한 반면 UV-LED 처리구는 감소하는 경향을 나타내 시료에 따른 유의적 차이를 나타냈다. 황색도를 나타내는 b\*값은 배양 전 양성대조구를 제외한 모든 시료에서 0.95~1.06으로 높게 나타난 반면 양성대조구에서는 0.72로 시료에 따른 유의적 차이를 나타냈다(p<0.05). 배양 16시간 이후 고춧가루의 b\*값은 음성대조구 및 양성대조구에서 약간 증가한 반면, UV-LED 처리구에서는 감소하였다.

#### (나) 미생물학적 특성

[표 4-16]은 UV-LED 조사에 따른 고춧가루의 *A. parasiticus* 수의 변화를 나타낸 결과이다. 배양 전 후 음성대조구(NC)에서는 *A. parasiticus*가 검출되지 않았다. 배양 및 조사 전 양성대조구(PC) 및 UV-LED 처리구(1, 2 및 3시간)에서는 4.57, 4.61 및 4.62 log CFU/g가 검출되었다. 배양 16시간 후 모든 시료에서 감소하는 경향을 보여 PC에서는 4.28 log CFU/g이 검출되었고, UV-LED 조사구(1, 2 및 3시간)에서는 3.64~3.77 log CFU/g로 검출되며 UV-LED 조사에 따라 *A. parasiticus*가 약 1 log CFU/g 수준 감소하였다. 따라서 아플라톡신 생성균에 오염된 고춧가루에 UV-LED 조사 시 *A. parasiticus*의 생육을 억제하여 약 1 log 수준의 저감효과가 있는 것으로 나타났으며, 처리시간을 3 시간 이상 실시하였을 때 보다 높은 저감효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

#### (다) 아플라톡신 함량

아플라톡신 생성균주 포자 현탁액의 접종 직 후 고춧가루에서 검출된 총 아플라톡신 함량은 188.53 µg/kg으로 나타났으며, 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 함량이 162.00 µg/kg으로 가장 높게 나타났으며, B<sub>2</sub>가 1.96 µg/kg, G<sub>1</sub>이 24.56 µg/kg, G<sub>2</sub>는 <LOD 수준으로 검출되었다[표 4-17]. 16시간 배양 후 UV-LED 조사에 따른 고춧가루의 아플라톡신 함량은 아플라톡신 포자 현탁액을 오염시키지 않은 음성대조구(NC)에서 모두 불검출되었으며, 양성대조구(PC) 및 UV 처리구(1, 2 및 3시간)에서 검출되었다. PC는 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> 및 G<sub>2</sub>의 함량이 각각 170.60, 1.66, 25.74 µg/kg 및 <LOD 수준으로 검출되었다. UV-LED 조사 및 처리시간에 따라 UV 처리구는 PC에 비해 아플라톡신 B<sub>1</sub>은 124.92~125.79 µg/kg으로 감소하였고, 아플라톡신 B<sub>2</sub>는 1.40~1.56 µg/kg으로 감소하였다. 또한 아플라톡신 G<sub>1</sub>은 19.46~20.01 µg/kg으로 감소하였고, 총 아플라톡신 함량은 145.79~146.95 µg/kg으로 감소하여 UV-LED 조사에 따라 아플라톡신 함량이 평균 25% 가량 감소하였다. 그러나 처리시간에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았다.

[표 4-15] UV-LED 조사에 따른 고춧가루의 이화학적 특성 변화

항목		시료구분	배양시간 (hr)	
			0	16
수분 (%, w/w)		NC <sup>1)</sup>	25.31±0.64 <sup>aB</sup>	24.32±0.19 <sup>bcA</sup>
		PC	25.18±0.37 <sup>aB</sup>	24.45±0.40 <sup>bcA</sup>
		1 hr	25.29±0.56 <sup>aA</sup>	24.69±0.64 <sup>ca</sup>
		2 hr	24.94±0.21 <sup>aB</sup>	23.99±0.15 <sup>bA</sup>
		3 hr	25.29±0.17 <sup>aB</sup>	23.32±0.14 <sup>aA</sup>
수분활성도		NC	0.68±0.01 <sup>aA</sup>	0.67±0.00 <sup>aA</sup>
		PC	0.70±0.00 <sup>bB</sup>	0.69±0.00 <sup>bA</sup>
		1 hr	0.69±0.00 <sup>b</sup>	0.68±0.00 <sup>bA</sup>
		2 hr	0.69±0.00 <sup>b</sup>	0.69±0.00 <sup>b</sup>
		3 hr	0.69±0.00 <sup>b</sup>	0.69±0.00 <sup>b</sup>
색도	L*	NC	40.33±0.41 <sup>bA</sup>	40.44±0.12 <sup>bA</sup>
		PC	40.16±0.47 <sup>bA</sup>	39.87±0.37 <sup>aA</sup>
		1 hr	39.12±0.59 <sup>aA</sup>	39.72±0.10 <sup>aA</sup>
		2 hr	39.73±0.09 <sup>abA</sup>	39.67±0.14 <sup>aA</sup>
		3 hr	39.55±0.36 <sup>abA</sup>	39.72±0.07 <sup>aA</sup>
	a*	NC	6.62±0.03 <sup>bA</sup>	7.24±0.18 <sup>bB</sup>
		PC	5.56±0.44 <sup>aA</sup>	6.03±0.07 <sup>aA</sup>
		1 hr	5.50±0.17 <sup>aA</sup>	5.45±0.39 <sup>aA</sup>
		2 hr	6.07±0.35 <sup>abA</sup>	5.79±0.02 <sup>aA</sup>
		3 hr	6.35±0.34 <sup>bA</sup>	5.83±0.51 <sup>aA</sup>
	b*	NC	1.06±0.05 <sup>bA</sup>	1.08±0.18 <sup>bA</sup>
		PC	0.72±0.08 <sup>aB</sup>	0.00±0.21 <sup>aA</sup>
		1 hr	0.99±0.16 <sup>bB</sup>	-0.40±0.17 <sup>aA</sup>
		2 hr	0.95±0.09 <sup>bB</sup>	-0.24±0.03 <sup>aA</sup>
		3 hr	1.03±0.06 <sup>bB</sup>	-0.25±0.37 <sup>aA</sup>

<sup>1)</sup>NC: Negative control, PC: Positive control, 1 hr: 1 hours treatment of UV-LED, 2 hours: 2 hours treatment of UV-LED, 3 hours: 3 hours treatment of UV-LED.

Any means in the same column (a-e) or row (A-B) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

[표 4-16] UV-LED 조사에 따른 고춧가루의 *A. parasiticus* 수의 변화 (단위 : log CFU/g)

시료구분	배양시간 (hr)	
	0	16
NC <sup>1)</sup>	ND <sup>2)</sup>	ND
PC	4.57±0.15 <sup>nsB</sup>	4.28±0.02 <sup>ca</sup>
1 hr	4.61±0.09 <sup>B</sup>	3.64±0.07 <sup>aA</sup>
2 hr	4.62±0.08 <sup>B</sup>	3.78±0.08 <sup>ba</sup>
3 hr	4.59±0.12 <sup>B</sup>	3.77±0.01 <sup>ba</sup>

<sup>1)</sup>NC: Negative control, PC: Positive control, 1 hr: 1 hours treatment of UV-LED, 2 hours: 2 hours treatment of UV-LED, 3 hours: 3 hours treatment of UV-LED, <sup>2)</sup>ND: Not detected.

Any means in the same column (a-e) or row (A-B) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

[표 4-17] UV-LED 조사에 따른 고춧가루의 아플라톡신 함량

(단위: µg/kg)

시료구분	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs	
배양 전	162.00±1.32	1.96±0.08	24.56±0.11	<LOD <sup>4)</sup>	188.53±1.14	
처리 후	NC <sup>2)</sup>	ND <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	
	PC	170.60±1.30 <sup>b</sup>	1.66±0.24 <sup>ns</sup>	25.74±0.36 <sup>b</sup>	<LOD	198.00±1.89 <sup>b</sup>
	1 hr	125.21±0.73 <sup>a</sup>	1.51±0.01	20.01±0.34 <sup>a</sup>	<LOD	146.73±1.08 <sup>a</sup>
	2 hr	125.79±0.77 <sup>a</sup>	1.56±0.08	19.59±0.19 <sup>a</sup>	<LOD	146.95±1.04 <sup>a</sup>
	3 hr	124.92±0.41 <sup>a</sup>	1.40±0.21	19.46±0.06 <sup>a</sup>	<LOD	145.79±0.56 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins.

<sup>2)</sup>NC: Negative control, PC: Positive control, 1 hr: 1 hours treatment of UV-LED, 2 hours: 2 hours treatment of UV-LED, 3 hours: 3 hours treatment of UV-LED, <sup>3)</sup>ND: Not detected, <sup>4)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.31, AFB2=0.15, AFG1=0.28, AFG2=0.17.

ns: Not significantly different.

Any means in the same column (a-e) followed by different letters are significantly (p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

(3) 감마선 조사에 의한 아플라톡신 생성균 생육억제 및 아플라톡신 저감 효과

(가) 화학적 특성

감마선 조사 전 김치 및 김치 양념의 화학적 특성은 [표 4-18]에 나타내었다. 감마선 조사에 사용된 김치의 pH는 5.67, 산도는 0.35%로 나타나 제조직 후 숙성되지 않은 김치 상태인 것을 알 수 있었다. 김치 양념의 pH는 5.25, 산도는 0.77%로 김치에 비해 pH는 더 낮게 나타나고, 산도는 더 높게 나타났다. 김치의 염도는 1.62%로 일반적으로 알려진 김치의 염도인 2%보다 약간 낮게 나타났다. 반면 김치 양념의 염도는 2.86%로 김치 염도에 비해 약 1.5배 이상 높은 것을 알 수 있었다.

[표 4-18] 김치 및 김치 양념의 화학적 특성

시료구분	pH	산도(%)	염도(%)
김치	5.67±0.02 <sup>b</sup>	0.35±0.00 <sup>a</sup>	1.62±0.02 <sup>a</sup>
김치양념	5.25±0.01 <sup>a</sup>	0.77±0.01 <sup>b</sup>	2.86±0.04 <sup>b</sup>

Any means in the same column (a-b) followed by different letters are significantly (p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

(나) 미생물학적 특성

[표 4-19]은 감마선 조사에 따른 김치 및 김치 양념의 아플라톡신 생성균주인 *A. parasiticus*의 변화를 나타낸 것이다. *A. parasiticus* 접종 직 후 김치 및 김치양념의 *A. parasiticus* 수는 각각 4.30 및 4.39 log CFU/g로 검출되었다. 배양 16시간 후 대조구(0 kGy)에서는 김치에서 4.37 log CFU/g, 양념에서는 4.60 log CFU/g로 증가한 반면 감마선 조사구에서는 조사선량에 따라 점차 감소하는 경향을 나타냈다. 즉, 감마선 5 및 10 kGy 조사 후 약 2 log 수준이 감소하여 김치에서 2.39~2.00 log CFU/g 수준으로 감소하였으며, 김치 양념에서는 2.00~2.54 log

CFU/g으로 감소하여 유의적 차이를 나타냈다. 특히 감마선 20 kGy 조사구에서는 김치 및 김치 양념에서 모두 *A. parasiticus* 가 불검출되어 감마선 조사선량이 높을수록 *A. parasiticus* 생육 억제 효과가 뛰어난 것으로 나타났다.

[표 4-19] 감마선 조사에 따른 김치 및 김치 양념의 *A. parasiticus* 수 변화

(단위 : log CFU/g)

구분	조사선량 (kGy)	배양시간 (hr)	
		0	18
김치	0	4.30±0.04 <sup>aA</sup>	4.37±0.08 <sup>cA</sup>
	5	4.30±0.04 <sup>aB</sup>	2.39±0.09 <sup>bA</sup>
	10	4.30±0.04 <sup>aB</sup>	2.00±0.00 <sup>aA</sup>
	20	4.30±0.04 <sup>aA</sup>	ND
김치 양념	0	4.39±0.01 <sup>aA</sup>	4.60±0.10 <sup>cB</sup>
	5	4.39±0.01 <sup>aB</sup>	2.00±0.00 <sup>aA</sup>
	10	4.39±0.01 <sup>aB</sup>	2.54±0.06 <sup>bA</sup>
	20	4.39±0.01 <sup>aA</sup>	ND

<sup>1)</sup>ND: Not detected.

ns: Not significantly different.

Any means in the same column (a-d) or row (A-B) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

(다) 아플라톡신 함량

감마선 조사에 따른 김치 및 김치 양념의 아플라톡신 함량은 [표 4-20]에 나타내었다. 김치의 감마선 조사 전 총 아플라톡신 함량은 84.40 µg/kg으로 나타났으며, 아플라톡신 B<sub>1</sub>> G<sub>1</sub>> B<sub>2</sub> 순으로 아플라톡신 함량이 높게 나타났다. 16시간 배양 후 감마선 조사에 따른 김치의 총 아플라톡신 함량은 음성대조구(NC)에서 모두 불검출되었으며, 양성 대조구(PC)에서 84.40 µg/kg으로 나타났다. 감마선 조사선량(5, 10 및 20 kGy)에 따라 83.36, 80.49 및 77.27 µg/kg으로 점차 감소하는 경향을 나타내며, 20 kGy 처리구에서 가장 높은 감소를 보여주었다. 5 kGy 조사시 김치의 아플라톡신 함량은 약 1.6% 정도 감소며 미비한 감소율을 보여주었으며, 10 kGy 조사 시에는 아플라톡신 B<sub>1</sub>에서만 5% 이상의 감소율을 나타내었다. 특히 20 kGy 조사구에서는 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 약 8%의 감소율을 나타내었으며, G<sub>1</sub>이 약 13%, 감소율을 나타내 유의적 차이를 나타내었으며, 감마선 조사 시 조사선량이 높을수록 아플라톡신 함량의 감소율도 높게 나타나는 것을 알 수 있었다.

김치 양념의 경우 감마선 조사 전 총 아플라톡신 함량이 73.45 µg/kg로 검출되어 김치와 비슷한 수준으로 아플라톡신 포자 현탁액이 접종된 것을 알 수 있었다. 16시간 배양 후 감마선 조사에 따른 아플라톡신 함량은 감마선 조사선량에 따라 김치와 비슷한 패턴의 감소를 나타내며 조사선량에 따른 유의적인 차이를 나타내었다. 즉, 양성대조구(PC)의 총 아플라톡신 함량이 73.55 µg/kg으로 처리 전 농도에 비해 매우 미비하게 증가하였으며, 감마선 5, 10 및 20 kGy 조사구의 경우 72.77, 68.51 및 65.70 µg/kg로 감마선 조사선량이 높아질수록 감소하였다. 이는

아플라톡신 B<sub>2</sub>를 제외한 B<sub>1</sub>, G<sub>1</sub>에서 유의적인 감소를 나타내며 총 아플라톡신 함량에 영향을 미친 것으로 보이며, 특히 감마선 10 kGy 이상 조사 시 김치 양념에 오염된 아플라톡신 함량이 약 7.7~11.5% 정도 감소하는 것으로 나타났다. 전반적으로 아플라톡신 생성균주에 오염된 김치 및 양념에서는 감마선 조사선량을 10 kGy 이상으로 설정하였을 때 유의적인 감소효과를 나타냈으며, 아플라톡신 B<sub>1</sub> 및 G<sub>1</sub>이 B<sub>2</sub>보다 감소효과가 더 크게 나타나는 것을 알 수 있었다.

[표 4-20] 감마선 조사에 따른 김치 및 김치 양념의 아플라톡신 함량 변화

(단위: µg/kg)

구분	조사선량 (kGy)	AFB1 <sup>1)</sup>	AFB2	AFG1	AFG2	TAFs
김치	처리 전	66.06±1.29	0.69±0.08	8.71±0.34	<LOD <sup>2)</sup>	75.46±1.71
	0	73.45±1.13 <sup>c</sup>	0.85±0.02 <sup>a</sup>	10.03±0.24 <sup>b</sup>	<LOD	84.40±1.40 <sup>c</sup>
	5	72.28±0.37 <sup>c</sup>	0.82±0.01 <sup>a</sup>	10.19±0.01 <sup>b</sup>	<LOD	83.36±0.40 <sup>c</sup>
	10	69.54±0.06 <sup>b</sup>	0.86±0.02 <sup>a</sup>	10.01±0.00 <sup>b</sup>	<LOD	80.49±0.03 <sup>b</sup>
	20	67.60±0.07 <sup>a</sup>	0.90±0.01 <sup>b</sup>	8.73±0.05 <sup>a</sup>	<LOD	77.27±0.11 <sup>a</sup>
김치 양념	처리 전	64.04±3.17	0.66±0.13	8.76±0.09	<LOD	73.45±3.39
	0	63.81±0.48 <sup>c</sup>	0.70±0.02 <sup>ns</sup>	8.92±0.02 <sup>d</sup>	0.11±0.02 <sup>a</sup>	73.55±0.47 <sup>c</sup>
	5	63.54±0.03 <sup>c</sup>	0.69±0.05	8.54±0.05 <sup>c</sup>	<LOD	72.77±0.03 <sup>c</sup>
	10	59.64±0.51 <sup>b</sup>	0.63±0.06	8.24±0.07 <sup>b</sup>	<LOD	68.51±0.53 <sup>b</sup>
	20	57.09±0.06 <sup>a</sup>	0.63±0.01	7.98±0.04 <sup>a</sup>	<LOD	65.70±0.01 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins.

<sup>2)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.31, AFB2=0.15, AFG1=0.28, AFG2=0.17

ns: Not significantly different.

Any means in the same column (a-d) followed by different letters are significantly (p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

#### (4) 화학적 처리에 따른 아플라톡신 생성 억제 및 저감 효과

##### (가) 화학적 특성

화학적 처리에 따른 김치 양념의 염도는 처리구에 따라 상이하게 나타나 대조구 및 양성대조구(PC)에서 2.32~2.39%, 화학적 처리구에서는 2.07~2.14%로 화학적 처리에 따라 미비한 차이를 나타내며 김치 양념의 염도가 낮게 나타났다(data not shown). 화학적 처리 및 배양시간에 따른 김치 양념의 pH 및 산도는 [표 4-21]에 나타내었다. 유기산 처리구를 제외한 모든 시료의 초기 pH는 4.83~4.88로 나타난 반면 유기산 처리구중 1.0% Acetic acid 및 Lactic acid 처리구에서는 pH가 각각 3.96, 3.60으로 나타나 유의적인 차이를 보였다. 배양 18시간 후 음성대조구(NC)의 pH는 4.84로 약간 감소한 반면 다른 시험구에서는 모두 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과는 배양 42시간 후에도 거의 동일한 경향을 나타내었다. 산도는 유기산 첨가구를 제외한 모든 시료에서 0.51~0.54% 수준으로 나타났다. 유기산 첨가구 중 1% AA 첨가구에서는 1.94%, 1% LA 첨가구에서는 1.26%의 산도를 나타내며 acetic acid를 첨가한 시료에서 더 높은 산도를 나타냈으며, 저장기간에 따른 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다.

[표 4-21] 화학적 처리에 따른 김치의 화학적 특성 변화

항목	시료명	배양시간 (hr)		
		0	18	42
pH	NC <sup>1)</sup>	4.88±0.01 <sup>eB</sup>	4.84±0.01 <sup>cA</sup>	4.84±0.01 <sup>cA</sup>
	PC	4.86±0.04 <sup>cdNS</sup>	4.85±0.03 <sup>c</sup>	4.86±0.02 <sup>c</sup>
	1.0% AA	3.96±0.01 <sup>bNS</sup>	3.95±0.02 <sup>b</sup>	3.96±0.02 <sup>b</sup>
	1.0% LA	3.60±0.03 <sup>aAB</sup>	3.59±0.03 <sup>aA</sup>	3.63±0.02 <sup>aB</sup>
	0.3% GP	4.86±0.02 <sup>cdNS</sup>	4.85±0.02 <sup>c</sup>	4.87±0.02 <sup>c</sup>
	0.5% GP	4.83±0.01 <sup>cA</sup>	4.84±0.01 <sup>cAB</sup>	4.86±0.02 <sup>cC</sup>
	1.0% GP	4.84±0.01 <sup>cNS</sup>	4.84±0.03 <sup>c</sup>	4.86±0.03 <sup>c</sup>
산도(%)	NC	0.54±0.02 <sup>aNS</sup>	0.53±0.01 <sup>a</sup>	0.53±0.03 <sup>a</sup>
	PC	0.52±0.02 <sup>aNS</sup>	0.53±0.02 <sup>a</sup>	0.53±0.00 <sup>a</sup>
	1.0% AA	1.94±0.06 <sup>cNS</sup>	1.94±0.03 <sup>c</sup>	1.93±0.05 <sup>c</sup>
	1.0% LA	1.26±0.04 <sup>bNS</sup>	1.29±0.05 <sup>b</sup>	1.29±0.04 <sup>b</sup>
	0.3% GP	0.54±0.02 <sup>aNS</sup>	0.52±0.01 <sup>a</sup>	0.53±0.00 <sup>a</sup>
	0.5% GP	0.51±0.01 <sup>aNS</sup>	0.52±0.01 <sup>a</sup>	0.51±0.00 <sup>a</sup>
	1.0% GP	0.51±0.01 <sup>aA</sup>	0.50±0.01 <sup>aA</sup>	0.53±0.01 <sup>aB</sup>

<sup>1)</sup>NC: Negative control, PC: Positive control, AA: Kimchi paste added with 1.0% acetic acid, LA: Kimchi paste added with 1.0% lactic acid, GP0.3%: Kimchi paste added with 0.3% grapefruit seed extracts, GP0.5%: Kimchi paste added with 0.5% grapefruit seed extracts, GP1.0%: Kimchi paste added with 1.0% grapefruit seed extracts.

NS: Not significantly different.

Any means in the same column (a-d) and low(A-C) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

(나) *A. parasiticus* 수의 변화

화학적 처리구로써 유기산 및 자몽종자추출물 처리에 따른 김치 양념의 *A. parasiticus*의 수는 배양시간에 따라 유기산 처리구 및 자몽종자추출물 처리구에서 유의적 차이를 나타냈다[표 4-22]. 음성대조구(NC)는 배양 전 후 *A. parasiticus*가 모두 불검출되었으며, 제조 직 후 모든 시료의 *A. parasiticus*의 수는 5.11~5.76 log CFU/g로 검출되어 약 5 log 수준으로 나타났다. 배양 18시간 후 유기산 첨가구 중 1% Acetic Acid(AA) 및 1% Lactic Acid(LA) 첨가구에서는 각각 약 0.80 및 1.46 log CFU/g 수준이 감소한 4.65 및 4.30 log CFU/g 수준으로 나타났으며, 자몽종자추출물 0.3, 0.5 및 1.0% 첨가구에서는 양성 대조구(PC)와 비슷한 수준인 5.62~5.80 log CFU/g 으로 검출되었다. 그러나 배양 42시간 후 양성대조구(PC)는 약 0.77 log CFU/g 수준이 증가한 6.39 log CFU/g 수준으로 나타났으며, 유기산 첨가구 중 1% Acetic Acid(AA) 및 1% Lactic Acid(LA) 첨가구에서는 각각 약 1.91 및 1.63 log CFU/g 수준이 감소한 3.54 및 4.13 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 한편, 자몽종자추출물 0.3, 0.5 및 1.0% 첨가구에서는 양성 대조구(PC)와 비슷한 수준인 5.31~5.84 log CFU/g 으로 검출되었다. 따라서 아플라톡신 생성균주에 오염된 양념에 acetic acid 및 lactic acid와 같은 유기산을 처리하였을 때 *A.*

*parasiticus*의 생육 억제 효과가 있는 것으로 생각되며, 그 중 lactic acid에 비해 acetic acid의 효과가 더 큰 것으로 나타났다.

[표 4-22] 화학적 처리에 따른 김치의 *A. parasiticus*수의 변화

(단위 : log CFU/g)

시료명	배양시간 (hr)		
	0	18	42
NC <sup>1)</sup>	ND	ND	ND
PC	5.62±0.06 <sup>dB</sup>	5.39±0.09 <sup>cA</sup>	6.39±0.09 <sup>fC</sup>
1.0% AA	5.45±0.01 <sup>bcC</sup>	4.65±0.05 <sup>bB</sup>	3.54±0.06 <sup>aA</sup>
1.0% LA	5.76±0.02 <sup>eC</sup>	4.30±0.00 <sup>aB</sup>	4.13±0.08 <sup>bA</sup>
0.3% GP	5.41±0.05 <sup>bA</sup>	5.62±0.03 <sup>dB</sup>	5.70±0.01 <sup>dC</sup>
0.5% GP	5.11±0.10 <sup>aA</sup>	5.80±0.02 <sup>eC</sup>	5.31±0.03 <sup>cB</sup>
1.0% GP	5.53±0.01 <sup>cA</sup>	5.70±0.04 <sup>eB</sup>	5.84±0.00 <sup>eC</sup>

<sup>1)</sup>NC: Negative control, PC: Positive control, AA: Kimchi paste added with 1.0% acetic acid, LA: Kimchi paste added with 1.0% lactic acid, GP0.3%: Kimchi paste added with 0.3% grapefruit seed extracts, GP0.5%: Kimchi paste added with 0.5% grapefruit seed extracts, GP1.0%: Kimchi paste added with 1.0% grapefruit seed extracts.

<sup>2)</sup>ND: Not detected.

Any means in the same column (a-d) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

#### (다) 아플라톡신 함량

화학적 처리에 따른 김치 양념의 아플라톡신 함량은 처리 직후 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, 및 G<sub>2</sub>가 각각 118.43~132.33, 1.81~2.24, 14.80~18.84 및 1.47~2.13 µg/kg 수준으로 검출되었다 [표 4-23]. 16시간 배양 후, 아플라톡신 함량은 점차 증가하는 경향을 나타내어 모든 시료에서 증가하였다. 그러나 화학적 처리에 따라 그 증가율이 상이하게 나타내어 유기산 처리구에서는 양성대조구(PC)의 총 아플라톡신 함량에 비해 약 18%가 증가한 반면 자몽종자추출물 처리구에서는 처리 농도가 높을수록 낮은 증가율을 나타냈다. 즉, 0.3% 자몽종자추출물 처리구에서는 음성대조구에 비해 약 17%의 증가율을 나타내었지만, 1% 자몽종자추출물 처리구에서는 약 4%의 증가율을 나타내었다. 배양 42시간 후, 양성대조구에서는 초기 검출 농도 대비 약 55%의 증가율을 나타내어 총 아플라톡신 함량이 213.09 µg/kg이 검출되었다. 화학적 처리구에서는 1% acetic acid처리구와 1% 자몽종자추출물 처리구를 제외한 모든 시료에서 아플라톡신 함량이 증가하였다. 1% acetic acid 처리구는 배양 42시간 후, 배양 18시간 후의 결과와 상이한 경향을 나타내며 양성대조구 대비 총 아플라톡신 함량이 약 5% 가량 낮게 검출되어 유의적 차이를 나타내었으며, 1% 자몽종자추출물 처리구에서는 감소율이 약 1.8%정도로 나타났다

[표 4-23] 화학적 처리에 따른 김치의 아플라톡신 함량 변화

(단위: µg/kg)

항목	시료명	배양시간 (hr)		
		0	18	42
AFB1	NC <sup>1)</sup>	ND <sup>2)</sup>	ND	ND
	PC	118.43±0.21 <sup>aA</sup>	134.59±0.80 <sup>aB</sup>	184.06±0.10 <sup>bC</sup>
	1.0% AA	120.41±0.19 <sup>bA</sup>	152.69±0.30 <sup>dB</sup>	173.92±1.20 <sup>aC</sup>
	1.0% LA	132.33±0.15 <sup>fA</sup>	154.25±0.25 <sup>dB</sup>	192.84±0.02 <sup>cC</sup>
	0.3% GP	127.82±0.18 <sup>eA</sup>	152.88±1.00 <sup>dB</sup>	193.76±0.14 <sup>cC</sup>
	0.5% GP	123.95±0.03 <sup>dA</sup>	144.22±0.63 <sup>cB</sup>	200.96±1.16 <sup>dC</sup>
	1.0% GP	122.11±1.20 <sup>cA</sup>	140.29±0.56 <sup>bB</sup>	185.81±0.56 <sup>bC</sup>
AFB2	NC	ND	ND	ND
	PC	1.81±0.20 <sup>aNS</sup>	2.11±0.05 <sup>a</sup>	2.37±0.27 <sup>ns</sup>
	1.0% AA	1.99±0.01 <sup>abA</sup>	2.25±0.04 <sup>cAB</sup>	2.42±0.17 <sup>B</sup>
	1.0% LA	2.24±0.13 <sup>bNS</sup>	2.25±0.00 <sup>c</sup>	2.50±0.13
	0.3% GP	1.94±0.03 <sup>abA</sup>	2.29±0.03 <sup>cAB</sup>	2.66±0.24 <sup>B</sup>
	0.5% GP	1.92±0.01 <sup>abA</sup>	2.22±0.05 <sup>bcA</sup>	2.91±0.31 <sup>B</sup>
	1.0% GP	1.84±0.25 <sup>aNS</sup>	2.14±0.02 <sup>ab</sup>	2.45±0.24
AFG1	NC	ND	ND	ND
	PC	16.03±0.29 <sup>bB</sup>	13.65±0.16 <sup>aA</sup>	25.03±0.28 <sup>bC</sup>
	1.0% AA	18.72±0.15 <sup>cA</sup>	20.13±0.15 <sup>dB</sup>	24.47±0.01 <sup>bC</sup>
	1.0% LA	18.80±0.27 <sup>cA</sup>	21.53±0.13 <sup>eB</sup>	27.62±0.34 <sup>dC</sup>
	0.3% GP	18.84±0.36 <sup>cA</sup>	21.90±0.21 <sup>eB</sup>	26.47±0.29 <sup>cC</sup>
	0.5% GP	14.80±0.32 <sup>aA</sup>	16.13±0.20 <sup>cB</sup>	26.83±0.15 <sup>cC</sup>
	1.0% GP	15.20±0.24 <sup>aA</sup>	14.76±0.10 <sup>bA</sup>	19.62±0.52 <sup>aB</sup>
AFG2	NC	ND	ND	ND
	PC	1.47±0.17 <sup>aA</sup>	1.52±0.22 <sup>abB</sup>	1.64±0.27 <sup>nsC</sup>
	1.0% AA	1.49±0.38 <sup>aA</sup>	1.20±0.31 <sup>ab</sup>	1.42±0.88 <sup>C</sup>
	1.0% LA	1.70±0.09 <sup>aA</sup>	1.53±0.03 <sup>abB</sup>	1.41±0.34 <sup>C</sup>
	0.3% GP	1.72±0.24 <sup>abA</sup>	1.70±0.02 <sup>bB</sup>	1.53±0.26 <sup>C</sup>
	0.5% GP	2.13±0.06 <sup>bA</sup>	1.91±0.21 <sup>bB</sup>	1.35±0.33 <sup>C</sup>
	1.0% GP	1.65±0.10 <sup>abA</sup>	1.46±0.05 <sup>abB</sup>	1.37±0.53 <sup>C</sup>
TAFs	NC	ND	ND	ND
	PC	137.75±0.46 <sup>aA</sup>	150.48±0.87 <sup>aB</sup>	213.09±0.19 <sup>cC</sup>
	1.0% AA	142.60±0.02 <sup>cA</sup>	175.13±0.45 <sup>dB</sup>	202.23±1.90 <sup>aC</sup>
	1.0% LA	155.08±0.65 <sup>eA</sup>	178.19±0.38 <sup>eB</sup>	224.38±0.11 <sup>dC</sup>
	0.3% GP	150.32±0.27 <sup>dA</sup>	177.20±1.16 <sup>eB</sup>	224.42±0.12 <sup>dC</sup>
	0.5% GP	142.81±0.42 <sup>cA</sup>	162.84±0.75 <sup>cB</sup>	232.05±0.66 <sup>eC</sup>
	1.0% GP	140.80±1.29 <sup>bA</sup>	157.37±0.72 <sup>bB</sup>	209.26±0.79 <sup>bC</sup>

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins, <sup>2)</sup>NC: Negative control, PC: Positive control, AA: Kimchi paste added with 1.0% acetic acid, LA: Kimchi paste added with 1.0% lactic acid, GP0.3%: Kimchi paste added with 0.3% grapefruit seed extracts, GP0.5%: Kimchi paste added with 0.5% grapefruit seed extracts, GP1.0%: Kimchi paste added with 1.0% grapefruit seed extracts. <sup>3)</sup>ND: Not detected. ns: Not significantly different.

<sup>4)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB1=0.31, AFB2=0.15, AFG1=0.28, AFG2=0.17, <sup>4)</sup>LOQ(ng/mL): limit of quantitation. AFB1=0.95, AFB2=0.46, AFG1=0.85, AFG2=0.52.

Any means in the same column (a-d) or row (A-E) followed by different letters are significantly (p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

(5) 미생물 처리에 따른 아플라톡신 생성 억제 및 저감 효과

(가) 화학적 특성

[표 4-24]는 미생물 처리에 따른 김치의 화학적 특성 변화를 나타낸 것이다. 미생물 처리 직후 김치의 염도는 1.62~1.70%의 수준을 나타내며 유산균 처리구에서 다소 낮은 염도를 나타내었다(Data not shown). 미생물 처리 직후 김치의 pH는 음성대조구(NC)에서 5.20, 양성대조구(PC)에서 5.23으로 나타난 반면 유산균 처리구(LP 및 LM)에서는 5.15로 나타나 유의적 차이를 보였다. pH는 PC를 제외한 모든 시료에서 배양시간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 배양 42시간 후 NC에서는 pH 5.15로 감소하였으며, *Lac. plantarum* 처리구(LP)에서는 pH 3.38, *Leu. mesenteriods* 처리구(LM)에서는 pH 3.95로 감소하였다. 특히, LP의 경우 다른 시료와 달리 배양 18시간 후 급격한 감소를 나타냈다.

미생물 처리 직후 김치의 산도는 0.31~0.34 %로 나타났으며, 배양시간이 증가함에 따라 산도도 점차 증가하였다. 양성대조구에서는 pH와 동일하게 배양시간에 따른 유의적 차이를 나타내지 않았으며, 음성대조구에서는 배양시간에 따른 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 배양 18시간 후, LP 및 LM에서는 각각 1.15, 0.90%의 산도를 나타내며 초기 산도에 비해 증가하였으며 배양 42시간 후에는 각각 1.30, 0.97%의 산도를 나타내며 배양시간에 따라 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 특히 LP의 경우 배양 42시간 후 가장 높은 산도를 나타내었는데 이는 젖산균의 최대 검출시기와 일치하는 것을 알 수 있었다. 따라서 전반적으로 유산균 처리에 따라 김치의 pH 감소가 더 뚜렷하게 감소한 것을 확인할 수 있었는데, 이는 유산균이 생성한 젖산에 의해 pH 감소 및 산도 증가에 영향을 미친 것으로 보인다.

[표 4-24] 미생물 처리에 따른 김치의 화학적 특성 변화

항목	시료구분	배양시간 (hr)		
		0	18	42
pH	NC <sup>1)</sup>	5.20±0.01 <sup>bB</sup>	5.21±0.03 <sup>cB</sup>	5.15±0.02 <sup>cA</sup>
	PC	5.23±0.02 <sup>bNS</sup>	5.24±0.02 <sup>c</sup>	5.23±0.01 <sup>d</sup>
	LP	5.15±0.03 <sup>aC</sup>	3.52±0.02 <sup>aB</sup>	3.38±0.02 <sup>aA</sup>
	LM	5.15±0.01 <sup>aB</sup>	3.96±0.01 <sup>bA</sup>	3.95±0.03 <sup>bA</sup>
산도(%)	NC	0.33±0.00 <sup>bcB</sup>	0.35±0.00 <sup>bc</sup>	0.31±0.01 <sup>aA</sup>
	PC	0.31±0.01 <sup>aNS</sup>	0.31±0.02 <sup>a</sup>	0.33±0.01 <sup>a</sup>
	LP	0.32±0.00 <sup>abA</sup>	1.15±0.02 <sup>dB</sup>	1.30±0.01 <sup>cC</sup>
	LM	0.34±0.01 <sup>cA</sup>	0.90±0.01 <sup>cB</sup>	0.97±0.02 <sup>bc</sup>

<sup>1)</sup>NC: Negative Control, PC: Positive control, LP: *Lactobacillus plantarum* inoculated into Kimchi, LM: *Leuconostoc mesenteriods* inoculated into Kimchi.

NS: Not significantly different.

Any means in the same column (a-d) or row (A-C) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

(나) 미생물학적 특성

미생물 처리에 따른 김치의 미생물학적 특성 변화는 [표 4-25]에 나타내었다. 아플라톡신 생성균주 및 젖산균 접종직 후 김치의 젖산균 수는 음성대조구(NC) 및 양성대조구(PC)에서는

배양시간이 경과하여도 모두 불검출되었다. 그러나 젓산균 중 *Lactobacillus plantarum*(LP) 및 *Leuconostoc mesenteriods*(LM) 접종구에서는 제조 직 후 약 8 log CFU/g 수준이 검출되었으며, 배양시간이 증가함에 따라 LM접종구에서는 배양 18시간 후 최대수치에 도달한 반면 LP접종구에서는 배양 42시간 후 최대수치에 도달하였다. 배양 42시간 후 LP 접종구는 지속적으로 증가하여 약 11 log CFU/g이 검출되었으나, LM 접종구에서는 초기 접종농도와 비슷한 수준인 8.52 log CFU/g가 검출되었다.

아플라톡신 생성균주 및 젓산균 접종직 후 김치의 *A. parasiticus* 수는 5.54~5.60 log CFU/g로 검출되었으며 음성대조구(NC)에서는 불검출되었다. 이후 배양시간이 증가함에 따라 *A. parasiticus* 수는 증가하거나 그 검출수준이 유지되었다. 즉, 양성대조구 및 LM 처리구에서는 배양 18시간 후 5.71 및 5.66 log CFU/g으로 검출되어 배양 42시간 후에도 비슷한 수준이 검출되었다. 그러나 LP처리구에서는 배양시간에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내며 배양 42시간 후에는 1.00 log 수준이 감소한 4.54 log CFU/g가 검출되었다. 이러한 결과는 배양시간에 따라 *Lac. plantarum*이 최대증식기에 도달하면서 *A. parasiticus*수의 생육을 억제한 것으로 보인다.

[표 4-25] 미생물 처리에 따른 김치의 미생물학적 특성 변화

(단위 : log CFU/g)

항목	시료구분	배양시간 (hr)		
		0	18	42
젓산균	NC <sup>1)</sup>	ND <sup>2)</sup>	ND	ND
	PC	ND	ND	ND
	LP	7.95±0.09 <sup>aA</sup>	10.18±0.01 <sup>bB</sup>	10.98±0.01 <sup>cC</sup>
	LM	8.01±0.45 <sup>aA</sup>	10.16±0.02 <sup>cC</sup>	8.52±0.05 <sup>bB</sup>
<i>A. parasiticus</i>	NC	ND	ND	ND
	PC	5.54±0.05 <sup>aA</sup>	5.71±0.00 <sup>bB</sup>	5.71±0.03 <sup>bB</sup>
	LP	5.54±0.01 <sup>cC</sup>	5.34±0.08 <sup>bB</sup>	4.54±0.06 <sup>aA</sup>
	LM	5.60±0.04 <sup>aA</sup>	5.66±0.01 <sup>bB</sup>	5.62±0.03 <sup>abAB</sup>

<sup>1)</sup>NC: Negative Control, PC: Positive control, LP: *Lactobacillus plantarum* inoculated into Kimchi, LM: *Leuconostoc mesenteriods* inoculated into Kimchi, <sup>2)</sup>ND: Not detected.

Any means in the same column (a-d) or row (A-C) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

(다) 아플라톡신 함량

아플라톡신은 *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Bifidobacterium* 속 등과 같은 유산균을 구성하는 세포벽 성분에 결합하여 아플라톡신을 분해시키는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서 미생물 처리로 2종의 유산균을 각각 첨가하여 배양 중 김치의 아플라톡신을 분석한 결과, 처리 직후 음성대조구(NC)에서는 모두 불검출되었으며 양성대조구(PC) 및 유산균처리구(LP, LM)의 아플라톡신 B<sub>1</sub>은 58.00~60.65 µg/kg 수준으로 검출되었다[표 4-26]. 또한 아플라톡신 B<sub>2</sub>는 0.38~0.48 µg/kg, 아플라톡신 G<sub>1</sub>의 경우 8.48~10.28 µg/kg, 아플라톡신 G<sub>2</sub>는

0.04~0.12  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 검출되었다. 유산균 처리에 따른 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>에 대한 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았지만 총 아플라톡신 함량 중 LP 처리구에서 70.76  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 검출되어 유의적인 차이를 나타냈다. 아플라톡신의 함량은 배양시간에 따라 점차 증가하는 경향을 나타내며 배양 18시간 후 모든 시료에서 증가하였다. 그러나 배양 42시간 후 PC를 제외한 유산균 처리구의 경우 양성대조구와 뚜렷한 차이를 나타내었다. 즉 배양 42시간 후 양성대조구(PC)에서 총 아플라톡신 함량이 138.67  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 검출된 반면 LP 및 LM 처리구에서는 68.44, 68.46  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 가 검출되어 양성대조구에 비해 약 50% 정도의 감소율을 나타내었다. 특히, 아플라톡신 B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>의 경우 배양 42시간 후 LP처리구에서 60.69, 67.92 및 67.94 %의 감소율을 나타내고, LM 처리구에서는 63.91, 71.01, 75.27%의 감소율을 나타내며 *Leu. mesenteriods*를 첨가한 시료(LM)에서 더 큰 감소율을 보였다.

[표 4-26] 미생물 처리에 따른 김치의 아플라톡신 함량 변화

(단위:  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

항목	시료구분	배양시간 (hr)		
		0	18	42
AFB <sub>1</sub> <sup>1)</sup>	NC <sup>2)</sup>	ND <sup>3)</sup>	ND	ND
	PC	58.00±0.05 <sup>aA</sup>	59.11±0.25 <sup>aB</sup>	100.86±0.50 <sup>cC</sup>
	LP	60.65±0.02 <sup>cB</sup>	63.29±0.17 <sup>cC</sup>	56.20±0.36 <sup>aA</sup>
	LM	58.99±0.68 <sup>bB</sup>	61.05±0.39 <sup>bC</sup>	57.40±0.08 <sup>bA</sup>
AFB <sub>2</sub>	NC	ND	ND	ND
	PC	0.48±0.14 <sup>nsA</sup>	0.39±0.00 <sup>bA</sup>	1.54±0.06 <sup>cB</sup>
	LP	0.45±0.05 <sup>A</sup>	0.39±0.01 <sup>bA</sup>	0.60±0.01 <sup>bB</sup>
	LM	0.38±0.02 <sup>A</sup>	0.35±0.02 <sup>aA</sup>	0.55±0.03 <sup>aB</sup>
AFG <sub>1</sub>	NC	ND	ND	ND
	PC	8.48±0.12 <sup>aA</sup>	10.40±0.23 <sup>aB</sup>	35.90±0.49 <sup>cC</sup>
	LP	9.61±0.02 <sup>bA</sup>	11.22±0.20 <sup>bB</sup>	11.52±0.42 <sup>bB</sup>
	LM	10.28±0.10 <sup>cA</sup>	11.40±0.26 <sup>bB</sup>	10.41±0.48 <sup>aAB</sup>
AFG <sub>2</sub>	NC	ND	ND	ND
	PC	0.12±0.03 <sup>bA</sup>	0.23±0.01 <sup>nsA</sup>	0.36±0.00 <sup>cB</sup>
	LP	0.04±0.01 <sup>aA</sup>	0.26±0.04 <sup>AB</sup>	0.12±0.01 <sup>bB</sup>
	LM	0.06±0.01 <sup>aA</sup>	0.23±0.00 <sup>A</sup>	0.09±0.01 <sup>aB</sup>
TAFs	NC	ND	ND	ND
	PC	67.09±0.05 <sup>aA</sup>	69.98±0.47 <sup>aB</sup>	138.67±0.05 <sup>bC</sup>
	LP	70.76±0.05 <sup>cB</sup>	75.01±0.07 <sup>cC</sup>	68.44±0.76 <sup>aA</sup>
	LM	69.71±0.74 <sup>bA</sup>	72.86±0.66 <sup>bB</sup>	68.46±0.43 <sup>aA</sup>

<sup>1)</sup>AFB<sub>1</sub>: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB<sub>2</sub>: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG<sub>1</sub>: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG<sub>2</sub>: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins.

<sup>2)</sup>NC: Negative Control, PC: Positive control, LP: *Lactobacillus plantarum* inoculated into Kimchi, LM: *Leuconostoc mesenteriods* inoculated into Kimchi, <sup>3)</sup>ND: Not detected, <sup>4)</sup>LOD( $\text{ng}/\text{mL}$ ): limit of detection. AFB<sub>1</sub>=0.31, AFB<sub>2</sub>=0.15, AFG<sub>1</sub>=0.28, AFG<sub>2</sub>=0.17.

ns: Not significantly different.

Any means in the same column (a-d) or row (A-C) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

다. 김치 발효조절에 의한 아플라톡신 생성 억제 효과 분석

(1) 아플라톡신 오염 농도에 따른 김치의 저장 중 아플라톡신 함량 변화

(가) 수분

아플라톡신 오염 농도에 따른 김치의 저장 중 수분함량은 [표 4-27]에 나타내었다. 제조 직후 아플라톡신을 오염시킨 김치의 수분함량은 대조구(A)에서 89.40%, 아플라톡신 10 ppb 오염구(B)에서 89.17%, 아플라톡신 20 ppb(C)에서 88.91%로 나타났으며 평균적으로 약 89%의 수분을 함유하는 것으로 나타났다. 시료 및 저장기간에 따른 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았으며, 시료 중 저장 2주차에 아플라톡신 20 ppb 오염구(C)에서 가장 높은 수분함량을 나타냈다.

[표 4-27] 아플라톡신 오염농도에 따른 김치의 저장 중 수분함량 변화

(단위: %)

시료구분	저장기간 (주)				
	0	2	4	6	8
A <sup>1)</sup>	89.40±0.12 <sup>cAB</sup>	89.46±0.03 <sup>aAB</sup>	89.42±0.03 <sup>aAB</sup>	89.33±0.09 <sup>nsA</sup>	89.53±0.04 <sup>aB</sup>
B	89.17±0.14 <sup>bA</sup>	89.66±0.08 <sup>bB</sup>	90.21±0.08 <sup>bC</sup>	89.13±0.21 <sup>A</sup>	89.57±0.01 <sup>aB</sup>
C	88.91±0.02 <sup>aA</sup>	90.51±0.02 <sup>cD</sup>	89.52±0.22 <sup>aB</sup>	89.32±0.13 <sup>B</sup>	89.84±0.09 <sup>bC</sup>

<sup>1)</sup>A: Control, B: Contamination level for aflatoxins (10 ppb) in Kimchi, C: Contamination level for aflatoxins (20 ppb) in Kimchi.

ns: Not significantly different.

Any means in the same column (a-c) or row (A-E) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

(나) pH 및 산도

김치는 숙성 기간 중 각종 효소와 미생물에 의해 생성된 유기산이 김치 특유의 신선한 맛을 부여하는 것으로 알려져 있다. 김치에서 생성된 유기산은 김치의 pH를 감소시키는 반면 산도는 증가시켜 김치의 숙성정도를 짐작할 수 있는 중요한 지표라 할 수 있으며, 이를 통해 젖산균의 생육이나 김치의 발효도를 예상 할 수 있다. [표 4-28]는 아플라톡신 오염농도에 따른 김치의 pH 변화를 나타낸 것으로 아플라톡신 오염농도에 따른 김치의 담금 직후 pH는 5.61~5.65로 나타났으며, 시료간의 유의적 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았다. pH는 저장기간이 증가할수록 점차 감소하는 경향을 나타내며 저장 2주차에 가장 큰 감소를 나타냈다. 이후 저장 4주차에 모든 시료에서 적숙기 pH인 4.2에 가깝게 도달하여 저장 8주차에는 pH 4까지 감소하였다.

담금 직후 아플라톡신 오염농도에 따른 김치의 산도는 약 0.40~0.44% 수준으로 나타나 아플라톡신 20 ppb 오염구(C)에서 가장 낮은 산도를 나타냈다. 김치의 산도는 저장 기간에 따라 점차 증가하여 저장 6주차에 1%에 가깝게 도달하여 대조구(A)에서 1.05%, 아플라톡신 10 ppb 오염구(B)에서 1.05%, 아플라톡신 20 ppb 오염구(C)에서 0.99%로 나타났다[표 4-29]. 특히 대조구에서는 저장 4주차에 0.98%의 산도를 나타내며 다른 시료와 유의적 차이를 나타내었다 ( $p < 0.05$ ). 시료에 따라 전반적으로 대조구(A)에서 저장기간 중 가장 높은 산도를 나타낸 반면, 아플라톡신 20 ppb 오염구(C)에서는 비교적 산도가 낮게 나타났다.

[표 4-28] 아플라톡신 오염농도에 따른 김치의 저장 중 pH 변화

시료구분	저장기간 (주)				
	0	2	4	6	8
A <sup>1)</sup>	5.65±0.01 <sup>nsE</sup>	4.77±0.02 <sup>bD</sup>	4.14±0.02 <sup>aC</sup>	4.08±0.02 <sup>bB</sup>	4.00±0.03 <sup>nsA</sup>
B	5.62±0.03 <sup>E</sup>	4.69±0.02 <sup>aD</sup>	4.15±0.01 <sup>abC</sup>	4.04±0.02 <sup>aB</sup>	3.99±0.02 <sup>A</sup>
C	5.61±0.02 <sup>E</sup>	4.70±0.02 <sup>aD</sup>	4.18±0.02 <sup>bC</sup>	4.05±0.01 <sup>abB</sup>	4.00±0.03 <sup>A</sup>

<sup>1)</sup>A: Control, B: Contamination level for aflatoxins (10 ppb) in Kimchi, C: Contamination level for aflatoxins (20 ppb) in Kimchi.

ns: Not significantly different.

Any means in the same column (a-c) or row (A-E) followed by different letters are significantly (p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

[표 4-29] 아플라톡신 오염농도에 따른 김치의 저장 중 산도 변화

(단위: %)

시료구분	저장기간 (주)				
	0	2	4	6	8
A <sup>1)</sup>	0.44±0.00 <sup>ba</sup>	0.69±0.01 <sup>cb</sup>	0.98±0.03 <sup>bc</sup>	1.05±0.00 <sup>bd</sup>	1.20±0.01 <sup>be</sup>
B	0.43±0.02 <sup>ba</sup>	0.63±0.01 <sup>bb</sup>	0.88±0.00 <sup>ac</sup>	1.05±0.03 <sup>bd</sup>	1.14±0.02 <sup>ae</sup>
C	0.40±0.00 <sup>aa</sup>	0.61±0.01 <sup>ab</sup>	0.90±0.01 <sup>ac</sup>	0.99±0.01 <sup>ad</sup>	1.12±0.02 <sup>ae</sup>

<sup>1)</sup>A: Control, B: Contamination level for aflatoxins (10 ppb) in Kimchi, C: Contamination level for aflatoxins (20 ppb) in Kimchi.

ns: Not significantly different.

Any means in the same column (a-c) or row (A-E) followed by different letters are significantly (p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

(다) 염도

아플라톡신 오염 농도에 따른 김치의 염도변화는 [표 4-30]에 나타내었다. 아플라톡신 오염에 따른 김치의 염도는 김장 직 후 초기 염도가 대조구(A)에서 1.85%, 아플라톡신 10 ppb 오염구(B)에서 1.89%, 아플라톡신 20 ppb 오염구(C)에서 1.875로 나타났다. 시료 및 저장기간에 따른 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았으며 전반적으로 약 1.90%의 염도를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

(라) 미생물학적 특성

김치는 채소류를 주재료로 하여 야생의 미생물에 의해 발효되는 자연발효식품으로 김치 발효의 특성은 단계성을 지닌다. 이러한 각 단계별 미생물학적 특성은 김치의 품질에 매우 중요한 영향을 주기 때문에 김치의 처리나 저장기간에 따른 균수의 변화를 살펴보는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다. 아플라톡신 오염 농도에 따른 김치의 일반세균수는 담금 직 후 5.76~5.83 log CFU/g 수준으로 검출되었다[그림 4-3]. 저장 2주 후 약 2 log 수준이 증가하여 대조구(A)에서는 7.43 log CFU/g가 검출되며 최대 수치에 도달한 반면 아플라톡신 10 ppb 오염구

(B) 및 아플라톡신 20 ppb 오염구(C)는 저장 4주차에 7.12 및 6.86 log CFU/g가 검출되며 최대 수치가 검출되었다. 이후 저장기간이 경과함에 따라 일반세균수는 점차 감소하는 경향을 보여 저장 8주차에는 6.47~6.86 log CFU/g 수준에 도달하였다. 오염농도에 따라 아플라톡신 20 ppb 오염구는 대조구 및 10 ppb 오염구에 비해 저장 기간에 걸쳐 보다 적은 일반세균수를 나타내며 유의적 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ).

[표 4-30] 아플라톡신 오염농도에 따른 김치의 저장 중 염도 변화

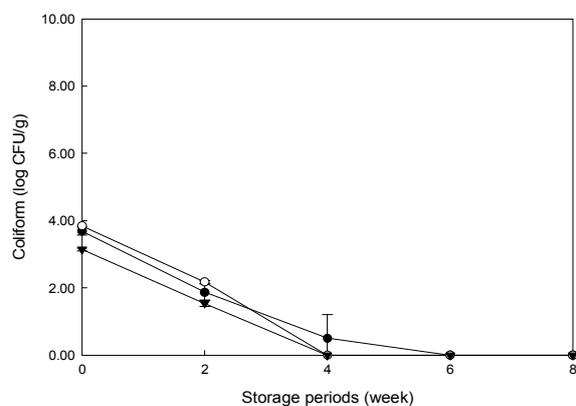
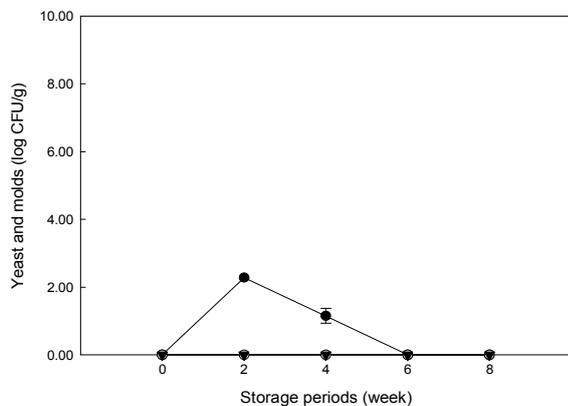
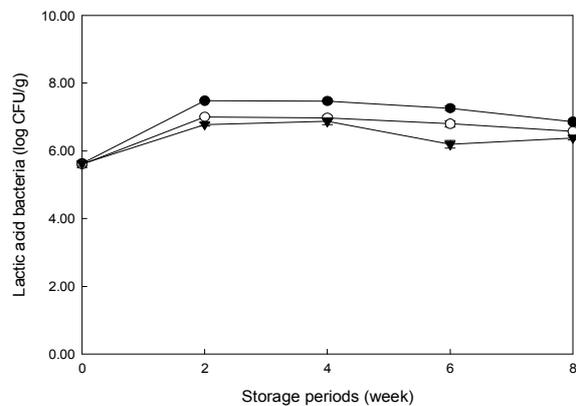
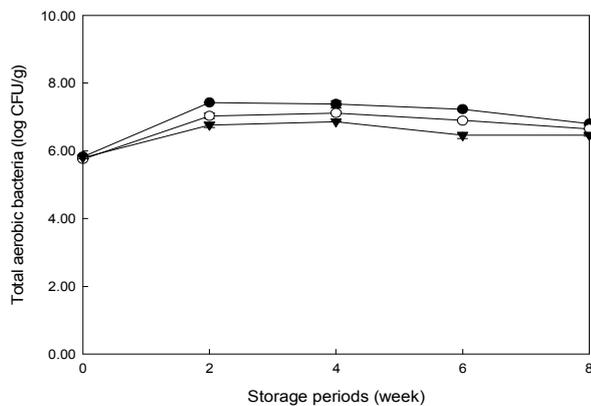
(단위: %)

시료구분	저장기간 (주)				
	0	2	4	6	8
A <sup>1)</sup>	1.85±0.02 <sup>aA</sup>	1.90±0.02 <sup>nsA</sup>	1.91±0.04 <sup>nsA</sup>	1.97±0.04 <sup>nsB</sup>	1.97±0.02 <sup>bB</sup>
B	1.89±0.01 <sup>bA</sup>	1.91±0.00 <sup>AB</sup>	1.92±0.01 <sup>AB</sup>	1.94±0.03 <sup>B</sup>	1.93±0.03 <sup>abAB</sup>
C	1.87±0.01 <sup>abA</sup>	1.91±0.02 <sup>AB</sup>	1.90±0.02 <sup>AB</sup>	1.94±0.04 <sup>B</sup>	1.90±0.03 <sup>aAB</sup>

<sup>1)</sup>A: Control, B: Contamination level for aflatoxins (10 ppb) in Kimchi, C: Contamination level for aflatoxins (20 ppb) in Kimchi.

ns: Not Significantly different.

Any means in the same column (a-c) or row (A-E) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.



●: Control, ○: Contamination level for aflatoxins (10 ppb) in Kimchi, ▼: Contamination level for aflatoxins (20 ppb) in Kimchi.

[그림 4-3] 아플라톡신 오염농도에 따른 김치의 저장 중 미생물 특성 변화.

아플라톡신 오염 농도에 따른 김치의 젖산균수 변화는 일반세균수와 비슷한 경향을 나타내었다[그림 4-3]. 담금직 후 김치의 젖산균수는 5.61~5.63 log CFU/g 수준으로 나타났으며, 아플라톡신 20 ppb 오염구(C)를 제외한 대조구 및 아플라톡신 10 ppb 오염구에서는 저장 2주차에 가장 많은 균수가 검출되었다. 저장기간이 경과함에 따라 젖산균수는 점차 감소하는 경향을 나타내었으며, 오염농도에 따른 유의적 차이를 나타내었다. 특히 아플라톡신 20 ppb 오염구는 저장 6주차에 6.20 log CFU/g가 검출되며 저장 중 가장 낮은 균수를 나타냈다.

[그림 4-3]은 아플라톡신 오염농도를 달리한 김치의 효모 및 곰팡이의 수를 나타낸 것이다. 김치의 제조 직 후 효모 및 곰팡이 수는 모든 시료에서 불검출되었으며, 저장 2주 후 아플라톡신 오염구를 제외하고 대조구(A)에서만 2.28 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 이후 저장 4주차까지 대조구에서는 효모 및 곰팡이가 1.15 log CFU/g로 감소하였다가 저장 6주차 이후 모두 불검출되었다.

아플라톡신 오염 농도에 따른 김치의 저장 중 대장균군은 제조 직후 김치의 모든 시료에서 약 3.15~3.85 log CFU/g 수준으로 검출되었으며, 대장균은 모든 시료에서 불검출되었다[그림 4-3]. 저장기간에 따라 대장균군의 수는 대조구에서 점차 감소하여 저장 2주차에 약 2 log CFU/g 이하 수준으로 검출되었다가 저장 4주차에는 아플라톡신 10 ppb 오염구를 제외한 모든 시료에서 불검출되었다. 아플라톡신 10 ppb 오염구의 대장균군은 저장 6주차 이후 불검출되었다. 이러한 결과는 저장기간이 증가함에 따라 pH 감소 및 산도 증가로 인해 대장균군의 수가 불검출된 것으로 생각된다.

#### (마) 아플라톡신 함량

아플라톡신은 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>를 각각 10 및 20 µg/kg로 제조한 것을 혼합하여 김치에 오염시킨 뒤 총 아플라톡신 함량을 40 및 80 µg/kg으로 하였다. 아플라톡신 오염농도에 따른 김치의 저장 중 총 아플라톡신 함량은 제조 직후 10 ppb 오염구(C)에서 28.03 µg/kg으로 초기 오염농도에서 약 70 %의 회수율을 나타냈으며, 20 ppb 오염구(D)에서는 66.46 µg/kg으로 초기 오염농도 대비 약 83%의 회수율을 보여주었다[표 4-31]. 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> 및 총 아플라톡신 함량은 저장기간이 증가하면서 점차 감소하는 경향을 나타내었으며, 저장 8주 후 초기 오염농도에 비해 평균적으로 약 49%의 감소율을 나타내었다. 아플라톡신 10 ppb 처리구는 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>에서 저장기간에 따라 점차 감소하여 유의적인 차이를 나타낸 반면 G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>는 저장 6주차까지 점차 감소하다 저장 8주차에 약간 증가하는 경향을 보였다. 반면 아플라톡신 20 ppb 처리구의 경우 저장 6주차까지는 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>이 모두 감소하다 저장 8주차에 다소 증가하여 10 ppb 오염구(C)와는 약간 상이한 경향을 나타냈다. 아플라톡신 중 G<sub>1</sub>은 저장 0주차에 10 ppb 오염구에서 7.79 µg/kg, 20 ppb 오염구에서 17.85 µg/kg이 검출되었으나 저장 4주차부터 저장 8주차까지는 평균 60% 이상의 감소율을 나타내며 저장 8주 후 각각 2.83, 8.55 µg/kg으로 감소하여 아플라톡신 중 가장 높은 감소율을 나타냈다. 전반적으로 아플라톡신 오염농도에 관계없이 김치에 오염된 아플라톡신 함량은 저장 중 점차 감소하는 경향을 보였다.

[표 4-31] 아플라톡신 오염농도에 따른 김치의 저장 중 아플라톡신 함량의 변화

(단위: µg/kg)

항목	시료구분	저장기간 (주)				
		0	2	4	6	8
AFB1 <sup>1)</sup>	A <sup>2)</sup>	ND <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	ND
	B	6.73±0.03 <sup>aE</sup>	4.51±0.08 <sup>aD</sup>	4.00±0.14 <sup>aC</sup>	3.71±0.01 <sup>aB</sup>	3.10±0.03 <sup>aA</sup>
	C	14.68±0.03 <sup>bE</sup>	9.94±0.02 <sup>bD</sup>	9.61±0.07 <sup>bC</sup>	7.84±0.18 <sup>bA</sup>	8.25±0.02 <sup>bB</sup>
AFB2	A	ND	ND	ND	ND	ND
	B	7.82±0.05 <sup>aD</sup>	5.74±0.03 <sup>aC</sup>	4.67±0.06 <sup>aB</sup>	4.75±0.21 <sup>aB</sup>	4.33±0.01 <sup>aA</sup>
	C	17.47±0.01 <sup>bC</sup>	12.25±0.62 <sup>bB</sup>	12.25±0.26 <sup>bB</sup>	10.06±0.29 <sup>bA</sup>	10.71±0.17 <sup>bA</sup>
AFG1	A	ND	ND	ND	ND	ND
	B	7.79±0.17 <sup>aC</sup>	3.50±0.02 <sup>aB</sup>	2.92±0.01 <sup>aA</sup>	2.73±0.06 <sup>aA</sup>	2.83±0.02 <sup>aA</sup>
	C	17.85±0.06 <sup>bE</sup>	9.06±0.05 <sup>bD</sup>	6.99±0.03 <sup>bB</sup>	6.08±0.15 <sup>bA</sup>	8.55±0.09 <sup>bC</sup>
AFG2	A	ND	ND	ND	ND	ND
	B	5.69±0.10 <sup>aD</sup>	3.34±0.05 <sup>aC</sup>	2.18±0.04 <sup>aA</sup>	2.14±0.13 <sup>aA</sup>	2.43±0.02 <sup>aB</sup>
	C	16.46±0.00 <sup>bD</sup>	6.42±0.22 <sup>bB</sup>	6.61±0.07 <sup>bB</sup>	4.61±0.01 <sup>bA</sup>	6.98±0.15 <sup>bC</sup>
TAFs	A	ND	ND	ND	ND	ND
	B	28.03±0.36 <sup>aD</sup>	17.09±0.18 <sup>aC</sup>	13.78±0.17 <sup>aB</sup>	13.34±0.27 <sup>aB</sup>	12.69±0.02 <sup>aA</sup>
	C	66.46±0.10 <sup>bD</sup>	37.66±0.91 <sup>bC</sup>	35.46±0.36 <sup>bB</sup>	28.59±0.63 <sup>bA</sup>	34.48±0.43 <sup>bB</sup>

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. TAFs: total aflatoxins.

<sup>2)</sup>A: Control, B: Contamination level for aflatoxins (10 ppb) in Kimchi, C: Contamination level for aflatoxins (20 ppb) in Kimchi, <sup>3)</sup>ND: Not detected, <sup>4)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB<sub>1</sub>=0.04, AFB<sub>2</sub>=0.04, AFG<sub>1</sub>=0.07, AFG<sub>2</sub>=0.18.

Any means in the same column (a-c) or row (A-E) followed by different letters are significantly (p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

(2) 아플라톡신 오염 및 젖산균 첨가에 따른 김치의 저장 중 아플라톡신 함량 변화

(가) 수분

아플라톡신 오염 및 젖산균 첨가에 따른 김치의 저장 중 수분함량은 [표 4-32]에 나타내었다. 담금 직 후 김치의 수분함량은 86.61~87.25%로 나타났으며 평균적으로 약 86.5%의 수분을 함유하는 것으로 나타났다. 저장기간이 증가할수록 김치의 수분함량은 증가하여 저장 8주 후 김치의 수분함량은 87.59~88.29% 범위로 나타나 저장기간 동안 약 2%의 수분이 증가하였다. 또한 시료간의 뚜렷한 차이는 나타나지 않았으나 저장기간에 따른 차이는 모든 시료에서 나타났다(p<0.05). 특히 저장 6주차에 대조구(Control)에서 89.04%로 가장 많은 수분을 함유하고 있었으며, 저장 0주차에 Aflatoxins 및 *Lac. plantarum* 첨가구(AFs+LP)에서 85.36%로 가장 적은 수분을 함유하는 것으로 나타났다.

(나) pH 및 산도

아플라톡신 오염 및 젖산균 첨가를 실시한 김치의 제조 직 후 pH는 5.33~5.50으로 나타났다 [표 4-33]. pH는 저장기간이 증가할수록 점차 감소하여 저장 4주차에 모든 시료에서 가장 급격한 변화를 나타내었다. 시료에 따라 대조구의 경우 저장 직 후 pH 5.50로 가장 높은 pH를 나타냈으나 저장기간이 경과할수록 다른 시험구와 비슷한 경향을 보였으며, 다른 시험구에서는 처리구간의 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다. 모든 시료에서 저장 4주 이후 비슷한 수준의 pH를 유지하다 저장 8주차에 4.06~4.14의 pH를 나타냈다. 또한 젖산균 첨가에 따라 김치의 초기 pH는 대조구에 비해 젖산균 첨가구에서 더 낮게 나타났으며, 저장기간이 경과할수록 AFs+LP에서 AFs+LM 보다 더 빠른 감소속도를 나타냈다. 일반적으로 김치의 적숙기 pH는 4.2 정도이며, 이 수준 이상의 산도가 높거나 pH가 4.0 이하로 떨어진 경우에는 김치가 과숙되어 군내가 나기 시작하고 신맛이 강해져 품질 및 기호도가 현저하게 감소한다고 알려져 있는데, 본 연구에서는 모든 시료에서 저장 6~8주차에 최적숙기의 pH에 도달한 것으로 나타났다.

김치의 적숙기와 달리 과숙기에는 부패세균 및 잡균류가 증가하므로 신맛과 pH 값이 일치하지 않아 김치의 신맛을 나타내는 직접적인 지표로는 산도가 사용되므로, 본 연구에서는 포장용기에 따른 김치의 저장온도별 산도변화를 측정하여 [표 4-33]에 나타내었다. 김치의 초기 산도는 0.46~0.55% 수준으로 나타나 시료 중 대조구에서 0.46%로 가장 낮게 나타났으며, 모든 저장 기간에 걸쳐 다른 시료에 비해 대조구의 산도가 비교적 낮게 나타나 유의적인 차이를 보였다. 모든 시료에서 산도가 급격하게 증가한 시기는 저장 4~6주차로 이는 pH의 급감한 변화 시기와 일치하며 김치의 발효가 진행됨에 따라 유기산이 생성되어 pH는 감소된 반면 산도는 증가한 것으로 판단된다. 또한 김치의 산도는 저장기간이 증가할수록 증가하여 저장 4주차에 1%에 가까운 값을 나타냈다. 일반적으로 김치의 최적산도는 0.40~0.75%이며, 0.75~1.0%는 숙성의 최종 단계이고 1.0%가 넘으면 섭취하기 힘든 것으로 알려져 있는데, 본 연구에서는 저장 6주에 김치 숙성의 최종단계에 도달한 것을 확인할 수 있었다. 시료에 따라 AFs+LP에서는 모든 저장기간에 걸쳐 다른 시료에 비해 산도가 높게 나타나 유의적인 차이를 보였다(p<0.05).

[표 4-32] 아플라톡신 오염 및 젖산균 첨가에 따른 김치의 저장 중 수분함량 변화

(단위: %)

시료구분	저장기간 (주)				
	0	2	4	6	8
A <sup>1)</sup>	86.61±0.17 <sup>bA</sup>	86.49±0.14 <sup>aA</sup>	87.91±0.15 <sup>bB</sup>	89.04±0.08 <sup>dD</sup>	88.26±0.11 <sup>bC</sup>
B	86.74±0.10 <sup>bA</sup>	87.04±0.12 <sup>bB</sup>	87.75±0.25 <sup>bC</sup>	88.42±0.06 <sup>cD</sup>	88.29±0.05 <sup>bD</sup>
C	85.36±0.37 <sup>aA</sup>	86.40±0.27 <sup>aB</sup>	87.40±0.14 <sup>aC</sup>	87.62±0.02 <sup>aC</sup>	88.20±0.03 <sup>bD</sup>
D	87.25±0.05 <sup>cB</sup>	86.29±0.28 <sup>aA</sup>	87.89±0.01 <sup>bD</sup>	88.01±0.03 <sup>bD</sup>	87.59±0.08 <sup>aC</sup>

<sup>1)</sup>A: Control, B: Kimchi contaminated with aflatoxins(AF), C: Kimchi contaminated with aflatoxins+inoculated *Lac. plantarum*(AFs+LP), D: Kimchi contaminated with aflatoxins+inoculated *Leu. mesenteriods*(AFs+LM).

Any means in the same column (a-d) or row (A-E) followed by different letters are significantly (p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

[표 4-33] 아플라톡신 오염 및 젖산균 첨가에 따른 김치의 저장 중 pH 및 산도 변화

항목	시료 구분	저장기간 (주)				
		0	2	4	6	8
pH	A <sup>1)</sup>	5.50±0.02 <sup>cD</sup>	5.38±0.01 <sup>bC</sup>	4.42±0.02 <sup>bB</sup>	4.12±0.03 <sup>aA</sup>	4.14±0.02 <sup>bA</sup>
	B	5.43±0.02 <sup>bD</sup>	5.46±0.01 <sup>dE</sup>	4.37±0.02 <sup>aC</sup>	4.16±0.02 <sup>bB</sup>	4.10±0.01 <sup>bA</sup>
	C	5.46±0.03 <sup>bE</sup>	5.42±0.01 <sup>cD</sup>	4.37±0.01 <sup>aC</sup>	4.10±0.02 <sup>aB</sup>	4.06±0.03 <sup>aA</sup>
	D	5.37±0.02 <sup>aD</sup>	5.35±0.02 <sup>aD</sup>	4.40±0.02 <sup>bC</sup>	4.18±0.02 <sup>bB</sup>	4.12±0.01 <sup>bA</sup>
산도 (%)	A	0.46±0.01 <sup>aA</sup>	0.63±0.02 <sup>aB</sup>	0.94±0.01 <sup>abC</sup>	0.94±0.01 <sup>aC</sup>	1.16±0.06 <sup>aD</sup>
	B	0.53±0.01 <sup>bcA</sup>	0.82±0.02 <sup>bB</sup>	0.93±0.02 <sup>aC</sup>	0.93±0.03 <sup>aC</sup>	1.16±0.02 <sup>aD</sup>
	C	0.55±0.01 <sup>cA</sup>	0.80±0.02 <sup>bB</sup>	0.97±0.01 <sup>bC</sup>	1.07±0.03 <sup>cD</sup>	1.27±0.01 <sup>bE</sup>
	D	0.52±0.01 <sup>bA</sup>	0.79±0.02 <sup>bB</sup>	0.91±0.02 <sup>aC</sup>	1.01±0.01 <sup>bD</sup>	1.20±0.02 <sup>aE</sup>

<sup>1)</sup>A: Control, B: Kimchi contaminated with aflatoxins(AF<sub>s</sub>), C: Kimchi contaminated with aflatoxins+inoculated *Lac. plantarum*(AF<sub>s</sub>+LP), D: Kimchi contaminated with aflatoxins+inoculated *Leu. mesenteriods*(AF<sub>s</sub>+LM).

<sup>2)</sup>ND: Not detected.

Any means in the same column (a-d) or row (A-E) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

(다) 염도

아플라톡신 오염 및 젖산균첨가에 따른 김치의 염도를 저장기간 별로 분석하여 그 변화를 [표 4-34]에 나타내었다. 아플라톡신 오염 및 젖산균첨가 처리에 따른 김치의 염도는 김장 직후 초기 염도가 대조구에서 2.18%, AF<sub>s</sub> 오염구에서 2.21%, AF<sub>s</sub>+LP에서 2.26%, AF<sub>s</sub>+LM에서 2.24%로 확인되었으며, 평균적으로 약 2.22%의 염도를 나타내었다. 저장기간에 걸쳐 전반적으로 대조구에 비해 다른 시험구에서 미비한 수준으로 염도가 높게 나타났으나 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다. 발효가 진행됨에 따라 모든 시료에서 약 2.30~2.40% 내외의 염도를 유지하며 숙성기간 중 큰 변화는 나타나지 않았다.

[표 4-34] 아플라톡신 오염 및 젖산균 첨가에 따른 김치의 저장 중 염도 변화

(단위: %)

시료구분	저장기간 (주)				
	0	2	4	6	8
A <sup>1)</sup>	2.18±0.06 <sup>nsA</sup>	2.31±0.03 <sup>aB</sup>	2.39±0.03 <sup>bcB</sup>	2.30±0.03 <sup>nsB</sup>	2.18±0.05 <sup>aA</sup>
B	2.21±0.04 <sup>A</sup>	2.41±0.02 <sup>bC</sup>	2.31±0.02 <sup>aB</sup>	2.25±0.08 <sup>AB</sup>	2.24±0.05 <sup>aAB</sup>
C	2.26±0.01 <sup>A</sup>	2.48±0.04 <sup>cD</sup>	2.41±0.02 <sup>cC</sup>	2.27±0.02 <sup>AB</sup>	2.32±0.02 <sup>bB</sup>
D	2.24±0.02 <sup>A</sup>	2.37±0.05 <sup>abB</sup>	2.35±0.02 <sup>abB</sup>	2.26±0.02 <sup>A</sup>	2.38±0.01 <sup>bB</sup>

<sup>1)</sup>A: Control, B: Kimchi contaminated with aflatoxins(AF<sub>s</sub>), C: Kimchi contaminated with aflatoxins+inoculated *Lac. plantarum*(AF<sub>s</sub>+LP), D: Kimchi contaminated with aflatoxins+inoculated *Leu. mesenteriods*(AF<sub>s</sub>+LM).

<sup>2)</sup>ND: Not detected.

Any means in the same column (a-d) or row (A-E) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

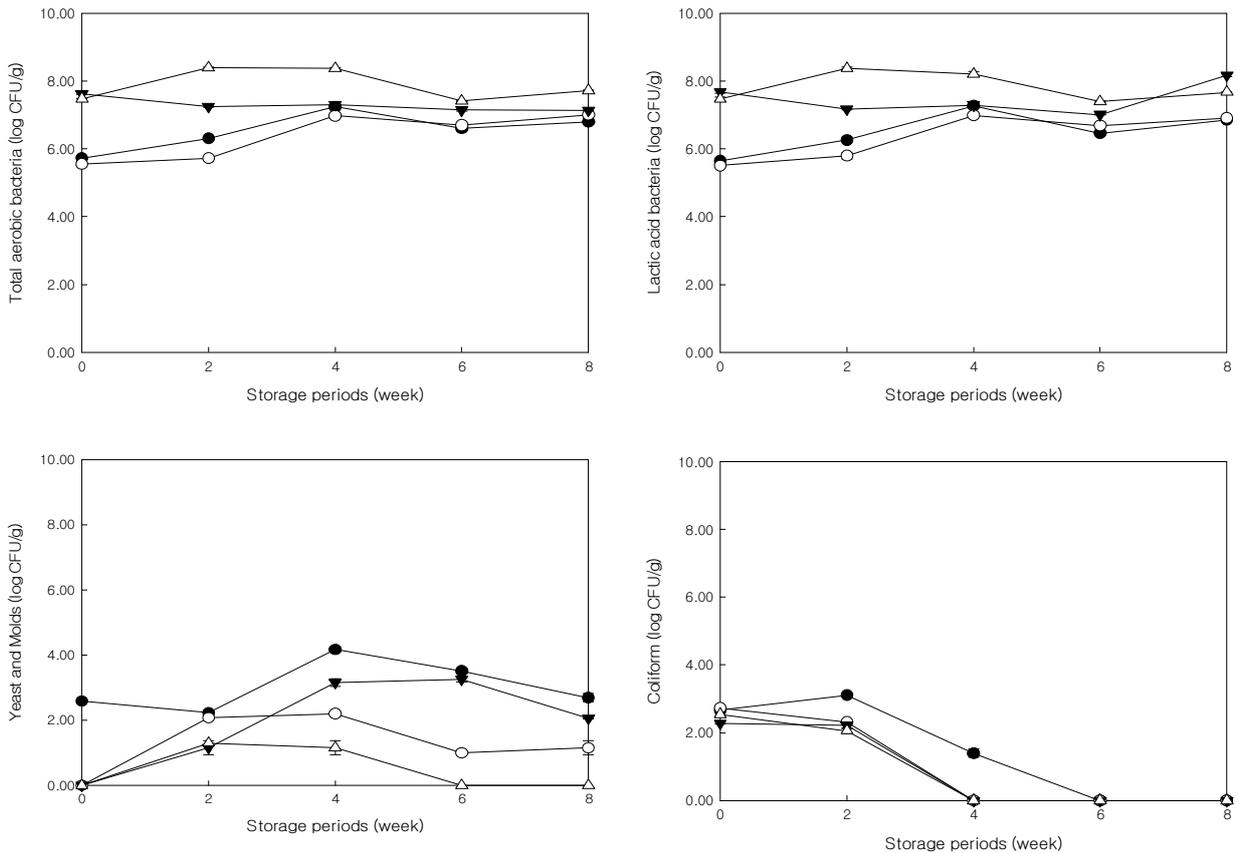
#### (라) 미생물학적 특성

아플라톡신 오염 및 젖산균 첨가에 따른 김치의 미생물 특성 변화는 [그림 4-4]와 같다. 일반세균수는 담금 직 후 대조구에서 5.73 log CFU/g, AFs 오염구에서 5.55 log CFU/g, AFs+LP에서 7.63 log CFU/g, AFs+LM에서 7.48 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 특히 AFs+LP와 AFs+LM에서는 젖산균 첨가에 따라 다른 시료에 비해 약 2 log CFU/g 정도의 높은 균수가 검출되었다. 발효가 진행됨에 따라 일반세균수는 서서히 증가하였고, 대조구 및 AFs 오염구, AFs+LM의 경우 저장 4주차에 최대 수치에 도달한 반면 AFs+LP에서는 제조 직후 가장 높은 균수가 검출되었다. 시료에 따라 대조구 및 AFs 오염구는 약 7 log CFU/g 수준의 최대치를 나타낸 반면 젖산균 첨가구인 AFs+LP와 AFs+LM에서는 각각 7.63 log CFU/g, 8.40 log CFU/g 수준으로 최대 균수가 검출되었다. 아플라톡신 오염에 따른 일반세균수의 차이는 발견되지 않았으며, 저장 6주 이후에는 모든 시료에서 약 7 log CFU/g 수준의 균수를 유지하였다.

아플라톡신 오염 및 젖산균 첨가에 따른 김치의 젖산균수 변화는 일반세균수와 비슷한 경향을 나타내었다. 담금 직후 김치의 젖산균수는 5.51~7.68 log CFU/g 수준으로 AFs 오염구에서 가장 적은 균수를 나타내었고, AFs+LP에서 가장 많은 균수가 검출되었다. 저장기간이 경과함에 따라 젖산균수는 대조구 및 AFs 오염구에서 저장 4주차에 가장 높은 균수가 검출되었으며, 젖산균첨가구인 AFs+LP, AFs+LM에서는 각각 저장 8주 및 저장 2주차에 높은 균수를 나타내 다른 시험구와 상이한 경향을 보였다. 젖산균 첨가구의 경우 발효초기부터 젖산균의 수가 다른 시료에 비해 약 2 log CFU/g 정도 높게 검출되며 저장기간에 따라 완만한 변화를 보이는 반면, 대조구 및 AFs 오염구의 경우 저장기간에 따라 급격한 변화를 나타내었다.

아플라톡신 오염 및 젖산균 첨가에 따른 김치의 효모 및 곰팡이 수는 김치제조 직후 대조구에서만 2.59 log CFU/g가 검출된 반면 다른 시료에서는 모두 불검출되었다. 그러나 저장 2주 이후 다른 시료에서도 모두 효모 및 곰팡이가 발생하여 대조구 및 AFs 오염구에서 약 2 log CFU/g 수준의 효모 및 곰팡이수가 검출되었으며, AFs 오염 및 젖산균 첨가구에서 약 1 log CFU/g 수준의 효모 및 곰팡이수가 검출되었다. 저장기간이 경과함에 따라 효모 및 곰팡이수는 점차 감소하는 경향을 나타내었으며, 대조구 및 AFs 오염구에서 저장 4주차에 최대 균수를 나타내었다. 한편 젖산균 첨가구에서 서로 상이한 경향을 나타내며 AFs+LP에서는 저장 6주차에 3.25 log CFU/g로 최대치가 검출되고 저장 8주차까지 효모 및 곰팡이수가 검출되었지만, AFs+LM에서는 저장 2주차에 1.30 log CFU/g 수준의 균수가 가장 높은 최대치로 검출되고, 저장 4주차 이후 불검출되었다.

제조 직후 김치의 대장균군의 수는 약 2.28~2.73 log CFU/g 수준으로 검출된 반면 대장균은 모든 시료에서 불검출되었다. 저장기간에 따라 대장균군의 수는 대조구에서 저장 2주차에 가장 높은 최대치가 검출되었고, 다른 시료에서는 저장 0주차에 최대치를 나타내며 이후 점차 감소한 뒤 저장 4주차에는 모두 불검출되었다. 또한 대조구도 저장 4주차에 1.39 CFU/g 수준의 대장균군이 검출되었으나 이후 모두 불검출되었다. 이러한 결과는 저장기간이 증가함에 따라 대장균군의 수가 불검출된 것은 젖산균첨가에 따라 김치에서 젖산균의 증식이 우세하여 병원성균주인 대장균군이 사멸한 것으로 생각된다.



●: Control, ○: Kimchi contaminated with aflatoxins (AFs), ▼: Kimchi contaminated with aflatoxins+inoculated *Lac. plantarum* (AFs+LP), △: Kimchi contaminated with aflatoxins+inoculated *Leu. mesenteriods* (AFs+LM).

[그림 4-4] 아플라톡신 오염 및 젖산균 첨가에 따른 김치의 저장 중 미생물 특성 변화.

(마) 아플라톡신 생성균 확인 시험 및 아플라톡신 함량

아플라톡신 생성균으로 알려진 *Aspergillus flavus* 와 *A. parasiticus*의 존재 유무를 확인하기 위해 본 연구에서 김치 제조 시 사용된 부재료의 아플라톡신 생성균주 확인시험을 실시하였으나 모두 불검출되어 음성으로 나타났다(Data not shown). 아플라톡신 오염 및 젖산균을 첨가한 김치의 아플라톡신 함량의 변화는 [표 4-35]에 나타내었다. 김치의 아플라톡신 오염 농도는 총 아플라톡신에 대한 국내 규제기준이 아닌 가장 독성이 강한 아플라톡신 B<sub>1</sub>에 대한 기준인 10 µg/kg로 설정하여, 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>를 각각 10 µg/kg의 농도가 되도록 김치에 오염시켰다. 따라서 총 아플라톡신 오염 농도는 약 40 µg/kg 수준이었으나 본 연구에서는 아플라톡신의 회수율이 시료별로 다르게 나타나 AFs 오염구에서 68.02%, AFs+LP에서 76.42%, AFs+LM에서 83.15%로 젖산균을 첨가한 시험구에서 더 높은 회수율을 나타냈다. 특히 AFs+LM에서는 다른 시료에 비해 높은 회수율을 나타내 초기 농도가 높게 검출되었지만 저장 기간에 따른 감소는 가장 크게 나타났다.

아플라톡신 B<sub>1</sub>은 저장 0주차에 6.20~7.28 g/kg 수준으로 검출되었으며, 아플라톡신 B<sub>2</sub>는 8.20~9.65 g/kg, 아플라톡신 G<sub>1</sub>의 경우 6.84~8.81 g/kg, 아플라톡신 G<sub>2</sub>는 5.96~7.52 g/kg로 검출되었다. 아플라톡신의 함량은 저장기간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내며, 저장

6주 및 8주차에 가장 낮은 함량이 검출되어 유의적인 차이를 나타내었다. 그러나 총 아플라톡신 함량의 경우 AFs 오염구에서는 저장 6주차에 가장 낮은 함량이 검출된 반면, 젖산균을 첨가한 AFs+LP 및 AFs+LM에서는 저장 4주차에 가장 낮은 함량을 나타내었다. 저장 8주 후 아플라톡신 오염 및 젖산균을 첨가한 김치의 아플라톡신 평균 감소율은 AFs에서 7.1%, AFs+LP에서 21.5%, AFs+LM에서 24.1%로 나타나 젖산균을 첨가한 시료에서 감소율이 더 크게 나타났다. 아플라톡신은 젖산균의 세포벽이나 세포벽을 구성하는 성분에 결합하여 결과적으로 아플라톡신 감소효과가 나타나는 것으로 보고되었으며, 특히 아플라톡신 B<sub>1</sub>에 대해서 젖산균의 세포벽을 구성하는 여러 구성성분은 아플라톡신 B<sub>1</sub>의 결합에 관여하며 그 중 특정 성분의 분해가 아플라톡신의 감소를 일으키는 것으로 보고되었다. 따라서 본 연구에서 젖산균 첨가에 따른 아플라톡신의 함량 변화는 이러한 요인으로 인해 나타난 것으로 생각되며, *Lactobacillus* 속에 비해 *Leuconostoc*속을 첨가하였을 때 아플라톡신 감소 효과가 더 큰 것으로 나타났다.

[표 4-35] 아플라톡신 오염 및 젖산균 첨가에 따른 김치의 저장 중 아플라톡신 함량의 변화

(단위: µg/kg)

항목	시료구분	저장기간 (주)				
		0	2	4	6	8
AFB1 <sup>1)</sup>	A <sup>2)</sup>	ND <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	ND
	B	6.20±0.01 <sup>aC</sup>	6.60±0.02 <sup>cD</sup>	5.68±0.01 <sup>cB</sup>	5.28±0.02 <sup>bA</sup>	6.16±0.01 <sup>aC</sup>
	C	6.86±0.01 <sup>bD</sup>	5.59±0.04 <sup>bC</sup>	5.07±0.00 <sup>aB</sup>	5.00±0.01 <sup>aA</sup>	6.90±0.02 <sup>bD</sup>
	D	7.28±0.01 <sup>cE</sup>	5.29±0.02 <sup>aA</sup>	5.65±0.00 <sup>bB</sup>	5.87±0.00 <sup>cC</sup>	6.19±0.00 <sup>aD</sup>
AFB2	A	ND	ND	ND	ND	ND
	B	8.20±0.01 <sup>aD</sup>	8.86±0.01 <sup>bE</sup>	7.19±0.01 <sup>bC</sup>	7.05±0.01 <sup>bB</sup>	7.01±0.01 <sup>aA</sup>
	C	9.19±0.02 <sup>bE</sup>	7.54±0.03 <sup>aC</sup>	6.37±0.02 <sup>aA</sup>	6.96±0.03 <sup>aB</sup>	7.72±0.02 <sup>bD</sup>
	D	9.65±0.01 <sup>cE</sup>	7.54±0.03 <sup>aC</sup>	7.25±0.01 <sup>cB</sup>	8.18±0.03 <sup>cD</sup>	7.04±0.01 <sup>aA</sup>
AFG1	A	ND	ND	ND	ND	ND
	B	6.84±0.00 <sup>aD</sup>	7.28±0.05 <sup>cE</sup>	5.83±0.01 <sup>cB</sup>	5.17±0.03 <sup>bA</sup>	6.69±0.01 <sup>aC</sup>
	C	7.91±0.04 <sup>bE</sup>	5.35±0.06 <sup>aC</sup>	5.13±0.02 <sup>aB</sup>	5.02±0.01 <sup>aA</sup>	7.46±0.01 <sup>bD</sup>
	D	8.81±0.02 <sup>cD</sup>	5.90±0.02 <sup>bB</sup>	5.52±0.05 <sup>bA</sup>	5.92±0.02 <sup>cB</sup>	6.59±0.08 <sup>aC</sup>
AFG2	A	ND	ND	ND	ND	ND
	B	5.96±0.01 <sup>aD</sup>	6.18±0.03 <sup>cE</sup>	4.91±0.01 <sup>cB</sup>	4.32±0.01 <sup>aA</sup>	5.49±0.05 <sup>cC</sup>
	C	6.61±0.02 <sup>bE</sup>	4.61±0.03 <sup>aD</sup>	4.32±0.02 <sup>aB</sup>	4.44±0.00 <sup>bC</sup>	4.02±0.02 <sup>bA</sup>
	D	7.52±0.01 <sup>cE</sup>	5.29±0.03 <sup>bC</sup>	4.66±0.02 <sup>bB</sup>	5.40±0.00 <sup>cD</sup>	3.69±0.01 <sup>aA</sup>
TAFs	A	ND	ND	ND	ND	ND
	B	27.21±0.02 <sup>aE</sup>	26.90±0.06 <sup>cD</sup>	23.61±0.02 <sup>cB</sup>	21.82±0.01 <sup>bA</sup>	25.35±0.04 <sup>bC</sup>
	C	30.57±0.09 <sup>bE</sup>	23.46±0.09 <sup>aC</sup>	20.90±0.02 <sup>aA</sup>	21.43±0.03 <sup>aB</sup>	26.10±0.00 <sup>cD</sup>
	D	33.26±0.06 <sup>cD</sup>	25.30±0.10 <sup>bC</sup>	23.08±0.07 <sup>bA</sup>	25.38±0.01 <sup>cC</sup>	23.51±0.10 <sup>aB</sup>

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>. TAFs: total aflatoxins.

<sup>2)</sup>A: Control, B: Kimchi contaminated with aflatoxins(AF<sub>s</sub>), C: Kimchi contaminated with aflatoxins+inoculated *Lac. plantarum* (AF<sub>s</sub>+LP), D: Kimchi contaminated with aflatoxins+inoculated *Leu. mesenteriods* (AF<sub>s</sub>+LM).

<sup>3)</sup>ND: Not detected, <sup>4)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB<sub>1</sub>=0.17, AFB<sub>2</sub>=0.14, AFG<sub>1</sub>=0.11, AFG<sub>2</sub>=0.12.

Any means in the same column (a-d) or row (A-E) followed by different letters are significantly (p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.

(3) 발효조건(온도)에 따른 김치 저장 중 아플라톡신 함량 변화

(가) 화학적 특성

아플라톡신 생성균주인 *A. parasiticus* 포자 현탁액을 오염시킨 김치의 발효조건을 달리하여 저장 중 pH 및 산도 변화를 살펴본 결과는 [표 4-36]에 나타내었다. 제조 직후 측정된 김치의 염도는 평균 1.97% 수준으로 나타났으며, 저장 직후 초기 pH는 5.65~5.81, 산도는 0.28~0.31%로 나타났다. pH는 저장기간이 증가함에 따라 점차 감소하는 경향을 나타냈으며 저장 온도가 높을수록 급격한 감소를 보여주었다. 10℃저장구(C) 및 10℃→4℃저장구(D)는 저장 1주차에 pH 4까지 떨어져 적숙기 pH인 4.2보다 낮은 pH를 나타내며 10℃→4℃저장구는 저장 4주차까지 pH 4를 유지하였다. 반면 10℃저장구는 저장 기간이 경과할수록 pH가 더 감소하여 저장 4주차에는 pH 3.6 수준으로 감소하였다. 4℃ 저장구인 대조구(A)와 아플라톡신 오염구(B)는 저장 2주차에 적숙기 pH에 도달하였으며, 3주차에 pH 4.0까지 감소하다 저장 4주차까지 유지하였다. 전반적으로 저장온도가 높을수록 pH 변화가 급격하게 감소하는 것을 알 수 있었으며, 저장온도를 10℃에서 4℃로 변화를 주었을 때 저장 1주차만에 김치의 초기 pH는 급격하게 감소하지만 저장기간이 경과하여도 pH를 유지하는 것으로 나타났다.

발효조건에 따른 김치의 산도는 pH와 비슷한 경향을 나타내었다. 즉, 저장온도가 높을수록 산도의 변화는 크게 나타나 저장 1주차에 4℃ 저장구(A 및 B)를 제외한 모든 시료에서 산도가 0.67~0.78%로 증가하여 유의적인 차이를 나타냈다. 이후 저장기간이 경과함에 따라 10℃ 저장구는 저장 2주차에 과숙기 산도인 1% 이상을 나타내었으며 저장 4주차에는 1.73%까지 증가하였다. 반면 저장온도를 10℃에서 4℃로 변화를 준 시료(D)는 저장 2주차에 과숙기 산도에 도달한 뒤 저장 4주차까지 1.21%의 산도를 나타내며 10℃ 저장구(C)보다 낮은 산도를 나타냈다. 4℃ 저장구인 대조구 및 아플라톡신 오염구의 경우 비슷한 양상을 나타내며, 저장 2주차에 적숙기 산도인 0.4~0.7%에 도달하였으며 이후 점차 증가하여 저장 4주차에 1% 이상의 산도를 나타냈다. 전반적으로 김치의 pH 및 산도는 저장온도가 높을수록 변화가 크며 유의적인 차이를 나타내는 것을 알 수 있었다( $p < 0.05$ ).

[표 4-36] 발효조건에 따른 김치의 저장 중 pH 및 산도 변화

항목	시료 구분	저장기간 (주)				
		0	1	2	3	4
pH	A <sup>1)</sup>	5.75±0.02 <sup>cD</sup>	5.23±0.02 <sup>bC</sup>	4.23±0.02 <sup>bB</sup>	4.02±0.01 <sup>bcA</sup>	4.01±0.02 <sup>bA</sup>
	B	5.81±0.02 <sup>dD</sup>	5.05±0.01 <sup>bC</sup>	4.23±0.01 <sup>bB</sup>	4.04±0.01 <sup>cA</sup>	4.02±0.02 <sup>bA</sup>
	C	5.65±0.01 <sup>aE</sup>	4.02±0.02 <sup>aD</sup>	3.98±0.03 <sup>aC</sup>	3.76±0.03 <sup>aB</sup>	3.66±0.02 <sup>aA</sup>
	D	5.69±0.01 <sup>bB</sup>	4.00±0.01 <sup>aA</sup>	3.98±0.02 <sup>aA</sup>	3.99±0.03 <sup>bA</sup>	3.99±0.02 <sup>bA</sup>
산도 (%)	A	0.30±0.01 <sup>bcA</sup>	0.38±0.01 <sup>aB</sup>	0.78±0.01 <sup>bC</sup>	0.98±0.01 <sup>bD</sup>	1.17±0.02 <sup>bE</sup>
	B	0.31±0.01 <sup>cA</sup>	0.42±0.01 <sup>bB</sup>	0.73±0.01 <sup>aC</sup>	0.89±0.01 <sup>aD</sup>	1.11±0.02 <sup>aE</sup>
	C	0.29±0.01 <sup>abA</sup>	0.67±0.01 <sup>cB</sup>	1.15±0.02 <sup>dC</sup>	1.63±0.02 <sup>dD</sup>	1.73±0.02 <sup>dE</sup>
	D	0.28±0.01 <sup>aA</sup>	0.78±0.00 <sup>dB</sup>	0.97±0.02 <sup>cC</sup>	1.11±0.02 <sup>cD</sup>	1.21±0.01 <sup>cE</sup>

<sup>1)</sup>A: Control (4℃), B: Inoculated with *A.parasiticus* (4℃), C: Inoculated with *A.parasiticus* (10℃), D: Inoculated with *A.parasiticus* (10℃→4℃).

Any means in the same column (a-d) and row (A-E) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

(나) 미생물학적 특성

[표 4-37]은 발효조건에 따른 김치의 저장 중 *A. parasiticus* 수의 변화를 나타낸 것이다. 담금 직 후 김치의 일반세균 수는 대조구(A) 및 아플라톡신 오염구(B, C 및 D)에서 각각 7.33, 6.76, 6.79 및 6.83 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 저장기간이 증가함에 따라 일반세균수는 증가하여 저장 1주차에 대조구를 제외한 모든 시료에서 최대수치에 도달하였다가 저장 2주차 이후에는 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 대조구의 경우, 저장 0주차에 가장 높은 균수가 검출되었으며 이후 저장기간동안 지속적으로 감소하는 경향을 나타내 다른 시료와 상반된 결과를 나타냈다. 저장 4주 후 모든 시료는 약 2 log 수준이 감소한 일반세균수가 검출되며 대조구에서 5.99 log CFU/g, 아플라톡신 오염구 중 4℃저장구(B)에서 6.09 log CFU/g, 10℃저장구(C)에서 7.31 log CFU/g, 10℃에서 4℃로 변화를 준 저장구(D)에서 6.93 log CFU/g으로 나타났다. 전반적으로 발효조건에 따라 4℃ 저장구인 대조구(A) 및 아플라톡신 오염구(B)에서 10℃ 저장 및 10℃→4℃ 저장구보다 낮은 균수를 나타내며 유의적 차이를 보였다.

제조 직후 젖산균 수는 일반세균수와 약 2 log CFU/g의 차이를 나타내었다. 즉, 대조구에서는 5.16 log CFU/g, 아플라톡신 오염구(B, C 및 D)에서는 각각 4.99, 5.06 및 4.79 log CFU/g 수준이 검출되었다. 저장기간이 경과함에 따라 저장 2주차에 모든 시료가 최대 균수에 도달하였으며, 아플라톡신 오염 시료 중 10℃ 저장구와 10℃→4℃ 저장구는 4℃저장구(A 및 B)에 비해 약 1 log CFU/g의 높은 젖산균수를 나타내었다. 저장 3주차에는 모든 시료에서 비슷한 수준의 젖산균수가 검출되다 저장 4주후 저장온도가 높은 시료(C 및 D)에서 4℃저장구에 비해 유의적으로 더 많은 젖산균수가 검출되었다.

발효조건에 따른 김치의 효모 및 곰팡이 수는 대조구를 제외한 아플라톡신 생성균주를 오염시킨 시료(B, C 및 D)에서 5.45~5.48 log CFU/g의 효모 및 곰팡이가 검출되어 대조구와 약 3 log CFU/g수준의 차이를 나타냈다. 저장기간이 경과함에 따라 대조구에서는 저장 2주차부터 효모 및 곰팡이가 불검출되었지만 아플라톡신 생성균 오염시료에서는 저장 2주차까지 평균 약 3 log 수준의 효모 및 곰팡이가 검출되며 시료에 따른 차이를 나타냈다. 특히, 아플라톡신 오염구 중 10℃→4℃ 저장구는 저장 1~2주차에 4℃ 및 10℃ 저장구에 비해 적은 균수가 검출되었다. 이는 저온(4℃)에 저장한 시기와 일치함으로써 낮은 온도로 인해 효모 및 곰팡이의 생육이 억제 된 것으로 보인다. 저장 3주 이후 모든 시료에서는 효모 및 곰팡이가 검출되지 않았다.

발효조건에 따른 김치의 대장균균 수는 모든 시료에서 4.17~4.30 log CFU/g 수준이 검출되었다. 저장 1주차에 4℃저장구인 A 및 B에서 3.81~3.92 log CFU/g이 검출된 반면 10℃ 저장구 및 10℃→4℃ 저장구의 경우 2.00~2.16 log CFU/g이 검출되며 시료에 따른 차이를 나타냈다. 저장 2주 후 모든 시료에서 대장균균은 불검출되었으며, 대장균은 모든 저장기간에 걸쳐 불검출되었다.

[표 4-37] 발효조건에 따른 김치의 저장 중 미생물학적 특성의 변화

(단위 : log CFU/g)

항목	시료구분	저장기간 (주)				
		0	1	2	3	4
일반세균	A <sup>1)</sup>	7.33±0.01 <sup>dC</sup>	6.89±0.12 <sup>cA</sup>	6.79±0.07 <sup>cA</sup>	6.39±0.03 <sup>bA</sup>	5.99±0.03 <sup>aA</sup>
	B	6.76±0.00 <sup>cA</sup>	7.70±0.00 <sup>eB</sup>	6.87±0.04 <sup>dA</sup>	6.52±0.06 <sup>bB</sup>	6.09±0.02 <sup>aA</sup>
	C	6.79±0.04 <sup>aAB</sup>	8.77±0.02 <sup>eC</sup>	7.95±0.03 <sup>dB</sup>	7.46±0.00 <sup>cC</sup>	7.31±0.02 <sup>bB</sup>
	D	6.83±0.03 <sup>aB</sup>	8.83±0.03 <sup>cC</sup>	8.69±0.02 <sup>cC</sup>	7.69±0.04 <sup>bD</sup>	6.93±0.50 <sup>aB</sup>
젖산균	A	5.16±0.02 <sup>aD</sup>	6.75±0.02 <sup>cA</sup>	7.62±0.50 <sup>dA</sup>	6.09±0.01 <sup>bA</sup>	5.01±0.03 <sup>aB</sup>
	B	4.99±0.02 <sup>bB</sup>	6.71±0.01 <sup>dA</sup>	7.08±0.06 <sup>eA</sup>	6.13±0.01 <sup>cA</sup>	4.87±0.06 <sup>aA</sup>
	C	5.06±0.00 <sup>aC</sup>	8.47±0.02 <sup>dC</sup>	8.47±0.01 <sup>dB</sup>	6.57±0.05 <sup>cC</sup>	5.74±0.03 <sup>bC</sup>
	D	4.79±0.01 <sup>aA</sup>	7.94±0.46 <sup>dB</sup>	8.46±0.52 <sup>dB</sup>	6.44±0.02 <sup>cB</sup>	5.84±0.02 <sup>bD</sup>
효모 및 곰팡이	A	2.58±0.06 <sup>aA</sup>	4.87±0.03 <sup>bC</sup>	ND <sup>2)</sup>	ND	ND
	B	5.45±0.01 <sup>cB</sup>	5.39±0.04 <sup>bD</sup>	3.45±0.05 <sup>aB</sup>	ND	ND
	C	5.56±0.03 <sup>cC</sup>	4.57±0.02 <sup>bB</sup>	3.58±0.03 <sup>aC</sup>	ND	ND
	D	5.48±0.01 <sup>cB</sup>	2.77±0.07 <sup>bA</sup>	2.48±0.00 <sup>aA</sup>	ND	ND
대장균군	A	4.18±0.03 <sup>bA</sup>	3.92±0.08 <sup>aB</sup>	ND	ND	ND
	B	4.30±0.00 <sup>bB</sup>	3.81±0.03 <sup>aB</sup>	ND	ND	ND
	C	4.29±0.01 <sup>bB</sup>	2.16±0.15 <sup>aA</sup>	ND	ND	ND
	D	4.17±0.09 <sup>bA</sup>	2.00±0.00 <sup>aA</sup>	ND	ND	ND

<sup>1)</sup>A: Control (4°C), B: Inoculated with *A.parasiticus* (4°C), C: Inoculated with *A.parasiticus* (10°C), D: Inoculated with *A.parasiticus* (10°C→4°C), <sup>2)</sup>ND: Not detected.

Any means in the same column (a-d) and row (A-E) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

(다) 아플라톡신 함량

저장조건에 따른 총 아플라톡신 함량은 저장 0주차에 모든 시료에서 평균 20 µg/kg 수준으로 검출되었으나 저장기간이 증가하면서 저장 2주차까지 약 25 µg/kg 까지 증가하였다[표 4-38]. 저장 초기 10°C에서 4°C로 변화를 준 시료(D)에서 아플라톡신 함량이 18.72 µg/kg으로 가장 적게 검출되었으나 저장 1주차에는 급격히 증가하여 24.16 µg/kg으로 증가하였다. 반면 아플라톡신 오염구 중 4°C 저장구(C)와 10°C 저장구(D)는 저장 2주차에 약 25 µg/kg 수준까지 증가하였다. 아플라톡신 함량은 저장 3주 이후 다시 감소하는 경향을 나타내 저장기간에 따른 유의적 차이를 나타냈다. 4°C에 저장한 대조구(A)의 경우 저장기간 전반에 걸쳐 아플라톡신이 불검출되었으며, 아플라톡신 오염구인 B, C 및 D에서만 아플라톡신이 검출되었다. 특히 4°C에 저장한 아플라톡신 오염구(B)의 경우 저장기간에 따라 아플라톡신 B<sub>1</sub>에서 유의적으로 감소하여 저장 3주차에 약 14%, 저장 4주차에 약 4%의 감소율을 나타냈다. 이는 아플라톡신 생성균 주 포자 혼탁액에 오염된 김치를 낮은 온도에서 저장하였을 때 아플라톡신 생성균의 생육 억제로 인해 아플라톡신의 생성이 미비하게 저하된 것으로 생각된다.

[표 4-44] 발효조건에 따른 김치의 저장 중 아플라톡신 함량 변화

(단위: µg/kg)

항목	시료구분	저장기간 (주)				
		0	1	2	3	4
AFB1 <sup>1)</sup>	A <sup>2)</sup>	ND <sup>3)</sup>	ND	ND	ND	ND
	B	18.43±0.12 <sup>bC</sup>	19.07±0.08 <sup>aD</sup>	19.94±0.02 <sup>bE</sup>	15.88±0.01 <sup>aA</sup>	17.62±0.12 <sup>aB</sup>
	C	18.11±0.08 <sup>bA</sup>	18.85±0.18 <sup>aB</sup>	20.64±0.01 <sup>cD</sup>	20.40±0.08 <sup>cD</sup>	19.36±0.08 <sup>bC</sup>
	D	16.37±0.22 <sup>aA</sup>	19.88±0.00 <sup>bE</sup>	18.06±0.05 <sup>aC</sup>	19.14±0.17 <sup>bD</sup>	17.37±0.18 <sup>aB</sup>
AFB2	A	ND	ND	ND	ND	ND
	B	0.10±0.00 <sup>aA</sup>	0.17±0.02 <sup>nsAB</sup>	0.19±0.01 <sup>nsAB</sup>	0.13±0.03 <sup>nsAB</sup>	0.20±0.07 <sup>nsB</sup>
	C	0.12±0.00 <sup>abA</sup>	0.20±0.02 <sup>B</sup>	0.19±0.01 <sup>B</sup>	0.16±0.03 <sup>AB</sup>	0.27±0.02 <sup>C</sup>
	D	0.14±0.01 <sup>bA</sup>	0.19±0.01 <sup>B</sup>	0.21±0.01 <sup>B</sup>	0.17±0.04 <sup>AB</sup>	0.20±0.01 <sup>B</sup>
AFG1	A	ND	ND	ND	ND	ND
	B	2.73±0.04 <sup>bB</sup>	2.21±0.05 <sup>aA</sup>	3.93±0.28 <sup>aC</sup>	4.18±0.02 <sup>aC</sup>	4.21±0.13 <sup>aC</sup>
	C	2.64±0.19 <sup>bA</sup>	3.80±0.12 <sup>bB</sup>	4.60±0.17 <sup>bC</sup>	5.27±0.05 <sup>bD</sup>	4.73±0.09 <sup>bC</sup>
	D	2.21±0.05 <sup>aA</sup>	4.08±0.05 <sup>cC</sup>	3.54±0.11 <sup>aB</sup>	4.20±0.07 <sup>aC</sup>	4.17±0.11 <sup>aC</sup>
AFG2	A	ND	ND	ND	ND	ND
	B	<LOD <sup>4)</sup>	ND	ND	ND	ND
	C	ND	ND	ND	ND	ND
	D	ND	ND	ND	ND	ND
TAFs	A	ND	ND	ND	ND	ND
	B	21.27±0.16 <sup>bB</sup>	21.46±0.05 <sup>aB</sup>	24.05±0.31 <sup>bD</sup>	20.19±0.02 <sup>aA</sup>	22.03±0.05 <sup>aC</sup>
	C	20.87±0.26 <sup>bA</sup>	22.85±0.28 <sup>bB</sup>	25.43±0.15 <sup>cD</sup>	25.83±0.10 <sup>cD</sup>	24.35±0.19 <sup>bC</sup>
	D	18.72±0.29 <sup>aA</sup>	24.16±0.05 <sup>cD</sup>	21.81±0.17 <sup>aB</sup>	23.51±0.14 <sup>bC</sup>	21.74±0.28 <sup>aB</sup>

<sup>1)</sup>AFB1: aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB2: aflatoxin B<sub>2</sub>, AFG1: aflatoxin G<sub>1</sub>, AFG2: aflatoxin G<sub>2</sub>, TAFs: total aflatoxins.

<sup>2)</sup>A: Control (4°C), B: Inoculated with *A.parasiticus* (4°C), C: Inoculated with *A.parasiticus* (10°C), D: Inoculated with *A.parasiticus* (10°C→4°C), <sup>3)</sup>ND: Not detected. <sup>4)</sup>LOD(ng/mL): limit of detection. AFB<sub>1</sub>=0.31, AFB<sub>2</sub>=0.15, AFG<sub>1</sub>=0.28, AFG<sub>2</sub>=0.17.

Any means in the same column (a-d) or row (A-E) followed by different letters are significantly (p < 0.05) different by Duncan's multiple range test.



농작물의 감수성을 증가시키지 않는 한, *A. flavus*에 저항성을 나타내기 때문에 아플라톡신에 쉽게 감염되지 않는다. 곤충이나 조류 및 기타 물리적 작용(예, 우박)에 의해 손상을 입거나 고온의 건조 상태에 노출되면 추수 이전에 상당히 많은 농작물들이 곰팡이에 감염된다. 또한 수확 후에는 이미 오염된 시료의 아플라톡신 생성률이 증가하거나, 새로운 오염이 되는 시기로 수확된 농산물이 운송, 유통, 저장, 소비의 단계에서 따뜻하고 습기가 많은 조건에 노출되었을 때 오염이 발생하게 된다.

따라서 아플라톡신 등 곰팡이 독소로부터 안전한 김치를 생산하기 위해서는 농산물우수관리 기준(Good Manufacturing Practices, GMP)에 따라 생산된 선도가 유지되어 있는 상품의 것을 구매하여 사용하고, 보관 중에도 온도 및 습도의 관리, 해충의 침입 등에 대비하여야 한다.

### 가. 원료 구입

원료는 생산자 표시, 재배이력서, 검사성적서(잔류농약, 중금속 등) 등을 확인을 하여 구입하는 것이 바람직하며, 원료 공급업체 선정 시 다음의 사항을 확인한다.

- ▶ 견실하고 신뢰할 수 있는 공급업체인지의 여부(인허가 사항 포함)
- ▶ 품질관리에 필요한 시설 구비 여부
- ▶ 종사자의 위생 및 건강관리 점검 여부
- ▶ 원료 보관창고 시설 및 보관상태 적합 여부
- ▶ 품질, 관리능력, 작업성(생산성), 단가, 과거의 품질 및 납기 등 실적

특히 가능한 한 산지에서 흙, 뿌리, 오염된 외엽(잎) 등을 제거한 전처리된 농산물을 구입하여 사용하도록 한다. 다만, 전처리된 것을 사용하지 못하는 경우 원료에 묻은 흙과 물기 등이 제거되고 위생적인 용기로 운반·취급되는지 확인한다. 또한, 저장된 원료로 가공되는 제품(고춧가루, 콩가루 등)의 경우 제조과정 중 자외선 조사 등에 의한 살균 여부를 확인한다.

### 나. 원료 검수

원료 검수를 위한 일반원칙은 다음과 같으며, 주요 원부재료의 검수요령은 [표 5-1]과 같다.

- 냉장·냉동 원료는 도착 즉시 검수를 실시하여 상온에 장시간 방치되지 않도록 하고, 검수가 종료되면 품목별 저장조건에 따라 신속히 냉장·냉동창고 등으로 운반하여 보관한다.
- 원료 입고 시 자가품질검사서 등 시험성적서 수령이 가능한 품목은 시험성적서를 통해 입고 검사를 실시하고, 농산물 등 시험성적서 수령이 불가능하거나 육안으로 제품 상태 확인이 가능한 품목의 경우 육안검사를 실시한다.
- 유통기한이 경과하였거나 시험성적서 부적합 제품, 육안검사 결과 상태가 부적합한 원료는 즉시 반품 등의 조치를 취하고, 동일한 사항이 계속 발생 시 구입처를 변경한다.

[표 5-1] 김치 원료 검수 시 확인사항

원료명	확인사항
배추	· 배추통의 알 속이 덜 채워져 무르고 가벼운 것 · 오염된 겉잎과 뿌리가 적절히 제거되어 있지 않은 것 · 냉해, 상해(짓눌림 등)의 상처가 있는 것
무	· 외관상 병충해의 흔적이 있는 것 · 짓무르거나 썩은 부위가 있는 경우 · 공기 중에 오랫동안 노출되어 상품이 마른 것
쪽파	· 길이와 굵기가 일정하지 않은 것끼리 섞여 있고 깨끗하지 못한 것 · 병충해나 생리장애가 있는 제품이 섞인 경우 · 마르거나 시든 것, 누렇게 뜬 것
마늘(깎 것)	· 흙, 벌레, 금속 등의 이물질이 있는 경우 · 짓무르거나 썩은 부위가 있는 경우 · 제품이 변질되어 이취(썩은 냄새 또는 곰팡이 냄새)가 나는 경우
대파(깎 것)	· 누렇게 뜬 잎이 있거나 병충해 피해제품이 섞인 경우 · 줄기의 흰 부분이 매우 가늘거나 짧고 휘어진 것 · 흙, 벌레, 금속, 플라스틱 등의 이물질이 혼입된 경우
양파(깎 것)	· 부서짐, 짓눌림, 깨짐과 같이 사양 고유의 형태를 갖지 못한 경우 · 짓무르거나 썩은 부위가 있는 경우 · 크기 및 중량이 고른 것들로 선별되어 있지 않거나 기형 제품이 섞여 있는 경우
고춧가루	· 곰팡이 등의 생성 또는 이물질 혼입 등의 이유로 본래의 색상을 잃은 경우 · 병충해(탄저병, 무름병, 담배나방 등) 피해제품이 섞인 경우 · 벌레, 금속, 플라스틱 등 이물질이 있는 경우 · 포장에 파손된 것
전분	· 수분함유율이 15% 이상이 된 것(곰팡이의 활동이 가능해짐) · 곰팡이 냄새 및 기타 불쾌한 냄새가 나는 경우 · 사분(광물성 분말이나 전분과 크기가 비중이 같은 돌 조각)이 들어 있는 경우 · 포장에 파손된 것

※자료 : 주요 식재료검수도감, 식품의약품안전처, 2015

#### 다. 원료 보관

식물의 성장 단계에서 오염된 곰팡이균이 잠재하고 있다가 잘못된 보관으로 곰팡이독소의 생성이 증가할 수 있고, 장기간 산소와 접촉하는 저장조건 하에서는 균의 성장이 활성화되어 아플라톡신의 생산도 유의적으로 증가하므로 산소와의 접촉을 피하는 포장방법 및 저장시설이 필요하다.

##### (1) 일반원칙

- 원료의 교차오염을 방지하기 위해 품목별(농산물, 가공품 등)로 가능한 한 각각 분리·보관 하며, 분리보관이 어려울 경우 서로 교차오염이 되지 않도록 이격시켜서 구분하여 보관한다.

- 개봉한 원료가 개봉하지 않은 원료 및 주변 환경으로부터의 교차오염을 방지하기 위해 밀봉하여 보관한다.
- 원료 및 완제품은 제품별 보관기준에 따라 구분 보관하여 선입선출하고, 회수상황이 발생할 경우를 대비하여 판매처, 연락처 등을 정확히 파악한다.
- 냉장·냉동 창고의 온도를 관리계획에 따라 주기적으로 확인하며, 온도가 한계기준에 이탈하였을 경우에는 곧바로 원인을 찾아 개선한다.

(2) 보관시설

- 보관시설은 청결하고 건조된 상태이어야 하며 바닥 및 벽은 내수성으로 청소가 용이하여야 한다.
- 비, 설치류 및 조류의 침입, 지하수 오물의 혼입을 방지할 수 있는 구조(트랩 등)를 갖춰야 한다.
- 온도 및 습도가 변동되지 않도록 항온항습의 조절이 가능한 시설을 갖추어야 하며, 항온항습의 조절이 어려울 경우에는 온도 변화를 최소화할 수 있도록 전실을 설치하도록 한다.
- 보관시설에서의 곤충 및 곰팡이 수준을 최소화하기 위해 적절하고 등록된 살충제, 살균제 등이 사용가능하며, 곤충이 싫어하는 빛의 파장을 발생시키는 고압 나트륨 등(Lamp)을 설치하여 곤충의 접근을 차단한다.

(3) 보관방법 및 온도관리

- 고춧가루 등 가공품의 보관온도는 저장과정 중 곰팡이 성장을 최소화하기 위해 0℃~10℃사이로 유지해야 한다.
  - ※ *Aspergillus flavus/A. parasiticus*는 수분활성도가 0.7이하, 상대습도 70% 이하, 온도 10℃이하에서 는 성장 또는 발생하지 않는다.
- 고춧가루, 건고추 등의 경우, 함수율이 18% 이상일 경우 곰팡이 및 갈변이 발생하므로 15% 이하(약 14% 유지) 로 유지한다.
- 온도시설에 대한 검교정을 통해 적절한 유지보수 관리를 하여야 한다.
  - ※ 냉장 : 5℃이하, 냉동 : -18℃이하, 작업장 : 20 ℃이하

[표 5-2] 김치 원료별 보관방법

구 분	원료명	보관방법
농산물	배추, 무, 파, 양파, 쪽파, 생강, 부추, 마늘 등	냉장(5℃ 이하)
기타원료	고춧가루, 건고추 등	냉장(5℃ 이하)
	멸치액젓, 새우젓 등	냉장(5℃ 이하)
분말원료	백설탕, 정제염, 천일염, 전분 등	상온(5 ~ 25℃)
물(용수)	상수도, 지하수	상온(5 ~ 25℃)
포장재	내포장재 : 폴리프로필렌(OPP):외면+폴리에틸렌(PE):내면 외포장재 : 골판지 상자	상온(5 ~ 25℃)

### 3. 김치 제조공정 관리

아플라톡신의 오염을 방지하기 위해서는 농장에서 가공의 모든 단계에서 관리해야만 최종제품의 품질을 최상으로 보증할 수 있다. 현 단계에서는 곰팡이독소로 오염된 원료 및 제품에서 동 독소를 완전히 제거할 수 있는 방법이 없으므로, 원료 관리(입고 및 보관) 뿐만 아니라 제조공정 중에 곰팡이가 오염될 수 있는 경로를 차단하고, HACCP(위해요소중점관리기준)의 원칙에 따라 위생적으로 제조하는 방법이 최선이라 할 수 있다.

#### 가. 원료 정선(농산물)

- 농산물은 토양에서 재배·수확되어 단순포장을 하기 때문에 흙이나 이물 등이 부착되어 있거나, 운송 중 충돌 등에 의한 짓무름 등이 발생되므로, 이 공정을 통해 비가식 부위 제거, 포장재 및 외피 탈피를 실시한다.
- 원료배추를 위생적으로 처리하기 위해서는 선별과정을 1, 2차로 나누어 작업하는 것이 좋다
  - ▶ 1차선별) 떡잎 및 병든 잎 제거작업으로 선별작업과 동시에 쓰레기는 신속하게 처리한다.
  - ▶ 2차선별) 배추에 흙 등의 다른 이물질이 부착되지 않도록 잘 다듬는다.

#### 나. 원료 세척(농산물)

- 부패 및 병원 미생물, 농약, 기생충 알, 이물질 등의 오염을 제거하기 위하여 먹는 물 정도의 깨끗한 물로 3회 이상 깨끗하게 씻는다. 이때 에어버블(air bubble)을 이용하면 세척 효과가 훨씬 좋다.
- (절임배추) 절임이 끝난 배추를 3단 자동세척기에 투입하여 2분 이상 세척한다.
- (기타 농산물) 야채를 세척조에 투입하여 작업자가 직접 손으로 야채 전체를 골고루 문질러 세척하고, 세척수에 침지시킨 후 상·하, 좌·우로 흔들어 물과 마찰 시킨다. 이 작업을 2분 이상 진행하고 이를 2회 반복한다.

#### 다. 원료 탈수(농산물)

- 세척이 끝난 절임배추, 대파 등은 탈수용 바구니에 담고 지정된 탈수구역에서 탈수를 실시한다.
- 탈수공정 중 이물 등이 혼입될 수 있으므로 비닐 덮개 등을 이용하여 교차오염을 방지하여야 한다.
- 탈수된 원료를 운반하는 경우 운반용기가 작업장 바닥에 직접 닿지 않도록 받침판을 사용하여 이동한다.

#### 라. 선별 및 계량(가공식품)

- 고춧가루, 새우젓, 멸치액젓을 개포한 후 이물을 선별하고, 각각의 가공 원료를 배합비에 맞도록 계량한 후 미생물이 오염되지 않도록 덮개를 덮어 보관한다.
- 계량공정은 종업원이 직접 실시하는 작업으로, 반드시 개인위생을 준수하고 수시로 손세척, 소독을 실시하여야 한다. 또한 종업원은 마스크를 착용하고 1회용 장갑 등을 착용하고 작업하도록 한다.

#### 마. 양념 속냉기 및 포장

- 양념 속냉기 공정에서 일하는 작업자는 청결하여야 하며, 위생적인 장갑, 위생복, 위생모의 착용 등 개인위생관리가 매우 중요하다.
- 양념 속냉기 및 포장 공정은 세척공정 이후 제품이 최종적으로 노출되는 공정으로 작업장이 청결한 상태로 관리되어야 한다.

#### 바. 숙성 및 보관

- 완제품은 적정온도에서 보관하고 벽, 바닥면에 이격 관리해야 한다. 바닥, 벽면에 이격관리를 하지 못할 경우 설치류에 의한 제품 훼손, 창고 세척 소독관리의 어려움, 벽면으로부터의 제품오염 등이 발생될 수 있다.

### 4. 일반위생관리

#### 가. 작업장 관리

- *A. flavus* 및 *A. parasiticus*의 포자가 바람, 곤충 등에 의해 확산되기 때문에 이들 곰팡이에 쉽게 감염되는 품종(예, 옥수수)의 재배지역이 인접한 곳은 피하여 작업장을 설치한다.
- 김치제조이외의 건물과 분리되지 않으면 물리적 위해요소(이물), 생물학적 위해요소(황색포도상구균, 진균 등), 화학적 위해요소(중금속 등)가 교차오염될 수 있으므로 분리하여 교차오염을 예방하여야 한다.
- 작업장 건물 주변의 나무 등은 위생동물, 해충 등의 서식 또는 은거지가 되어 작업장으로 유입되는 중간경로이기 때문에 조경을 피하고 포장, 자갈 등을 설치하도록 한다.
- 해충, 쥐 등이 유입되어 생물학적/물리적 위해요소가 오염되는 것을 예방하기 위하여 문의 높이에 따른 바람의 범위 등을 고려하여 작업장 외부 출입문에 에어커튼, 끈끈이 등 방충·방서설비를 설치하고 녹이나 먼지 등에 대한 정기적인 유지보수 관리가 필요하다.
- 건물 외부로 이어지는 제조 작업장 출입문은 닫았을 때 틈이 없는 밀폐상태를 유지하여야

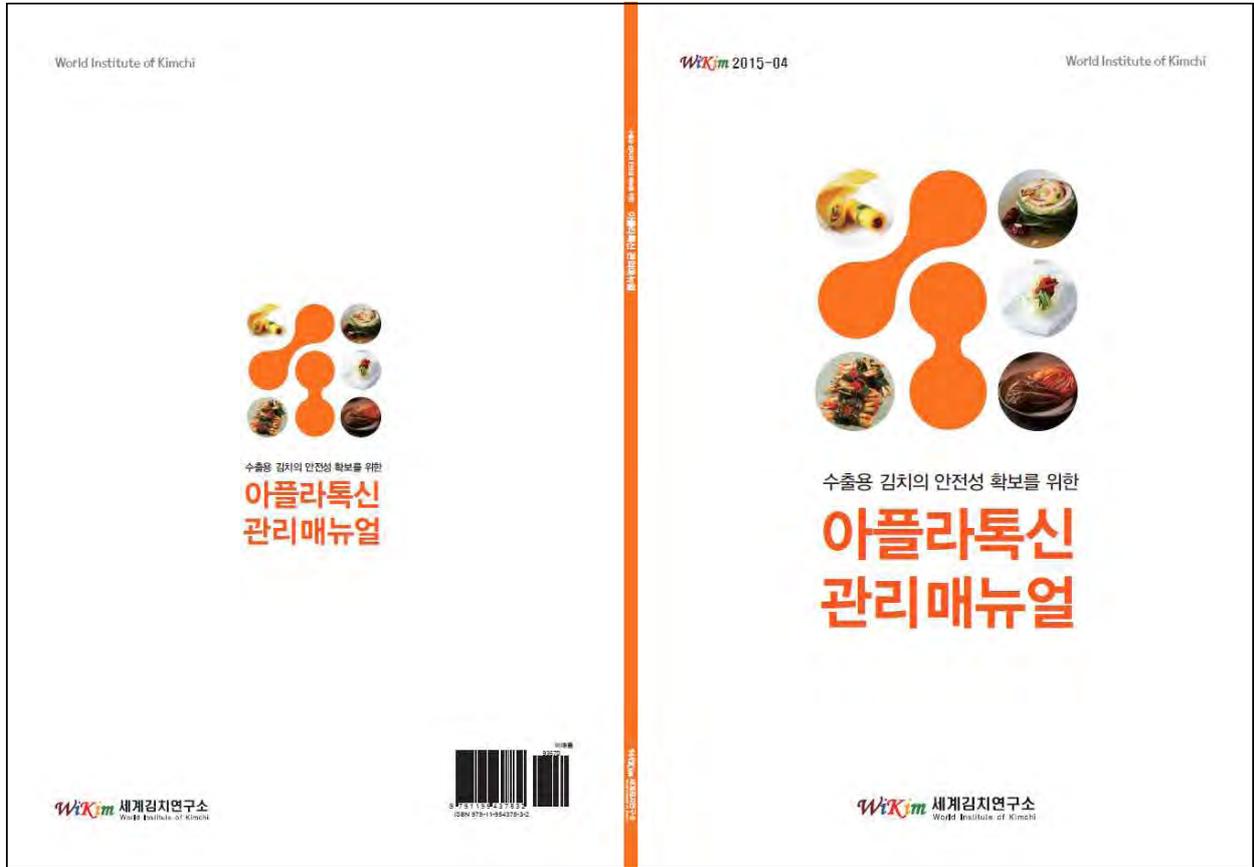
먼지와 해충 등의 유입을 예방할 수 있다.

#### 나. 제조환경 관리

- 바람, 곤충 등에 의해 곰팡이 포자가 확산되므로 먼지가 낀 공기가 환기시스템 또는 기타 통로로 작업장에 혼입되지 않도록 특별한 주의를 기울여야 한다.
  - ▶ 작업장 내 공기는 외부와 차단하고 공조 시스템을 채택하여 냉난방 및 공기 중 세균, 먼지를 HEPA 필터(HEPA filter)에 의해 제거한다.
- 작업장에는 포충등, 바퀴트랩 등을 설치하여 유입된 해충의 개체수를 확인·점검한다. 개체수가 평소보다 많이 발생한 경우 작업장의 전체적인 밀폐여부확인, 작업장 배수로 청소 등을 실시하거나, 작업장 및 작업장 주변에 대한 방역을 실시한다.
- 기계 설치 시 청소, 소독이 용이하도록 벽에서 50 cm, 바닥에서 15 cm 이상의 이격을 두어 설치하며, 바닥자재는 카바크리트를 사용하고, 내부건축 마감재는 식품에 무해한 위생적인 고급재료인 스텐을 선택하여 실내 오염도를 최소화한다.
- 작업장의 세척소독 방법은 위해요소(세균, 곰팡이 등)에 대한 효과 확인 시험을 통해 수립하여야 한다. 또한 정기적인 공중낙하균 시험을 통해 작업장 세척소독 방법이 준수되고 있는지 확인한다.

#### 다. 작업자 위생관리

- 가공의 모든 단계에 종사하는 자는 개인위생을 지속적으로 청결하도록 유지하고, 가공 시 적합한 의복 【(위생복, 위생모자, 위생화, 마스크(필요시))】 을 착용해야 한다.
- 작업장 입실 시에는 이물제거장치(끈끈이롤러, 진공흡입기 등)를 이용하여 위생복장에 묻어 있는 이물(머리카락, 실 등)을 제거하고, 손으로부터의 교차오염을 방지하기 위해 손세척, 건조, 손소독을 실시한다.
  - ▶ 위생복장을 착용한 상태에서 제조 외의 다른 활동(출퇴근, 외출, 운동 등)은 위생복장을 오염시킬 수 있기 때문에 철저히 관리 한다.
- 제품에 이물로 혼입될 수 있는 개인장신구(반지, 귀걸이 등), 개인소지품(담배, 필기구 등) 및 사무용품(클립, 스테플러, 커터칼 등)은 작업장 입실 시 소지하지 않는다.
- 원료나 제품을 직접 접촉하는 종업원은 정기적인 건강검진을 받아야 하고, 설사, 복통, 외상, 염증이 있을 경우 작업에 투입시키지 않는다.
- 가공시설을 잘 운영할 수 있도록 적절한 수준에서 식품위생 및 일반적인 위생 절차에 대해 훈련을 받아야 한다. 가공 공정에서 아플라톡신의 오염을 최소화하기 위해 필요한 모든 사전 예방조치에 대해 모든 직원이 인식할 수 있는 시스템을 구축해야 한다.
- 가공시설에서 껍질 벗기기, 선별, 가공준비, 건조, 저장영역에 위치한 직원 및 기구는 다른 시설지역으로 옮겨서 사용되어서는 안 된다.



[그림 5-2] ‘수출용 김치의 안전성 확보를 위한 아플라톡신 관리매뉴얼’ 표지.

## 제 6 절 수출용 김치의 품질 보증을 위한 국가 품질안전인증제 (안) 마련

### 1. 국내 김치류 관련 인증 규격 조사

국내 김치류 관련 인증 규격은 한국산업표준(KS)에서 김치류에 대하여 규격과 심사기준(KS H 2169:2009)이 제정되어 있으며, 전통식품 품질인증에서 김치류에 대한 규격(T020)이 제정되어 있다. 또한 식품위생법에 따라 2008년 12월부터 김치류 중 배추김치에 대하여 식품안전관리 인증기준(HACCP)을 의무적으로 적용하고 있다.

#### 가. KS 규격

KS 규격에 규정된 김치류는 포기김치 등 8종이며, 품질기준으로 성상, 산도, 사분, 고형량에 대한 기준을 설정하고 있다. KS 심사기준에서는 표준화일반, 유통관리, 자재관리, 공정관리, 제품품질관리, 제조설비관리, 시험검사설비관리, 샘플링방식, 인증표시방법, 인증구분 등 10개 분야에 대해 요구사항(구비조건) 등을 정하고 있는데 특히 공정관리의 경우 김치 종류별, 공정단계별 검사항목을 구체적으로 정하고 있다.

#### ※ 공정관리 검사/관리 항목(포기김치의 경우)

- (1) 원료선별 및 다듬기 : 처리상태
- (2) 절임 : 염수농도(가염량), 절임온도 및 시간
- (3) 세척 및 탈수 : 염도, 세척상태, 세척수 온도
- (4) 양념(속) 조제 : 이물, 부재료 절단상태, 혼합상태
- (5) 숙냉기 : 버무린 상태
- (6) 충전 및 포장 : 내용량, 고형량, 제품염도, 포장상태
- (7) 숙성 : 산도, 숙성온도

실제 인증심사는 공장에 대한 현장심사와 채취한 제품에 대한 품질시험으로 이루어지는데 두 가지 모두가 합격되어야 한다. 공장심사에서는 상기 심사기준 중 표준화일반(6개 항목), 유통관리(5개 항목), 자재관리(2개 항목), 공정관리(3개 항목), 제품품질관리(3개 항목), 제조설비관리(3개 항목), 시험검사설비관리(3개 항목) 등 7개 분야 25개 항목에 대해 평가가 이루어지며, 현장에서 채취한 시료에 대해 품질시험을 실시하여 KS 규격에서 정하는 품질기준에 대한 충족 여부를 확인하게 된다.

#### 나. 전통식품품질인증 규격

KS가 규격과 심사기준을 별도로 규정하고 있는 반면에 전통식품품질인증에서는 이 두 가지 내용을 하나의 규격에 포함하여 기술하고 있다. 전통식품 품질인증 규격에서는 김치류를 14종으로 구분하고 있으며, 성상, 산도, pH에 대한 품질기준을 설정하고 있다. 제도가공기준으로는

공장입지, 작업장, 보관시설, 제조설비, 자재기준, 공정기준 등 6개 항목에 대한 세부기준을 규정하고 있다.

특이사항으로서 전통식품품질인증 규격에서는 캡사이시노이드 함량 또는 스코빌지수에 따라 5개 등급의 매운맛 정도를 의무표시하도록 하고 있다. 인증심사는 KS와 마찬가지로 공장에 대한 현장심사와 현장에서 채취한 제품이 규격에서 정하는 품질기준을 충족시키는지 확인하는 제품시험으로 구성되며, 공장심사에서는 공장입지(2개 항목), 작업장(7개 항목), 제조설비(1개 항목), 원료조달관리(3개 항목), 공정품질관리(4개 항목), 용수관리(2개 항목), 개인위생(2개 항목), 환경위생(3개 항목), 유통관리(3개 항목), 포장 및 표시(3개 항목) 등 10개 분야의 30개 항목에 대해 평가하고 있다. 전통식품품질인증을 위한 공장심사 평가사항은 [표 6-1]과 같다.

**[표 6-1] 전통식품품질인증 공장심사 평가사항**

심사항목	주요 평가 요건	평점
1. 공장입지	주위환경, 건물구조, 운송여건 및 차량진출입로 등	항목별 배점으로 평가
2. 작업장	교차오염방지를 위한 작업장의 용도별 분리 및 구획여부, 작업장내의 벽과 바닥의 구조, 작업장내의 온도 적정여부, 작업장내의 악취, 유해가스, 증기 등의 환기시설적정여부, 방충 및 방서 시설, 작업장내부의 수세, 세척, 소독시설 설치 여부, 작업장 내의 청결상태 등	
3. 제조설비	적정제조설비의 설치여부, 설비관리대장의 비치 및 관리의 적정성 등	
4. 원료조달·관리	국내산 주원료조달방법 및 검증, 주원료 입고 관리적정성 등	
5. 주요공정관리	제조작업표준 수립 및 이행여부, 최종제품의 해당규격 및 품질기준 검사 여부, 해당분야 전문인력을 통한 품질관리업무의 이행여부, 최종제품의 품질 수준 유지를 위한 입·출고관리의 적정성 등	
6. 용수관리	용수의 수질, 급수시설, 취수원 및 관련법에 따른 수질기준에의 적정여부 등	
7. 개인위생	종업원의 정기건강진단 및 결과에 대한 조치여부, 위생장구의 착용상태, 외부인의 작업장내 출입 및 관리현황 등	
8. 환경위생	폐수처리시설의 설치 및 가동상태, 폐기물의 처리방법 및 관리현황, 화장실의 구조, 위생장비 설치 및 관리상태 등	
9. 유통체계	품질이 유지될 수 있는 유통장비 및 유통방법의 적정성, 인증신청품목의 행정처분유무 및 관리현황, 부적합품 처리의 적정성 등	
10. 포장 및 표시	포장재의 적합성, 포장재의 입·출고 관리의 적정성, 표기사항의 적법성 및 관리현황 등	

※자료 : 국립농산물품질관리원

#### 다. 식품안전관리인증기준(HACCP)

2014년 12월 1일부로 ‘위해요소중점관리기준’이 ‘식품안전관리인증기준(HACCP)’으로 변경되었다. 김치류 중 배추김치는 식품위생법 제48조제2항 및 같은 법 시행규칙(이하 “시행규칙”이라

한다.) 제62조제1항에 따라 HACCP을 의무적으로 적용하여야 한다(동 기준 4조 ②항).

HACCP은 선행요건관리와 HACCP관리로 나누어지는데 전자는 8개 분야 52개 항목을 규정하고 있으며, 후자는 7가지 적용원칙과 이에 대한 적용순서도를 규정하고 있다. HACCP 인증을 위한 현장평가표(HACCP 실시상황평가표; 식품안전관리인증기준 별표3)도 역시 선행요건관리기준 52개 항목에 대해 평가하고 있으며, HACCP관리는 인증기준에서 정하는 7가지 원칙과 적용순서도가 적절하게 적용되고 있는지에 대한 적합성 평가를 7개 분야 28개 항목에 대해 평가하고 있다.

## 2. 김치 품질안전 인증제도 도입방안

KS와 전통식품품질인증은 시스템 인증과 제품 인증을 동시에 실시하는데 반해 HACCP 인증은 시스템에 대한 인증만을 실시하고 있다. HACCP 인증에서 정하는 선행요건관리 기준은 KS나 전통식품에서 정하는 시스템 인증기준과 대부분 유사하거나 중복되는 상황이다.

HACCP은 식품을 위생적으로 취급(제조, 가공, 유통, 판매 등)하기 위한 기본 개념이지만 이를 국가적 차원에서 인증제도로 운영하는 국가는 거의 없는 상황이다. 유럽, 미국, 일본 등은 ‘HACCP’에 따라 식품을 취급하여야 한다’고 규정하고 있을 뿐 이를 국가가 인증하지 않으며, 민간단체에 의한 인증의 경우도 평가항목에 HACCP의 개념이 포함되어 있을 뿐이지 HACCP 자체를 인증하지 않는다.

CODEX 식품위생 일반원칙(CAC/RCP 1-1969)에서도 ‘식품안전을 강화하기 위해 수단으로서 HACCP에 기반한 접근방법을 권장한다’고 규정하고 있으며 ‘HACCP 시스템 적용을 위한 지침’을 부록을 제시하고 있다. 김치에 관한 CODEX 규격(CODEX STAN 223-2001)에서도 CODEX 식품위생 일반원칙에 의거하여 제조할 것을 권장하고 있다.

국내의 경우 김치류 중 배추김치에만 HACCP을 의무 적용토록 하고 있으며, 연매출액 5억원 미만이거나 종업원 수가 21인 미만인 업소의 경우 소규모업소용 관리기준을 별도로 적용하고 있는 상황이다(선행요건관리 15개 항목, HACCP관리 5개 항목).

따라서 현재 운영되고 있는 김치 품질 및 위생관련 인증 규격을 분석하여 도출한 ‘김치 품질 안전인증제도’ 도입방안은 다음과 같다.

- 인증 대상업체는 국내뿐만 아니라 전 세계(중국, 일본 등)를 대상으로 한다.
- 시스템 인증과 품질인증의 복합인증제도로 운영하되, 타 인증제도나 타 인증기관과의 차별화를 위해 품질인증시험 비용을 정부(위탁기관, 세계김치연구소 등)의 기술지원 예산으로 충당한다.
- 시스템 인증을 위한 평가기준의 경우 식품위생법에서 정하는 최소기준(제조업체 시설기준, 영업자 준수사항 등)을 충족시키고, 전통식품 품질인증규격의 시스템운영 관련 기준(이는 당초부터 중소식품업체의 현실을 고려하여 설정된 것임)과 소규모업체를 위한 HACCP관리기준 중 선행요건관리 항목(15개 항목)을 포괄적으로 수용하며, 여기에 HACCP 개념을 포함하는 수준에서 시스템 인증기준을 제정한다.

- 인증제도 간의 심사 중복을 피하기 위하여 HACCP 인증업체의 경우는 시스템 인증 부문에 대한 평가를 면제하도록 한다.
- 수출경쟁력 강화 또는 수입산 제품의 위생수준 강화를 위해 교역현장에서 문제가 될 수 있는 항목들을 중요관리점(CCP) 항목으로 명시하는 방안도 있다(예를 들어 고춧가루에서의 아플라톡신 유무, 주요 채소원료의 농약잔류기준 부합 여부 등).
- 제품품질 인증기준은 KS나 전통 규격의 품질기준을 고려하여 설정하되 위생이나(사분, 이물질 유무) 및 국제교역(고형량)과 관련된 기준은 반드시 포함시키도록 한다.
- 인증제품의 소비대상을 전 세계인으로 상정하여, 전통식품품질인증 제도에서 시행하고 있는 매운맛 등급 표시를 의무조항으로 설정하되 국내산 인증제품에 대해서는 정부(위탁기관, 세계김치연구소)가 캡사이시노이드에 대한 분석지원을 무상으로 실시할 수 있도록 있다.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1 절 목표달성도

연구개발의 목표	연구개발의 결과	달성도
김치류 중 아플라톡신 분석법 확립	<ul style="list-style-type: none"> <li>김치 원부재료 및 제품 중 아플라톡신 분석을 위한 시료전처리 조건을 확립하고, u-HPLC/FLD를 이용한 분석조건을 확립하여 FDA guideline 따라 분석법의 유효성을 검증하였음</li> </ul>	100%
수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신의 계절별 오염 현황 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>수출용 김치 원부재료 및 제품 51종(김치 16종, 원부재료 35종), 시판 김치 원부재료 및 제품 149종(김치 21종, 원부재료 128종), 계절별 김치 원부재료 및 제품 282종(김치 87종, 원부재료 195종) 총 485종을 수집하여 이화학적, 미생물학적 품질 특성을 분석하고 아플라톡신 오염도를 분석하였으며, 안전한 것으로 확인되었음</li> </ul>	100%
수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신 오염 원인 규명	<ul style="list-style-type: none"> <li>김치의 원부재료 및 제품, 제조공정별 시료 중 아플라톡신 함량을 모니터링 한 결과 부재료 중 건고추 및 고춧가루에서 아플라톡신이 오염되는 것으로 확인되었음</li> </ul>	100%
수출용 김치의 원부재료 및 완제품 중 아플라톡신 오염 방지 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>아플라톡신 등 곰팡이독소 생성균과 기타 미생물 제어를 위한 방법으로 식품의 재료를 혼합하면서 유해 미생물을 효과적으로 살균, 제거할 수 있는 살균기능을 갖는 식품혼합장치를 고안하였음</li> </ul>	100%
수출용 김치의 안전성 확보를 위한 아플라톡신 안전관리 매뉴얼 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>원료 구입, 검수, 보관 등 김치 원료의 관리 및 정선, 탈수, 양념제조 등 배추김치 제조단계별 관리항목을 제시하고, 일반위생관리 항목으로 작업장 관리, 제조환경 관리, 작업자 위생 관리 등 아플라톡신이 오염될 수 있는 경로차단에 중점을 둔 지침서를 제안함</li> </ul>	100%
수출용 김치의 품질 보증을 위한 국가 품질안전인증제(안) 마련	<ul style="list-style-type: none"> <li>식품위생법에서 정하는 최소기준을 충족시키고, 전통식품 품질인증규격의 시스템운영 관련 기준과 소규모업체를 위한 HACCP관리기준 중 선행요건관리 항목을 포괄적으로 수용하며, 여기에 HACCP 개념을 포함하는 수준에서 시스템 인증기준의 제정을 제안함</li> </ul>	100%

### 제 2 절 관련분야에의 기여도

- 김치가 아플라톡신으로부터 안전하다는 과학적 근거를 마련하였음
- 아플라톡신 등 곰팡이독소 생성균 등을 저감화하는 기술을 개발하여 안전한 김치제조를 위한 기반을 마련하였음

## 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

○ 특허출원 : 1건

출원년도	특허명	출원인	출원국	출원번호
2015	살균기능을 갖는 식품혼합장치	한국식품연구원	대한민국	10-2015-0107072

○ 학술성과 : 5건

게재일/발표일	발표제목	발표자	학회지명/학술대회명	국내외 여부
2013. 08.29.	Development and validation of an analytical method for the determination of aflatoxins in kimchi using ultra-HPLC-FLD	정혜민, 김수지, 송정희, 이상일, 정영배, 조정은, 서혜영	한국식품과학회 국제학술대회	국내
2014. 08. 26.	Evaluation of aflatoxins contamination in commercial dried red pepper and red pepper powder	서혜영, 정혜민, 김수지, 이상일, 김성현, 정영배	한국식품영양과학회 학술대회	국내
2014. 08. 26.	Evaluation of aflatoxins contamination in commercial kimchi	정혜민, 김수지, 이상일, 김성현, 정영배, 서혜영	한국식품영양과학회 학술대회	국내
2015. 06. 24.-25.	Changes of aflatoxins during fermentation of contaminated kimchi	천선화, 김수지, 이상일, 정영배, 조정은, 김성현, 서혜영	한국미생물생명공학회 국제학술대회	국내
2015. 10. 31.	젖산균이 김치 발효 중 아플라톡신 함량 변화에 미치는 영향	천선화, 김수지, 이상일, 정영배, 김성현, 조정은, 서혜영	한국식품저장유통학회지, 22(5), 758-767, 2015	국내
투고 중	Contamination Level of Aflatoxins in Red Pepper Products and Kimchi	김수지, 정혜민, 이상일, 정영배, 조정은, 서혜영	Food Control	국외
투고 예정	UV-LED 조사에 따른 <i>A. parasiticus</i> 생육 억제 및 aflatoxin 생성 저감 효과	서혜영 등	한국식품위생안전성학회지	국내

○ 기타성과(저서) : 1건

출판일	저서명	발행처	편집인	ISBN
2015.09.	수출용 김치의 안전성 확보를 위한 아플라톡신 관리 매뉴얼	세계김치연구소	서혜영, 김수지, 정혜민, 천선화	979-11-954378-3-2

○ 언론 홍보 : 6건

- 세계김치연구소 "국산김치 아플라톡신 오염, 걱정 없다"(프라임경제, 2015.03.03.)
- 국내산 김치, 암 유발 독소 '아플라톡신' 오염 걱정 없어(아시아경제, 2015.03.03.)

- 국내산 김치, 곰팡이 독소 '아플라톡신' 오염 걱정 없어(PBC뉴스, 2015.03.03.)
- 국내산 김치 암 유발 독소 아플라톡신 걱정 없다(푸드투데이, 2015.03.03.)
- 국내산 김치 원료 및 김치제품 아플라톡신 오염 문제 없다(식품음료신문, 2015.03.03.)
- 국산 김치원료 97%가 '아플라톡신 불검출'(한국농어민신문, 2015.03.13.)

○ 교육 및 지도활용 내역

프로그램명	프로그램 내용	교육기관	교육 개최회수	총 교육시간	총 교육인원
전문가초청특강	김치 위생안전 특성	조선대학교	1	1	70
김치 우수성 컨퍼런스	Hygienic Superiority of Kimchi	사이공투어리스트 관광대학	1	0.2	200
특허청심사관 신기술 교육	김치과학 및 기술	심사관신기술교육 센터	1	2	20

○ 성과활용 계획

- '살균기능을 갖는 식품혼합장치'에 대한 기술을 참여기업(주)한성식품) 또는 김치가공기계 제조업체에 이전하여 상용화
- '수출용 김치의 안전성 확보를 위한 아플라톡신 관리 매뉴얼' 보급

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

곰팡이독소(mycotoxin)는 곰팡이의 2차 대사산물로서 세계의 식량공급의 약 25%를 오염시키고 있으며, 사람 및 동물에게 치명적인 물질이다. 곰팡이독소의 노출을 최소화하기 위하여 약 80여국에서 식품 및 사료 중 곰팡이독소의 기준을 설정, 관리하고 있다. 또한 국제식품규격위원회(Codex)의 첨가물 오염물질 분과위원회(CCFAC)에서도 주요의제 중 곰팡이독소의 관리·규격·저감화가 논의되고 있으며 동물의약품 분과위원회에서 동물용의약품의 규격관리 독성평가를 하고 있다.

미국 공인분석화학회(Association of Official Analytical Chemists, AOAC)에서는 아플라톡신에 대하여 박층크로마토그래피, 효소면역분석법, 액체크로마토그래피 등의 방법을 자세히 소개하고 있다. 또한 국제암연구소에서 정한 1급 발암물질이므로 분석 시에 유의해야 하며, 빛에 의해 분해될 수 있으므로 표준액은 갈색 바이알이나 알루미늄 호일 등을 이용하여 빛을 차단하도록 한다. AOAC에서는 green coffee 등의 오크라톡신에 대하여 박층크로마토그래피를 이용한 시험법을 기술하고 있으며, 옥수수과 보리에 대하여 액체크로마토그래피를 이용한 분석법을 소개하고 있다. 또한 제랄레논 시험법에 대하여 박층크로마토그래피, 액체크로마토그래피 및 ELISA 방법 등을 소개하고 있다.

일본에서는 LC-ESI-MS/MS 방법으로 올리브 오일에서 아플라톡신(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>) 시험법을 확립한 연구에서 고체를 직접 갈아 추출 정제하는 MSPD(Matrix Solid Phase Dispersion)법으로 전처리하여 시험법을 확립하였다. 올리브오일에 0.5, 1.0, 2.5 및 5.0 ng/g의 아플라톡신을 첨가하여 회수율을 측정된 결과 모든 아플라톡신에 대해서 92~107%의 회수율을 보였다. 또한 올리브오일 15건을 채취해 분석한 결과 3건에서 정량한계 미만으로 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 검출된 것으로 보고하였다. 또한 벨기에에서는 LC-MS/MS를 이용하여 23종의 곰팡이독소 분석법을 연구하였으며, 검출한계 1.2~5.0 ng/g, 정량한계 2.5~100 ng/g로 나타났으며 이 방법으로 10개(벨기에 8개, 독일 2개)의 시료를 분석한 결과 9개의 시료에서 양성으로 검출되었으며 아플라톡신 B<sub>1</sub>은 50 ng/g, alternariol은 303~357 ng/g이 검출되었으며 나머지는 모두 정량한계 이하로 검출되었다(17). 스페인에서는 LC-Ornitrap-MS를 이용하여 257종 독소들을 정량분석 가능한 분석법을 개발하였으며 전처리 방법으로는 QuEChERS 와 “dilute and shoot” 2가지를 사용하였으며, 그 중 더 효과적인 방법은 “dilute and shoot”로 나타났다. 그 방법으로 분석하였을 경우, 회수율은 70~120%, 검출한계 5 ng/g 및 정량한계 10ng/g로 나타났으며 재현성을 확인한 결과 상대표준편차는 20%이하로 나타났다. 영국에서는 multi-mycotoxin을 LC-Tandem-MS를 이용한 분석법을 개발하였으며 전처리 방법으로는 2가지 immunoaffinity column을 이용한 정제방법을 사용하였다. 분석한 결과, 회수율은 60~108%, 정량한계 0.1(아플라톡신 B<sub>1</sub>)~13.0(deoxynivalenol) ng/g로 나타났으며 재현성을 확인한 결과 상대표준편차는 10%이하로 나타났다.

Immuno-chromatographic test strips(ICTS)을 기반으로 한 gold nanoflowers(AuNFs)방법은 중국에서 검증된 방법으로 아플라톡신 B<sub>1</sub>을 분석하였다. 평균지름이 75±5 nm인 AuNFs로 합성하였으며, 직선성은 0.5~25 pg/ml이고 검출한계는 0.32 pg/ml로 나타났다. 또한 옥수수 등 30개의 시료를 HPLC를 이용하여 아플라톡신 B<sub>1</sub>을 분석한 후, 5가지 일반적인 ELISA kit(A~E)를 이용하여 비교분석하였다. ELISA 방법으로 분석한 결과, intra-plate 1.18~16.22%,

inter-plate 2.85~18.04% 및 회수율 90~110%로 나타났으며 유의적인 차이를 나타내었다. 스웨덴에서는 252명의 성인들 소변에서 multi-biomarker 분석법으로 mycotoxin을 분석한 결과 69%가 하나 이상의 곰팡이독소가 검출되었다. 외국에서는 항체를 활용한 기술을 향상시킨 paper-strip kit나 형광물질을 labelling한 free tracer를 분리 과정 없이 바로 분석하는 형광면역분석법(fluoroimmunoassay) 등의 새로운 기술이 다양하게 개발되고 있다.

## 제 7 장 연구시설·장비 현황

- 해당사항 없음

## 제 8 장 연구실 안전관리 이행실적

### ○ 건강검진 실적

구분	2013년	2014년	2015년	주기	비고
일반건강검진, 특수건강검진	7월/12월 43명/38명	7월/11월 41명/41명	6월   - 49명	2회/년 년 1회	- 배치 전 배치 후 포함 ※ 수검인원 변동 : 퇴사자 및 신규입사자
작업환경측정	6월/12월	5월/10월	5월	2회/년	

### ○ 교육실적

구분	2013년	2014년	2015년	주기	비고
교육시간	24h	24h	24h	분기별 6시간	실험실 안전보건교육
이수자(명)	43명/38명	41명/41명	49명	100%	

### ○ 안전점검 실적

구분	2013년	2014년	2015년	주기	비고
정기안전점검	-	7월	-	주기 : 1회/년	
정밀안전진단	7월	-	7월	주기 : 1회/2년	

### ○ 기타

- 폐기물관리 : 의료폐기물 및 지정 폐기물은 전문처리업체에 위탁하고 있음('13 ~ 현재까지).

## 제 9 장 참고문헌

- Albert, J. F., Engelbrechut, Y., Steyn, P. S., Holzapfel, W. H. and van Zyl, W. H. (2006) Biological degradation of aflatoxin B<sub>1</sub> by *Rhodococcus erythropolis* cultures. *Int. J. Food Microbiol.* 109, 121-126
- Bang BH, Seo JS, Jeong EJ (2008) A Method for Maintaining Good Kimchi Quality during Fermentation. *Korean J Food & Nutr*, 21, 51-55
- Chang HW, Kim KH, Nam YD, Roh SW, Kim MS, Jeon CO, Oh HM, Bae JW (2008) Analysis of yeast and archaeal population dynamics in kimchi using denaturing gradient gel electrophoresis. *Int J Food Microbiol*, 126, 159-166
- Chang JY, Kim IC, Chang HC (2014) Effect of Solar Salt on Kimchi Fermentation during Long-term Storage. *Korean J Food Sci Technol*, 46, 456-464
- Chiou, R. Y. Y., Lin, C. M. and Shyu, S. L. (1990) Property characterization of peanut kernels subjected to gamma irradiation and its effect on the outgrowth and aflatoxin production by *asperillus parasiticus*. *J. Food Sci.* 55, 210-213.
- EFSA (2007) Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in Food Chain on a request from the Commission related to the potential increase of consumer health risk by a possible increase of the existing maximum level for aflatoxins in almonds, hazelnuts and pistachio and derived products. *The EFSA Journal.* 446, 1-127
- Emmanuel N. E., Christof P., Sarah S. A multi-analyte LC MS MS method for the analysis of 23 mycotoxins in different sorghum varieties\_The forgotten sample matrix. *Food chem.* 177, 397-404 (2015)
- Gerardo M. D., Roberto R. G., Francisco J. A. Antonia Garrido Frenich. Multi-class determination of pesticides and mycotoxins in isoflavones supplements obtained from soy by liquid chromatography coupled to Orbitrap high resolution mass spectrometry. *Food control.* 59, 218-224 (2016)
- Han GJ, Choi HS, Lee SM, Lee EJ, Park SE, Park KY (2011) Addition of starters in pasteurized brined baechu cabbage increased kimchi quality and health functionality. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 110-115
- Haskard C, Binnion C, Ahokas J (2000) Factors affecting the sequestration of aflatoxin by *Lactobacillus rhamnosus* strain GG. *Chem Biol Interact*, 128, 39-49
- Haskard CA, El-Nezami HS, Kankaanpa PE, Salminen S, Ahokas JT (2001) Surface binding of aflatoxin B<sub>1</sub> by lactic acid bacteria. *Appl Environ Microbiol*, 67, 3086-3091
- Hormisch, D., Brost, I., Kohring, G. W., Giffhorn, F., Krippenstedt, R. M., Stackbrandt, E., Faber, P. and Holtzapfel, W. H. (2004) *Mycobacterium fluoranthenorans* sp. nov., a fluoranthene and aflatoxin B<sub>1</sub> degrading bacterium from contaminated soil of a former

- coal gas plant. *Syst. Appl. Microbiol.* 27, 553–660.
- Hung LD, Kyung KH (2006) Inhibition of yeast film formation in fermented vegetable by materials derived from garlic using cucumber pickle fermentation as a model system. *Food Sci Biotechnol*, 15, 469–473
- Hwang IG, Kim HY, Hwang Y, Yoo SM, Jeong HS, Lee JS, Kim HY (2011) Effects of Mashed Red Pepper on the Quality Characteristics of Kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 1769–1775
- Ji Y., Ren M., Li Y., Huang Z., Shu M., Yang H., Xiong Y., Xu Y. Detection of aflatoxin B1 with immunochromatographic test strips: Enhanced signal sensitivity using gold nanoflowers. *Talanta*. 142, 206–212 (2015)
- Joyce W., Carol D., David L., Elaine M. The use of immunoaffinity columns connected in tandem for selective and cost-effective mycotoxin clean-up prior to multi-mycotoxin. *J. Chromatography A*. 1400, 91–97 (2015)
- Kang SS, Kim JM, Byun MW (1988) Preservation of Kimchi by Ionizing Radiation. *Kor J Food Hygiene*, 3, 225–232
- Kim DH, Jang HS, Choi GI, Kim HJ, Kim HJ, Kim HL, Cho HJ, C Lee (2013) Occurrence of Mycotoxins in Korean Grains and Their Simultaneous Analysis. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45, 111–119
- Kim WJ, Kang KO, Kyung KH, Shin JI (1991) Addition of salts and their mixtures for improvements of storage stability of kimchi. *Korean J Food Sci Technol*, 23, 188–191
- Kim YS, Shin DH (2008) Hygienic Superiority of Kimchi. *J food Hyg Safety*, 23, 91–97
- Kltzel M, Lauber U, Humpf HU. (2006) A new solid phase extraction clean-up method for the determination of 12 type A and B trichothecenes in cereals and cereal-based food by LC-MS/MS. *Mol. Nutr. Food Res.* 50, 261–269
- Ko YT, Baik IH (2002) Changes in pH, sensory properties and volatile odor components of kimchi by heating. *Korean J Food Sci Technol*, 34, 1123–1126
- Ku KH, Kang KO, Kim WJ (1998) Some quality changes during fermentation of kimchi. *Korean J Food Sci Technol*, 20, 476–482
- Lattanzio VM, Solfrizzo M, Powers S, Visconti A. (2007) Simultaneous determination of aflatoxins, ochratoxin A, and Fusarium toxins in maize by liquid chromatography/tandem mass spectrometry after multitoxin immunoaffinity cleanup. *Rapid Commun. Mass Sp.* 21, 3253–3261
- Mendez-Albores, A., Del Rio-Garcia, J. C. and Moreno-Martinez, E. (2007). Decontamination of aflatoxin duckling feed with aqueous citric acid treatment. *Animal Feed Sci. Technol.* 135, 249–262.
- Oh KS, Suh JH, Sho YS, Park SS, Chio WJ, Lee JO, Kim HY, Woo GJ (2007) Exposure Assessment of Total Aflatoxin in Foods. *Korean J Food Sci Technol*, 39, 25–28

- Park HY, Ahn JA, Seo HJ, Choi HS (2011) Quality Characteristics of Small Package Kimchi according to Packing Material and Storage Temperature. *Korean J Food Cookery Sci*, 27, 63-73
- Park SH, Lee JH (2005) The correlation of physicochemical characteristics of kimchi with sourness and overall acceptability. *Korean J Food Cookery Sci*, 21, 103-109
- Park, D. L. and Liang, B. (1993) Perspectives on aflatoxin control for human food and animal feed. *Trend Food Sci.Technol.* 4, 334-342
- Proctor, A. D., Ahmedna, M., Kumar, J. V. and Goktepe, I. (2004) Degradation of aflatoxins in peanut kernels/flour by gaseous ozonization and mild heat treatment. *Food Addit. Contam.* 21, 786-793.
- Ryu JY, Lee HS, Rhe HS (1984) Changes of organic acids and volatile flavor compounds in kimchis fermented with different ingredients. *Korean J Food Sci Technol*, 16, 169-174
- S. Wallin, L. Gambacorta, N. Kotova, E. Warensjö Lemming, C. Nälsen, M. Solfrizzo, M. Olsen. Biomonitoring of concurrent mycotoxin exposure among adults in Sweden through urinary multi-biomarker analysis. *Food and Chemical Toxicology.* 83, 133-139 (2015)
- Seo HJ, Han SY, Choi HS, Han GJ, Park HY (2012) Quality Characteristics of Cabbage Kimchi by Different Packaging materials. *Korean J Food Cookery Sci*, 28, 207-214
- Shanta, T. and Murthy, V. S. (1977) Photo-destruction of aflatoxin in groundnut oil. *Indian J. Technol.* 15, 453-454.
- Shin JH, Kim RJ, Kang MJ, Kim GM, Sung NJ (2012) Quality and Fermentation Characteristics of Garlic-added Kimchi. *Korean J Food Preserv*, 19, 539-546
- Shin SM, Park JY, Kim EJ, Han YS (2005) Investigation of some harmful bacteria in commercial Kimchi. *Korean J Food Cookery Sci*, 21, 195-200
- So MH, Shin MY, Kim YB (1996) Effects of Psychrotrophic Lactic Acid Bacterial Starter on Kimchi Fermentation. *Korean J Food Sci Technol*, 28, 806-813
- Sun D. D., Gu X., Li J. G., Yao T., Dong Y. C. Quality Evaluation of Five Commercial Enzyme Linked Immunosorbent Assay Kits for Detecting Aflatoxin B1 in Feedstuffs. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 28(5), 691-696 (2015)
- Temcharoen, P. and Thilly, W. G.(1982) Removal of aflatoxin B<sub>1</sub> toxicity but not mutagenicity by 1 megarad gamma radiation of peanut meal. *J. Food Safety*, 4, 199-205.
- Yi SH, Park SY, Jeong DH, Kim JY, Lee AJ, Shing HA, Moon JH, Lee J H, Kim SE, Ryou HJ, Om AS (2009) Survey Research of Homemade and Commercial Cabbage(Baechu) Kimchi on Physicochemical Quality Characteristics. *Korean J. Food Cookery Sci*, 25, 671-676

## [별첨 1]

# 김치류 품질안전 인증기준(안)

**1. 적용 범위** 이 규격은 채소를 주원료로 염수 혹은 소금으로 절인 다음 세척, 탈수 및 양념 혼합 후 그대로 또는 발효·숙성하여 만든 김치류에 대하여 규정한다.

## 2. 용어의 정의

### 2.1 양념

식물성 원료에 고춧가루, 당류, 식염 등을 가하여 혼합한 것으로 채소류 등에 첨가, 혼합하여 김치를 만드는데 사용하는 것을 말한다.

### 2.2 배추김치

배추를 주원료로 하여 절임, 양념혼합과정 등을 거쳐 그대로 또는 발효시킨 것이거나 이를 가공한 것을 말한다.

### 2.3 기타김치

채소류를 주원료로 하여 절임, 양념혼합과정 등을 거쳐 그대로 또는 발효시킨 것이거나 이를 가공한 것으로 배추김치 이외의 것을 말한다.

## 3. 품질

**3.1 품질기준** 김치류의 품질은 표 1의 품질기준에 적합하여야 한다.

표 1 품질기준

항 목	기 준
성 상	고유의 색택, 향미, 조직감 및 외관을 가지며 이미, 이취 및 이물이 없어야 하고, 채점기준에 따라 채점한 결과 모두 3점 이상이어야 한다.
산 도(% w/v)	1.0 이하(젓산으로서) (단, 배추김치 중 묵은지는 1.0 이상, 기타김치 중 백김치는 0.8 이하, 갓김치 및 고들빼기김치는 1.2 이하)
사분(%)	0.03 이하
고형량(%)	85 이상(단, 기타김치 중 백김치 및 갓김치는 75 이상)

**3.2 표 1** 이외의 요구사항은 「식품위생법」에서 정하는 기준에 적합하여야 한다.

## 4. 시험 방법

### 4.1 성상

훈련된 패널의 크기는 10~20명으로 하여 불연속 척도에 따른 관능검사를 적용하되, 표 2의 채점기준에 따라 평가한다.

표 2 채점기준

항 목	채 점 기 준
색 택	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고유의 색택을 아주 뚜렷이 가지고 있는 것은 5점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 색택을 뚜렷이 가지고 있는 것은 4점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 색택을 가지고 있는 것은 3점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 색택을 약간 가지고 있는 것은 2점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 색택을 가지고 있지 않는 것은 1점으로 한다.</li> </ul>
향 미	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고유의 향미를 아주 뚜렷이 가지고 있고, 이미·이취 및 군내가 없는 것은 5점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 향미를 뚜렷이 가지고 있고, 이미·이취 및 군내가 없는 것은 4점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 향미를 가지고 있고, 이미·이취 및 군내가 없는 것은 3점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 향미를 약간 가지고 있고, 이미·이취 및 군내를 약간 가지고 있는 것은 2점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 향미를 가지고 있지 않고, 이미·이취 및 군내를 뚜렷이 가지고 있는 것은 1점으로 한다.</li> </ul>
조직감	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고유의 조직감을 아주 뚜렷이 가지고 있는 것은 5점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 조직감을 뚜렷이 가지고 있는 것은 4점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 조직감을 가지고 있는 것은 3점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 조직감을 약간 가지고 있는 것은 2점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 조직감을 가지고 있지 않는 것은 1점으로 한다.</li> </ul>
외 관	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고유의 외관을 아주 뚜렷이 가지고 있고 버무림이 양호한 것은 5점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 외관을 뚜렷이 가지고 있고 버무림이 대체로 양호한 것은 4점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 외관을 가지고 있고 버무림이 양호한 것은 3점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 외관을 약간 가지고 있고 버무림이 나쁜 것 혹은 산막효모가 관찰된 것은 2점으로 한다.</li> <li>○ 고유의 외관을 가지고 있지 않고 버무림이 현저히 나쁜 것 혹은 산막효모가 관찰된 것은 1점으로 한다.</li> </ul>

#### 4.2 산도

시료 200~500 g을 각 부위별로 균등하게 채취하여 마쇄한 후 4점의 가아제로 짜고 거름종이로 거른 다음 50~100 mL를 취한다. 준비된 시료액을 서서히 교반시키면서 pH 측정기를 이용하여 0.1 N 수산화나트륨 용액으로 pH 8.2까지 적정하고 다음 식에 의하여 산도를 계산한다.

$$\text{산도}(\%, \text{w/v}) = \frac{V_1 \times f \times 0.009}{V_2} \times 100$$

여기에서  $V_1$  : 시료액을 적정하는데 소요된 0.1 N 수산화나트륨 용액의 양(mL)

$f$  : NaOH의 역가

$V_2$  : 적정에 사용된 시료액의 양(mL)

#### 4.3 사분량

포장 내의 액즙과 고형물의 비율을 측정하여 다음 식에 의해 사분량을 계산한다.

$$\text{사분}(\%, \text{w/w}) = \left( \frac{P_1 \times R_1}{100} \right) + \left( \frac{P_2 \times R_2}{100} \right)$$

여기에서,  $P_1$  : 액즙 중의 사분 함량(%)  
 $P_2$  : 고형물 중의 사분 함량(%)  
 $R_1$  : 액즙의 무게 비율(%)  
 $R_2$  : 고형물의 무게 비율(%)

#### 4.3.1. 액즙 중의 사분

포장을 개봉하여 고형물은 고형물 사분 측정용 시료로 사용할 수 있도록 깨끗한 용기에 옮긴 다음, 포장 내의 액즙을 균등하게 일정량(가능하면 전체량) 비커에 취하고 30분 동안 정치시켜 상층액을 버리고 건조시킨다. 석유에테르 400 mL를 시료 비커에 가하고 30분 동안 끓이면서 때때로 석유에테르를 보충하여 400 mL로 유지한다. 석유에테르를 조용히 따른 다음, 사염화탄소( $CCl_4$ ) 400 mL를 가하고 몇번 교반한 후 30분 동안 정치시킨다. 다음 비커 밑바닥의 잔사는 남겨 둔 채 고춧가루 등 부유물은 버리고 잔사를 무회분 거름종이로 걸러 항량을 구해 둔 회화 용기에 넣고 550 °C 전후의 회화로에서 회화시켜 항량이 되었을 때 다음 식에 따라 사분을 계산한다.

$$\text{사분}(\%, \text{w/w}) = \frac{W_1 \times W_2}{S} \times 100$$

여기에서,  $W_1$  : 회화한 후 총무게(g)  
 $W_2$  : 회화용기의 무게(g)  
 $S$  : 액즙의 무게(g)

#### 4.3.2. 고형물 중의 사분

시료는 균등하게 (50 ~ 100) g을 채취하여 마쇄한 후 건조기에서 충분히 건조시킨 다음, 건조된 시료를 비커(600 mL)에 넣고 석유에테르 400 mL를 가하여 30분 동안 끓인다. 이후의 조작은 6.3.1에 따르고 다음 식에 따라 사분을 계산한다.

$$\text{사분}(\%, \text{w/w}) = \frac{W_1 \times W_2}{S} \times 100$$

여기에서,  $W_1$  : 회화한 후 총무게(g)  
 $W_2$  : 회화용기의 무게(g)  
 $S$  : 고형물의 무게(g)

#### 4.4 고형량

표시량이 2 kg 미만인 제품은 개봉전 제품의 총무게를 측정한 다음 포장을 개봉하여 내용물 전체를 850  $\mu\text{m}$  시험용 체에 넣고 약 3분간 정치시켜 분리된 액즙의 무게를 측정한다. 또한 내용물을 제거한 빈 포장용기의 무게를 측정하여 다음 식에 따라 고형량을 계산한다.

표시량이 2 kg 이상인 제품은 동일한 방법으로 측정하되 내용물 전체를 먼저 1차 거름망(5 x 5 mm) 수준의 체바구니 또는 30 kg 용량 P박스)을 이용 약 3분간 정치하여 액즙을 분리한다. 여기에서 분리된 액즙을 850  $\mu\text{m}$  시험용 체에 넣고 약 3분간 정치시켜 최종적으로 얻어진 액즙의 무게를 측정한다.

$$\text{고형량}(\%, \text{w/w}) = \frac{S - W}{S} \times 100$$

여기에서,  $S$  : 포장용기를 제외한 제품 내용물의 무게(g)

$W$  : 시험용 체를 통과하여 분리된 액즙의 무게(g)

$$\text{고형량}(\%, \text{w/w}) = \frac{S}{W_1 - W_2} \times 100$$

여기에서,  $W_1$  : 총무게(g)

$W_2$  : 포장용기의 무게(g)

$S$  : 고형물의 무게(g)

**표 3 — 측정용 시험용 체**

호칭	체눈의 크기	금속선의 지름	체틀의 안지름
850 $\mu\text{m}$ 시험용 체	850 $\mu\text{m}$	523 $\mu\text{m}$	200 mm

## 4.5 캡사이시노이드

### 4.5.1. 고속액체크로마토그래피(HPLC)법

#### (1) 시약

(a) 이동상 HPLC 등급의 용매로 Methanol : Water : Dioxane : Acetonitrile : 2% perchloric acid = 48.4 : 32.2 : 13.3 : 7.9 L 0.2 (v/v)로 혼합한 것

(b) 표준용액 sodium acetate로 포화한 0.01, 0.10 및 1.0 mg/mL의 캡사이신(capsaicin)

#### (2) 장치

##### (a) 검출기

- 자외선 검출기(UV detector) 280 nm, flow cell path(1×10 mm)

- 형광 검출기(fluorescence detector) 여기 288, 방출 320, flow cell path(10×1 마이크로)

(b) 칼럼  $C_{18}$ , 10 micron spherical, 4.6 mm × 250 mm, 또는 이와 동등한 것

(3) 시료의 전처리 김치를 동결건조한 것을 시료로 한다.

(4) 시험조작 100 mL 부피 플라스크에 시료 약 1.0 g을 정밀히 무게를 달아 넣는다. 내아세트산나트륨으로 포화한 95% 에탄올로 100 mL까지 표정한다. 마개를 하고 60°C의 가열판 또는 수욕에서 때때로 저어주면서 3시간 가열한다. 가열 후 내용물을 교반한 다음 고형물을 침전되도록 하고 상정액을 0.2  $\mu\text{m}$  필터로 여과한 것을 시험용액으로 하여 HPLC로 분석한다.

(비고) 일반적으로 고추를 시료로 한 경우 첫 번째 피크는 색소 피크, 두번째 피크는 캡사이신 피크, 세 번째 피크는 캡사이시노이드 피크이다.

#### (5) 결과의 계산

총 캡사이신 면적 = 캡사이신 피크의 면적 + 0.82×캡사이시노이드 피크의 면적

$$\text{캡사이신 농도(ppm)} = \frac{\text{총캡사이신 면적} \times \text{표준물질의 농도(ppm)} \times 100}{\text{표준물질의 총캡사이신 면적} \times \text{시료량(g)}}$$

매운맛(pungency) = 캡사이신의 ppm

매운맛(scovile) = ppm 캡사이신 × 15

## 5. 제조가공기준

### 5.1 공장입지

5.1.1 주변 환경에 제품을 오염시키는 오염원이 없고 청결하게 유지되어 있어야 한다.

5.1.2 공장은 독립건물이거나 완전히 구획되어서 식품위생에 영향을 미칠 수 있는 다른 목적의 시설과 구분되어야 한다.

## 5.2 작업장

5.2.1 모든 설비를 갖추고 작업에 지장이 없는 넓이 및 밝기를 갖추어야 한다.

5.2.2 작업장의 내벽은 내수성 자재이어야 하며 원재료처리장, 배합실 및 내포장실의 내벽은 바닥으로부터 1.5 m까지 내수성 자재로 설비하거나 방균 페인트로 도색하여야 한다.

5.2.3 작업장의 바닥은 내수성 자재를 이용하여 습기가 차지 아니하도록 하며, 또한 배수가 잘 되도록 하여야 한다.

5.2.4 작업장내에서 발생하는 악취, 유해가스, 매연 및 증기 등을 환기시키기에 충분한 창문을 갖추거나 환기시설을 갖추어야 하며 창문, 출입구 기타의 개방된 장소에는 쥐 또는 해충, 먼지 등을 막을 수 있는 설비를 하여야 한다.

5.2.5 포충등, 쥐덫, 바퀴벌레 포획도구 등에 포획된 개체수를 정해진 주기에 따라 확인하여야 한다.

5.2.6 원료, 기구 및 용기류를 세척하기 위한 세척설비와 청결한 물을 충분히 급수할 수 있는 급수시설을 갖추어야 한다.

5.2.7 작업장은 청결구역 및 일반구역으로 분리, 구획 또는 구분하고, 버무림과 포장공정은 청결구역에서 실시하여야 한다.

5.2.8. 작업장 내부는 정해진 주기에 따라 청소하여야 한다.

## 5.3 보관시설

보관시설은 원·부자재 및 제품을 적절하게 보관할 수 있고, 내구력이 있는 시설이어야 한다. 냉장·냉동 창고의 온도를 적절히 관리하여야 한다.

### 5.3.1 원료 및 자재 보관시설

원료 및 자재는 종류별로 구분하여 보관이 가능한 면적을 갖추고, 냉동냉장을 이용한 보관 시는 정기적으로 일정시간에 온도를 계측하여야 한다. 그리고 보관 중 변질되지 않고 먼지 등의 이물이 부착 또는 혼입되지 않아야 한다. 단, 배추·무·열무·갓·고들빼기 등의 주원료는 저온에서 보관하여야 한다.

### 5.3.2 제품보관시설

제품 보관 중 품질의 변화를 막기 위하여 고온다습하지 않아야 한다.

## 5.4 제조설비

5.4.1 제조·가공 중 설비의 불결이나 고장 등에 의한 제품의 품질변화를 방지하기 위하여 직접 식품에 접촉하는 설비의 재질은 불침투성의 재질이어야 하며 항상 세척 및 점검관리를 하여야 한다.

5.4.2 가열기 및 냉장·냉동창고의 온도계는 정해진 주기에 따라 검·교정을 실시하여야 한다.

5.4.3 식품과 직접 접촉되는 모니터링 도구(온도계 등)는 사용 전·후 세척·소독을 실시하여야 한다.

5.4.4 파손되거나 정상적으로 작동하지 아니하는 제조설비를 사용하여서는 아니되며 식품위생법에서 정한 시설기준에 적합하게 관리하여야 한다.

5.4.5 작업장에 설치하여야 할 주요 기계, 기구 및 설비는 표 4와 같다

표 4 주요 제조 설비

(1) 냉장설비	(2) 세척설비	(3) 혼합설비	(4) 절입설비
(5) 포장설비	(6) 저장설비	(7) 작업대	

단, 제조공정상 또는 기능의 특수성에 의하여 제조설비를 증감할 수 있다.

## 5.5 자재기준

### 5.5.1 원료 및 자재

**5.5.1.1** 김치류 제조에 사용되는 원료들은 「식품위생법」에서 정하는 기준에 적합한 것을 사용하고, 고춧가루의 경우 가능한 한 선택 및 캡사이신 등에 대한 품질검사를 실시하여 최종제품의 균일성을 최대한 유지할 수 있도록 한다.

**5.5.1.2** 원·부재료 입고 시 시험성적서를 수령하거나, 육안검사를 실시하여야 한다.

**5.5.1.3** 배추김치 중 포기김치 용도로 제조하여 포장한 제품은 출고한 후 재반입하여 묵은지로 생산할 수 없다.

### 5.5.2 식품첨가물

「식품위생법」에서 정하는 기준에 적합하여야 하며 타르색소, 인공감미료 및 보존료를 사용하여서는 아니 된다.

### 5.5.3 용수

「먹는 물 관리법」의 먹는 물 수질기준에 적합하여야 하며, 수도물이 아닌 물을 음용수로 사용할 경우에는 공공 시험기관에서 1년마다 음용 적합 시험을 받아야 한다. 지하수를 사용하는 경우에는 적합한 수질을 얻기 위해 필요한 경우 정수시설을 설치·운용하여야 하며, 정수 필터 등은 주기적으로 교체하고, 청소 등을 실시하여야 한다.

## 5.6 주요 공정기준

### 5.6.1 원료의 선별 및 정선

**5.6.1.1** 부패 및 변질 등으로 제품의 품질에 영향을 미칠 수 있는 부위는 제거하고 사용하여야 한다.

**5.6.1.2** 흙이 묻어 있는 원료의 경우에는 겉잎과 뿌리를 제거하고 사용하여야 한다.

### 5.6.2 절임

**5.6.2.1** 염투입량(절임수의 농도), 절임시간 및 절임온도는 동절기와 하절기로 구분하여 기준을 설정하고 관리하여야 한다.

**5.6.2.2** 절임에 사용하는 소금은 「식품위생법」에서 정하는 기준에 적합하여야 하며, 이를 증명할 수 있는 근거 서류를 구비하여야 한다.

**5.6.2.3** 배추의 경우에는 잎과 줄기의 염도 차이를 최소화하도록 하여야 한다.

**5.6.2.4** 절임수를 재사용할 경우에는 오염·변질 등으로 인한 이취가 없어야 하며 일정한 염도가 유지될 수 있도록 관리하여야 한다. 또한, 최종제품에서의 미생물학적 안전성을 보장할 수 있도록 기준을 정하여 관리하여야 한다.

### 5.6.3 세척

**5.6.3.1** 배추를 주원료로 사용한 제품의 경우에는 최종 제품에 이물이 없도록 세척수에서 충분히 흔들어 제거하여야 한다.

**5.6.3.2** 자동세척기를 이용할 경우에는 가능한 한 3단 이상의 세척이 이루어질 수 있도록 하고, 최종 세척 시는 흐르는 물로 세척하여야 한다.

### 5.6.4 탈수

선도, 갈변 및 이취 등을 최소화하기 위해 저온에서 적절한 시간을 설정하고 관리하여야 한다.

### 5.6.5 버무리 및 숙냉기

양념 제조 시 양념의 물성 및 제품의 생산성 등을 향상시키기 위해 일정시간 숙성시킨 후 제품에 고르

게 버무려질 수 있도록 하여야 한다.

### 5.6.6 포장

이물이 혼입되지 않도록 하여야 하며, 포장재의 파손여부 및 밀봉상태를 관리하여야 한다.

### 5.6.7 숙성

10℃ 이하에서 숙성시간 등을 설정하고 관리하여야 한다.

5.6.8 기타 주요공정은 공정의 특수성 및 제조기술의 개발로 인하여 공정의 수를 증감하거나 순서를 변경할 수 있으며, 각 공정에 대한 사용설비, 작업방법, 작업상의 유의사항 등을 규정하고, 이에 따라 실시하여야 한다.

## 6. 포장 및 내용량

### 6.1 포장재

내용물을 충분히 보호할 수 있는 포장재를 사용하여야 하며, 포장상태가 양호하여야 한다.

### 6.2 단위포장 내용량

「식품위생법」에서 정하는 기준에 적합하여야 한다.

## 7. 표시

### 7.1 표시사항

다음의 항목을 용기 또는 포장의 보기 쉬운 곳에 표시하며, 배추김치 중 묵은지의 경우 숙성기간과 포장일을 추가로 표시하여야 한다.

#### 7.1.1 인증규격명

#### 7.1.2 제조자

#### 7.1.3 제조연월일

#### 7.1.4 유통기한 또는 품질유지기한

#### 7.1.5 내용량

#### 7.1.6 원재료명 및 함량

#### 7.1.7 기타 표시사항

### 7.2 표시방법

다음에 따라 표시하여야 하되, 기재순서는 조정할 수 있다.

#### 7.2.1 인증규격명

“품목명”로 표시할 수 있다. 다만 배추김치 중 막김치는 ‘맛김치’로 표시할 수 있다.

#### 7.2.2 제조자

제조자명과 소재지를 기재하되, 「식품위생법」에 따라 “업소명 및 소재지” 또는 “영업장의 명칭(상호)·소재지”로 표시할 수 있다.

#### 7.2.3 제조연월일

「식품위생법」 또는 「축산물가공처리법」에 따라 표시하되 “제조일”로 표시할 수 있다.

#### 7.2.4 유통기한 또는 품질유지기한

「식품위생법」상의 규정에 따라 유통기한과 품질유지기한 또는 품질유지기한을 표시한다.

#### 7.2.5 내용량

「식품위생법」에 따라 표시한다.

## 7.2.6 원재료명 및 함량

「식품위생법」에서 규정하는 방법에 따라 기재하며, “배추”, “무”, “마늘”, “소금” 등과 같이 일반적인 명칭으로 기재한다. 또한 「농산물품질관리법」에 따라 원재료의 원산지를 표시하여야 한다.

## 7.2.7 숙성기간

배추김치 중 묵은지는 숙성기간을 “00개월 이상”과 같이 개월 단위로 표시한다.

## 7.2.4 포장일

배추김치 중 묵은지의 숙성기간은 9.2.3 제조연월일 기준에 준하여 표시한다.

## 7.3 표시금지사항

다음의 사항을 표시하여서는 안 된다.

### 7.3.1 품평회 등에서 수상한 것처럼 오인시키는 용어

### 7.3.2 표시 사항의 규정에 따라 표시된 내용과 모순되는 용어

### 7.3.3 그 밖의 내용물을 오인시킬 우려가 있는 문자, 그림 및 표시

## 7.4 표시권고사항

다음의 표시사항을 표시할 수 있다.

### 7.4.1 김치의 매운맛

제품의 표시면에 소비자가 알아보기 쉽도록 김치의 매운맛을 5.4(캡사이시노이드)에 따라 시험한 다음 표 5를 참고하여 그 함량에 따라 매운맛을 ‘순한맛’, ‘약간 매운맛’, ‘보통 매운맛’, ‘매운맛’, 또는 ‘매우 매운맛’으로 표시한다.

표 5 캡사이시노이드 함량에 따른 매운맛 구분

매운맛	캡사이시노이드 함량 (mg %)	SHU (scoville heat unit)
순한맛 (mild)	<0.3	<45
약간 매운맛 (slightly hot)	0.3-1.5.	45~200
보통 매운맛 (moderate)	1.5-3.0	200~450
매운맛 (very hot)	3.0-4.5	450~600
매우 매운맛 (extremely very hot)	>4.5	>600

## 8. 검사

### 8.1 제품검사

4.(시험방법) 따라 시험하고 3.1(품질기준) 및 6.(포장 및 내용량)에 적합하여야 한다.

[별첨 2]

특허, 논문, 제품(시장) 분석보고서

신청과제명	수출용 김치의 안전성 확보를 위한 아플라톡신 오염 방지기술 개발		
주관연구책임자	서혜영	주관기관	세계김치연구소

1. 본 연구관련 국내외 기술수준 비교

개발기술명	관련기술 최고보유국	현재 기술수준		기술개발 목표수준	비고
		우리나라	연구신청팀		
김치 중 아플라톡신 분석 기술	스페인	70	30	70	
김치 중 아플라톡신 저감화 기술	스페인	70	20	70	

2. 특허분석

가. 특허분석 범위

대상국가	국내, 국외(미국, 일본, 유럽)
특허 DB	특허정보원 DB(www.kipris.or.kr), Aureka DB
검색기간	최근 10년간(2002년 ~ 2012년)
검색범위	Title/Abstract/Claims

나. 특허분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명	김치 중 아플라톡신 분석 기술	김치 중 아플라톡신 저감화 기술
Keyword	(pepper* or herb* or Kimchi* or kim-chi* or Capsicum*) AND (Aflatoxin* or antiaflatoxi* or Aspergillus*) AND (detect* or determinat* or ELISA or enzyme link* or enzymelink* or analy* or Immunoaffinit* column*)	(pepper* or herb* or Kimchi* or kim-chi* or Capsicum*) AND (Aflatoxin* or antiaflatoxi* or Aspergillus*) AND (control* or inhibit* or reduc* or ferment* or microb* or antimicrob*)
검색건수	39	286
유효특허건수	0	0
핵심특허 및 관련성	특허명	
	보유국	
	등록년도	
	관련성(%)	
	유사점 차이점	

### 3. 논문분석

#### 가. 논문분석 범위

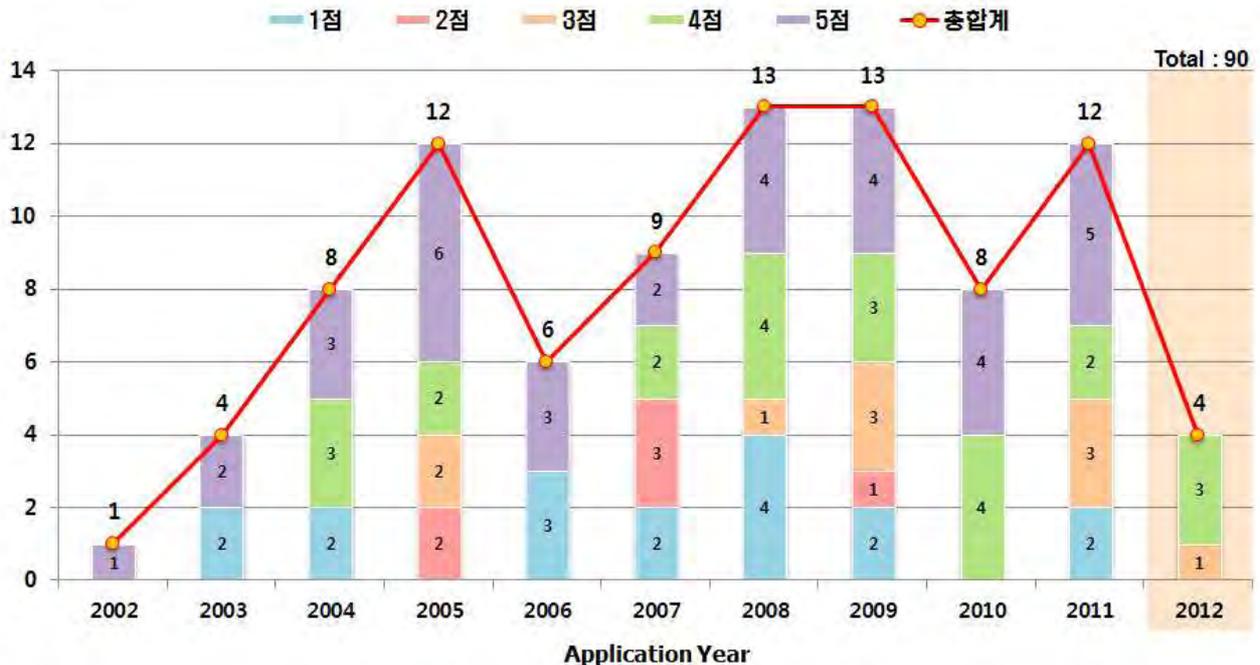
대상국가	미국, 일본, 유럽, 중앙아시아
논문 DB	Thomson Innovation(www.thomsoninnovation.com)
검색기간	최근 10년간(2002년 ~ 2012년)
검색범위	All text fields

#### 나. 논문분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

##### 1) 김치 중 아플라톡신 분석 기술

개발기술명		김치 중 아플라톡신 분석 기술	
Keyword		(red pepper* or herb* or Kimchi* or “Capsicum annuum”) And (Aflatoxin* or “Aflatoxin B1” or “Aspergillus flavus” or “Aspergillus parasiticus”) And (detection or determination or ELISA* or analysis* or Immunoaffinity column)	
검색건수		236	
유효논문건수		90	
핵심논문 및 관련성	논문명	Application of the ELISA and HPLC test for detection of aflatoxin in Pistachio	Aflatoxin in spices marketed in the west mediterrenian region of Turkey
	학술지명	<i>Scientific Research and Essays</i>	<i>Journal of Animal and Veterinary Advances</i>
	저자	Mehmet Ozaslan, Ilker Caliskan, Ibrahim Halil Kilic, Isik Didem Karagoz	Ozen Kursun, Ayse Gul Mutlu
	게재년도	2011	2010
	관련성(%)	70	60
	유사점	ELISA 와 HPLC를 이용한 아플라톡신 분석	시판되는 향신료 가공품의 아플라톡신 분석
차이점	본 논문은 견과류인 피스타치오의 아플라톡신 분석에 관한 논문이나, 해당 연구팀은 아플라톡신의 주요 오염식품 중 하나인 고춧가루가 첨가된 김치 중 아플라톡신의 분석 기술을 개발하고자 함	본 논문은 향신료의 아플라톡신 분석에 관한 논문이나, 해당 연구팀은 아플라톡신의 주요 오염식품 중 하나인 고춧가루가 첨가된 김치 중 아플라톡신의 분석 기술을 개발하고자 함	

• 아플라톡신 모니터링 관련 논문은 2008년부터 2009년에 최대 13편이며, 2002년부터 현재까지 총 90편의 논문이 발표됨



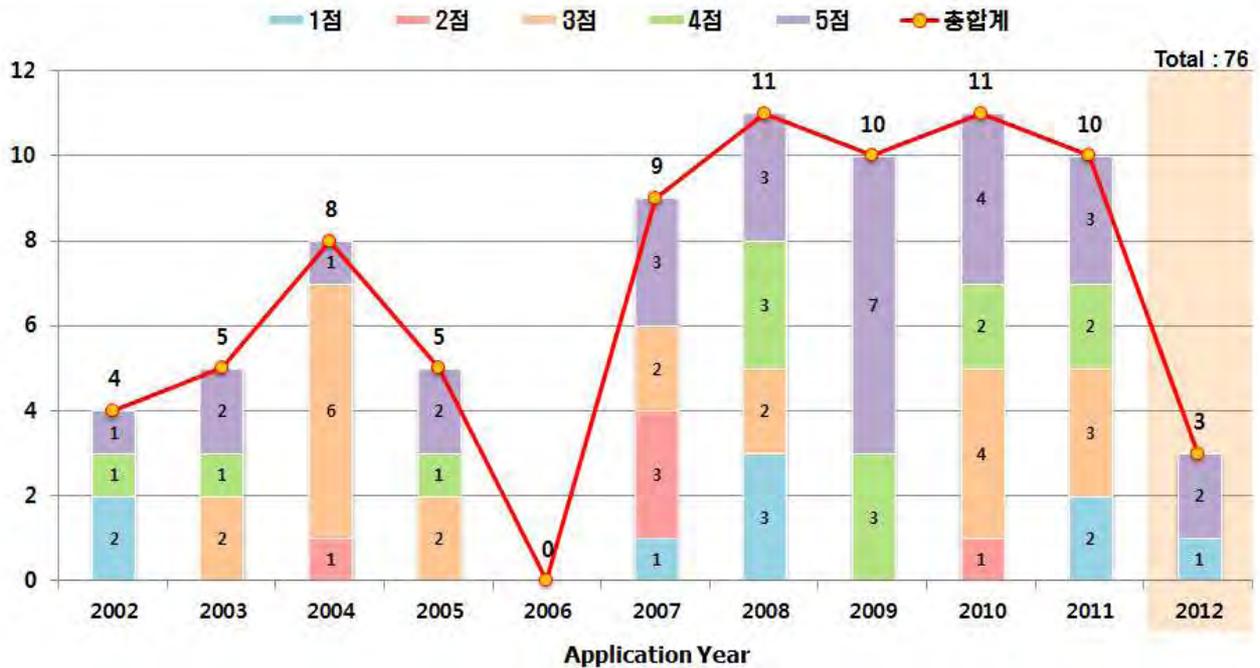
\* 관련도는 0점부터 5점까지로 관련성이 전혀 없는 논문은 0점, 관련성 높은 논문은 5점이며, 관련성 점수 0점인 논문은 분석에서 제외함

- 아플라톡신의 분석에 관한 논문은 2008년부터 2009년에 최대 13편으로, 2002년부터 총 90편의 논문이 게재되었으며, 대부분 중앙아시아, 유럽지역에서 유통되는 견과류, 유제품, 농산물 가공품 내 아플라톡신 및 오크라톡신을 분석하여 모니터링 한 내용이 주를 이루고 있음
- 아플라톡신은 대부분 HPLC 및 ELISA로 분석하며, 회수율을 높이기 위한 분석 방법에 관한 논문이 다수 보고되고 있음
- Aydin et al. (2007, *Food Cont.*)은 100개의 고춧가루 샘플의 아플라톡신 B<sub>1</sub>을 ELISA로 분석한 결과, 32개의 샘플에서 0.025 µg/kg 이하, 50개의 샘플에서 0.025~5 µg/kg로 검출되었으며, 18개 샘플에서 최고 한계치인 5 µg/kg 이상의 아플라톡신이 검출되었다고 보고함
- Ventura et al. (2004, *J. Chromatography*)는 허브인 *Rhammus purshiana*의 아플라톡신 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>를 liquid chromatography-tandem mass spectrometry를 이용하여 분석하였음. 아플라톡신의 회수율은 B<sub>1</sub>은 110%, B<sub>2</sub>는 89%, G<sub>1</sub>은 81%, G<sub>2</sub>는 77%였으며, 검출한계는 10ng 이었고, 정량한계는 25 ng이었음

## 2) 김치 중 아플라톡신의 저감화 기술

개발기술명		김치 중 아플라톡신 저감화 기술	
Keyword		(pepper* or herb* or Kimchi* or kim-chi* or Capsicum*) AND (Aflatoxin* or antiaflatoxi* or Aspergillus*) AND (control* or inhibit* or reduc* or ferment* or microb* or antimicrob*)	
검색건수		321	
유효논문건수		76	
핵심논문 및 관련성	논문명	고추 중 오크라톡신 A와 아플라톡신의 오염도 조사 및 저감화 방안 연구	아플라톡신 오염 및 저감화 방안
	학술지명	<i>Journal of Food Hygiene and Safety</i>	<i>Korean Journal Pharmacognosy</i>
	저 자	김동호, 장한섭, 김영민, 안종성	조소연, 강인호, 심영훈, 양동혁, 오세욱, 이병희, 현성예, 장승엽, 정춘식, 이용수, 김영식, 강신정
	게재년도	2009	2007
	관련성(%)	70	60
	유사점	아플라톡신 및 오크라톡신과 같은 곰팡이 독소의 오염도를 재배부터 수확후 유통까지 단계적으로 조사하였음. 수확후 건조과정에서 오염이 많이 되므로 고춧가루 제조과정에서 자외선조사 등에 의한 독소 생성균 초기오염도 저하노력이 필수적이며, 냉장유통체계의 유지를 곰팡이독소 생성 저감화 방안으로 제시함	농산물의 재배 중, 수확 전·후, 저장, 유통 중에 쉽게 오염이 가능한 아플라톡신의 생물학적, 화학적, 물리적인 제어방법을 제시하고 있음
	차이점	고춧가루에 대한 아플라톡신 및 오크라톡신의 정밀 분석한 결과만 나타내었음. 해당 연구팀은 김치 발효 중 아플라톡신의 변화 및 저감화 기술을 개발하고자 함	아플라톡신의 정성적인 제어 방법만을 제시하였음. 본 연구에서는 아플라톡신의 정량적인 제어 효과를 나타낼 수 있는 저감화 기술을 개발하고자 함

• 아플라톡신 저감화 관련 논문은 2008년과 2010년에 최대 11편으로, 2002년부터 최근까지 총 76편의 논문이 발표됨



- 아플라톡신의 저감화 및 제어에 관련 논문은 2008년과 2010년 최대 11편으로, 2002년 이후 최근까지 총 76편이 발표되었음. 관련 논문은 상위 3개(*International Journal of Food Microbiology*, *Food Control*, *Journal of Stored Products Research*) 저널에 18.42%의 논문이 게재되었으며, 스페인과 말레이시아에서 가장 많은 논문을 발표하였음.
- 아플라톡신 저감화에 관한 논문은 세이지, 바질, 민트와 같은 허브에 함유된 rosmarinic acid이 활성산소를 소거시키고 아플라톡신에 의한 cell damage를 감소시킨다고 보고된바 있으며(Renzulli et al., 2004, *J Appl. Toxicol.*), Paranagama et al. (2003, *Letters in Applied Microbial.*)는 쌀의 저장성을 증진시키기 위하여 lemongrass의 essential oil을 이용하여 아플라톡신을 저감화시킨 연구 결과를 발표하였음
- 최근 들어 농약 등과 같은 화학 약품에 대한 소비자의 거부감이 커지면서 천연 항균제를 이용하여 아플라톡신을 저감화시키는 연구가 많이 진행되고 있으며, 허브와 같은 2차 대사산물 함량이 높은 작물을 이용하여 아플라톡신과 같은 곰팡이 독소를 제어하는 기술이 많이 보고되고 있음.

## 4. 제품 및 시장 분석

### 가. 생산 및 시장현황

#### 1) 국내 제품생산 및 시장 현황

- 국내 김치생산 규모는 2조 3천억원 수준으로 추정되며, 시장규모는 꾸준히 증가하였으나 최근 증가속도는 둔화 추세임. 식생활 간편화, 핵가족화, 외식 및 단체급식 증가 등으로 인해 전체 시장에서 상품김치 비중이 지속적으로 증가할 전망이다

**표 1. 국내 김치 시장 규모**

구분	2001	2003	2005	2007	2009	2010
전체 김치시장(억원)	19,002	20,123	21,059	21,002	22,681	23,321
- 자가 제조	13,190	12,765	12,759	11,442	11,914	12,082
- 상품 김치	5,812	7,358	8,300	9,560	10,767	11,239
·가정용	1,843	2,458	2,102	2,179	2,194	2,495
·업소용	3,969	4,900	6,199	7,381	8,573	8,745
상품김치 비중	30.6%	36.6%	39.4%	45.5%	47.5%	48.2%

※자료 : 농림수산식품부, 2010

- 상품김치 시장은 가정용 상품김치와 업소용 상품김치 시장으로 나뉘며, 대기업은 가정용 상품김치 시장에 주력하고, 중소기업은 업소용 상품김치 시장에 주력하고 있음. 현재 국내 김치업체는 약 500여개 정도이며 매년 수십여개의 업체가 신설되고, 도산되고 있는 실정임
- 업체의 시장점유율은 대상FNF의 증가집 김치가 55%로 절대적 우위를 차지하고 있고, 나머지 농협, 한성식품, 동원F&B, 풀무원, CJ제일제당, 한울 등이 그 다음을 차지하고 있음.
- 대상 FNF 증가집 김치의 2010년 매출은 1,300억원으로 상품김치의 과학화를 위해 자체 유산균 균주를 개발하고 이를 접목한 상품을 출시하여 소비자 만족도가 높음. 현재 20여 개국에 수출하고 있으며 해외 시장 점유율을 높이기 위하여 기존 교민 위주의 시장에서 탈피하였으며, 현지인 대상 매출 확대를 위하여 현지인 식문화에 맞춘 다양한 제품을 개발 및 출시하고 있음
- 농협은 단위농협에 대한 투자를 확대하고 있으며, 최근 절임배추 사전계약을 진행하는 등 절임배추 시장의 성장에 기여하고 있음. 농협은 우리 농산물로 만들었다는 원료에 대한 신뢰성이 높다는 점과 12개 단위농협에서 생산하는 지역 특색 맛을 재현한 상품을 출시하고 있음
- 최근 배추, 고춧가루 등 김치 원부재료 가격 불안정으로 인해 상품 김치의 제조원가가 전반적으로 높아져 원가 부담을 이겨내지 못한 업체가 문을 닫는 상황이 속출하였으며, 시장에서도 부득이하게 판매가격 인상이 일어났음

## 2) 국외 제품생산 및 시장 현황

### □ 중국

- 중국에는 파오차이라는 배추, 무 등 채소와 닭발 등의 육류를 함께 버무려 고추, 생강과 함께 발효시킨 김치와 유사한 식품이 있음. 쓰촨성 파오차이는 중국에서 지명도가 가장 높은 파오차이로 최근 중국 정부는 쓰촨성에 파오차이 협회를 설립하고 김치를 벤치마킹하여 파오차이를 세계화하는데 주력하고 있음. 쓰촨성의 연간 파오차이 생산량은 약 100만톤, 생산량은 75억위안 수준임
- 중국 현지에서 생산되는 한국식 전통포장김치 브랜드는 약 20개 이상이며, 5개 업체가 시장의 약 70% 점유함. 중국내 유통되는 포장김치 중 70%는 현지인이 소비하고, 30%는 교민시장에서 소비하는 것으로 추정됨

**표 2. 중국내 김치 판매현황(마트 시장 조사)**

판매처	제조사명	원산지	상품명	용량	가격(위안)
1004마트	청도경북공식품	중국	경북공김치	1 kg	19
1004마트/이마트/까르푸	종가집	중국	종가촌김치	1 kg	23.9
1004마트/이마트	Nissi Food	중국	부자아빠김치	1 kg	18
1004마트/이마트/까르푸	종가집	중국	종가촌김치	300 g	15
1004마트/이마트/까르푸/테이스트	종가집	중국	종가촌김치	200 g	9.5
까르푸/테이스트	한성식품	한국	한성김치	500 g	43.9
	一只鼎食品	중국	韓式泡菜	500 g	12.7

- 중국 로컬시장에서 김치에 대한 인지도는 지속적으로 높아지고 있으며, 한류 등으로 한국 문화에 익숙한 상대적으로 젊은 계층의 소비가 많은 것으로 판단되며, 2003년 북경에 김치제조공장을 설립한 대상의 종가집 김치의 시장점유율이 약 35% 수준으로 가장 높고, 경북공김치, 부자아빠김치 등 중국 전역에 유통되는 브랜드가 2~3위, 그 외 기타 각 성별로 생산 및 소비되는 브랜드들이 경쟁하는 상황임
- 포장김치의 주요 유통경로는 한인마트이고, 주류시장 대형유통업체는 고급매장 위주로 입점되어 있으며, 로컬시장의 고급 유통매장에 입점되어 있는 포장김치의 주 소비자들은 고소득 중국 현지인이 대부분인 것으로 조사되고 있음. 특히 중국은 인구가 매우 많은 국가로 김치 시장이 주류시장으로 확대될 경우 막대한 경제사회적 파급효과를 기대할 수 있음

### □ 일본

- 일본 소비자는 산미에 매우 민감한 반응을 보이며 특히 조미료로 절인 일본 김치의 경우 발효가 진행되면 풍미가 떨어져 상품성이 없기 때문에 유통기간을 짧게 설정하고 있음

- 일본 내 중국산 김치는 2000년대 들어 증가하기 시작하여 2004~2005년에는 전체 시장 규모의 5% 정도를 차지한 것으로 추정되며, 2005년 기생충 알 파문으로 감소하기 시작하여 2007년 이후 중국식품 위생에 대한 부정적인 이미지로 현저히 감소하였으나, 최근 저가 할인점 또는 외식업체를 중심으로 서서히 증가하는 추세임

표 3. 일본내 김치 판매현황

제조업체	판매 쉐어(%)	원산지	가격(엔)	용량(g)
동해 쓰게모노	18.7	일본	309	320
푸드라벨	9.1	한국	379	400
북일본푸드	7.4	일본	339	330
빈고 쓰게모노	6.5	일본	349	650
동해 쓰게모노	5.3	일본	193	100
에바라식품공업	4.1	일본	396	400
CGC-Japan	3.7	한국	282	400
푸드라벨	3.1	한국	278	250

※자료 : 박건영, 한국식품영양과학회 산업심포지엄, 2011

- 식품 위생 안전에 민감한 일본은 아플라톡신의 오염도가 높은 고춧가루의 위생기준을 강화하여 2012년 4월 1일부터 고춧가루가 첨가된 식품의 아플라톡신 오염 여부(기준 : 총 아플라톡신 함량 10 ppb 이하)를 조사하기 때문에 일본 수출용 김치의 아플라톡신 오염 여부 및 저감화 기술 개발이 필수적임
- 이미지 측면에서 여전히 한국산 김치는 “본고장의 맛”이라는 이미지를, 일본산 김치는 “안전하다”는 이미지를 보유하고 있고, 중국산 김치는 “품질 면에서 안심할 수 없다”는 부정적인 이미지가 강함
- 일본에서는 유산균발효를 시킨 일본식 김치 “고야산 무절임”, 유자와 치자 황색소를 사용하여 뒷맛이 깔끔한 “히로시마 컵 김치”, 콜라겐을 첨가하여 기능성을 부여한 “여고생 김치” 등 응용 김치 제품이 다수 출시되고 있음



<고야산 무절임>

<히로시마 컵 김치>

<여고생 김치>

그림 1. 일본에서 판매중인 무절임 및 김치 제품

## 나. 개발기술의 산업화 방향 및 기대효과

### 1) 산업화 방향

- 곰팡이 독소의 위험성이 알려지면서 2012년 4월 1일부터 일본에 수출되는 김치는 아플라톡신 시험 성적서를 첨부해야 수출이 가능해졌음. 또한 현재는 아플라톡신 시험 성적서 첨부가 일본만 해당되지만 타 국가로 확대될 가능성이 매우 높은 실정임. 하지만 국내는 아플라톡신 분석에 대한 기술이 거의 개발되지 않았으며, 아플라톡신과 같은 곰팡이 독소의 저감화 기술도 미미한 수준임. 따라서 본 연구과제에서 아플라톡신의 분석 및 저감화 기술을 개발하여 김치 수출업체에 아플라톡신 분석을 지원해주며, 김치 양념 제조 단계에서 아플라톡신 생성균 등 미생물을 저감화할 수 있는 살균장치가 부착된 혼합장치를 김치제조업체에 보급하고자 함.

### 2) 산업화를 통한 기대효과

- 일본을 비롯한 외국으로의 식품 및 농산물 수출은 검역으로 인해 쉽지 않은 일이며, 특히 위생 기준에 걸려 수출이 거절된다면 다시 수출의 문이 열리기까지 많은 노력이 요구됨. 따라서 최근 들어 위험성이 더욱 부각되고 있는 아플라톡신의 정확한 분석방법과 저감화 기술이 개발된다면 보다 안전한 김치를 생산할 수 있고, 국내산 김치가 안전하다는 인식을 심어줄 수 있으며 국제적으로 그 파급효과는 더 클 것으로 기대됨

(단위 : 백만원)

항 목	산업화 기준	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과		900	1,000	5,000	6,000	6,500	18,500
경제적 파급효과		900	1,000	5,000	6,500	6,800	19,300
부가가치 창출액		900	2,000	6,000	7,000	7,500	22,500
합 계		2,700	4,000	16,000	19,500	20,800	60,300

- 1) 직접 경제효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치
- 2) 경제적 파급효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통한 농가소득효과, 비용절감효과 등 추정치
- 3) 부가가치 창출액 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 수출효과, 브랜드가치 등 추정치

## 5. 3P(특허,논문,제품)분석을 통한 연구추진계획

### 가. 분석결과 향후 연구계획(특허, 논문, 제품 측면에서 연구방향 제시)

#### 1) 특허분석 측면

- 아플라톡신 관련 특허는 국내외 모두 출원 및 등록된바 없으나, 아플라톡신 생성균 등 미생물을 저감화할 수 있는 장치를 개발하여 특허를 출원하였음

## 2) 논문분석 측면

- 기존 논문을 분석해본 결과, 기존의 아플라톡신 관련 선행 연구는 주로 견과류 및 유제품의 아플라톡신 함량 분석 분야에 치중되어 있으며, 일부 고춧가루의 아플라톡신 함량에 대한 논문이 보고된 바 있음. 하지만 김치와 같이 아플라톡신 오염원인 원료를 이용하여 제조 및 발효시킨 식품에서의 아플라톡신 함량, 분석법, 저감화 기술 등에 관한 논문은 보고된 바 없으므로, 본 연구과제에서는 김치 내 아플라톡신 함량 분석 및 분석방법 정립, 김치 생산 공정에서의 아플라톡신 저감화 기술 및 발효 단계별 아플라톡신 함량 변화 등에 관한 연구를 추진하여 김치의 위생 안전성을 높이고자 함
- 본 연구과제 결과를 한국식품저장유통학회지에 게재하였으며, 모니터링 결과는 SCI 학술지(Food Control 등)에 투고 중에 있음

## 3) 제품 및 시장분석 측면

- 국내 시장 분석 결과 현재는 김치의 아플라톡신에 대한 검사는 진행되지 않고 있으며, 이와 관련된 분석방법 및 저감화 기술 등의 개발사례가 보고되지 않고 있음. 하지만 이미 일본에서는 고춧가루가 첨가된 식품에 대해 아플라톡신 검사를 의무화했으며, 일본은 우리나라의 최대 김치 수출시장이므로 이 분야에 대한 연구를 진행할 필요가 있음. 현재는 아플라톡신 검사 의무화를 일본에서만 진행하나, 기타 국가에서도 요구할 가능성이 높고, 내수 시장에서도 김치의 안전성을 알리기 위해 아플라톡신의 저감화 기술이 진행되어야 하고, 이를 위해서는 아플라톡신의 정확한 분석방법 개발이 선행되어야 함
- 현재는 HPLC를 이용하여 아플라톡신을 분석하는 방법이 일반적이거나, 성능이 보다 강화된 ultra-HPLC를 이용한 분석방법을 개발하여 회수율을 높이고, 검출 한계 및 정량 한계를 낮출 수 있는 진화된 아플라톡신 분석법을 개발하였음
- 김치 제조공정 및 숙성과정 중 아플라톡신 함량을 분석하여 아플라톡신의 오염원인 구명 및 발효에 따른 아플라톡신 함량 변화를 분석하고, 아플라톡신의 구조를 변형할 수 있는 물리화학적 기술을 적용하여 김치 중 아플라톡신 저감화하고자 하였으며, 물리적 처리 기술로 UV-LED를 이용한 살균기능을 갖는 혼합장치를 고안하였음

## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.