

발간등록번호

11-1541000-001240-01

보안과제(), 일반과제(○)

108145-3

정량적 위험분석기법을 이용한 산지형 고추가공업체의 안전관리기술 개발

(Development of safety management technology for red pepper processing
factory based on quantitative risk assessment)

정량적 위험분석 모델 개발(제1세부)

(Development of quantitative risk assessment model)

미생물 위해인자 분석(제2세부)

(Analysis of microbiological hazard)

한국식품연구원

농림수산식품자료실



0004539

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “정량적 위험분석기법을 이용한 산지형 고추가공업체의 안전관리기술 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2011년 12월 19일

주관연구기관명 : 한국식품연구원

주관연구책임자 : 김 현 정

세부연구책임자 : 구 민 선

연 구 원 : 박 재 복

연 구 원 : 전 향 숙

연 구 원 : 김 윤 지

연 구 원 : 홍 석 인

연 구 원 : 오 세 옥

연 구 원 : 장 현 주

연 구 원 : 이 나 리

연 구 원 : 최 성 옥

연 구 원 : 백 승 엽

연 구 원 : 정 아 람

참 여 업 체 : 동심코칠리

요 약 문

I. 제 목

정량적 위험분석기법을 이용한 산지형 고추가공업체의 안전관리기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라 주요 농산물이며 대표적인 다소비 식품인 고추의 안전성 확보와 국내 고추가공업체의 경쟁력 확보를 위하여 고추 가공공정 및 제품의 잠재적 위해인자를 구명하고 정량 위험분석 모델을 개발하는 한편, 위험분석 결과와 제어 시스템을 연구를 바탕으로 산지형 고추가공업체의 안전관리기술을 개발하고자 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 고춧가루 가공 중 물리화학적, 미생물 위해인자에 대한 위험분석

(1) 정량적 위험분석 모델 개발을 위한 주요 인자 도출 및 분석

(2) 고춧가루 가공 중 화학적, 물리적 위해인자 분석

- 잔류농약 13종, 중금속 3종 분석

- 확률위험분석 모델 개발 (잔류농약, 곰팡이독소, 중금속)

(3) 물리화학적 위해인자의 정량적 위험분석

(4) 미생물 위해인자의 정량적 위험분석

- 미생물 위해인자의 오염원 확인

- 안전지표 및 위해 지표 미생물의 정량 위험분석모델 개발

- 고춧가루 가공 중 미생물 위해인자의 위험분석

(5) 위험분석결과를 이용한 현장 모델 적용연구

- 물리적 제어기술 적용

- 현장적용 미생물 제어시스템 (안) 제안

2. 고춧가루 가공 중 미생물 위해인자에 대한 분석 및 특성 연구

(1) 시판 고춧가루 및 원료의 미생물 위해인자 분석

- 시료 수집, 미생물 정성 및 정량 분석

(2) 고춧가루 공정 시료의 미생물 정성 및 정량 분석

- 시료 수집, 미생물 정성 및 정량 분석

- 안전지표 및 위해 지표 미생물 도출

(3) 안전지표 미생물 및 위해 미생물의 성장특성연구

(4) 현장적용 미생물 제어 시스템 연구

- 공정별 살균 요인을 적용을 위한 감수성 연구
- 미생물 감수성을 이용한 모델 제어시스템 연구

IV. 연구개발결과

본 연구는 HACCP 에서 위험분석기반 위생관리로 전환되는 세계적 경향에 선도적으로 대처하여 국내 고추가공산업의 경쟁력을 강화하고자 산지형 고추가공업체를 대상으로 고추 가공공정 및 유통 시 환경영향인자와 잠재적 미생물 위해인자를 구명하고 정량정보를 분석함으로써 고추 가공공정 중 위해인자에 대한 정량적 위험분석 모델을 개발하는 한편, 위험분석결과와 현장적용 미생물 제어 시스템을 연구로 바탕으로 국제수준의 고추가공품 생산을 위한 미생물 안전관리기술을 개발하고자 수행되었다.

우선 기존 고춧가루 원료, 제품 및 생산 단계의 정성 위해인자의 범위와 위험성을 분석한 후 물리화학적 위해인자의 경우 잔류농약, 곰팡이독소 및 중금속을 대상으로 선정하였다. @Risk 프로그램을 이용하여 고춧가루 섭취에 의한 확률위험분석 모델을 개발하고 몬테카를로 시뮬레이션함으로써 현실을 반영한 오염 및 노출수준을 추정하였다. 분석 대상 위해인자는 잔류농약 중 오염물, 오염도가 높은 chlorpyrifos, cypermethrine, 곰팡이독소 중 고춧가루에 대한 기준이 설정된 아플라톡신 그리고 중금속 중 잠정주간섭취허용량이 설정된 납과 카드뮴이었다. 유통 고춧가루 및 원료에서 위해인자를 분석하고 정량적 위험분석을 수행한 결과를 종합하면 다음과 같다.

고춧가루 중 일부 시료에서 MRL 이상의 잔류농약이 검출되었으나 고춧가루 섭취에 의한 잔류농약의 노출은 95th percentile 노출수준에서도 ADI의 0.04% 미만으로 위해도가 낮게 평가되었다. 아플라톡신의 경우 본 과제에서 분석한 결과뿐 아니라 최근 5년간 발표된 고춧가루 중 아플라톡신 오염물 및 오염도 결과를 통합하여 오염수준을 추정한 결과 99th percentile 오염수준에서 아플라톡신 B₁의 기준치인 10 µg/kg의 50% 수준 이하로 오염된 것으로 추정되었다. 납과 카드뮴 역시 잠정주간섭취허용량에 크게 하회하는 것으로 분석되어 위해도가 낮음을 보여주었다. 시판 유통되고 있는 포장제품에서는 고춧가루 중 화학적, 물리적 위해인자에 대해 설정된 HACCP 가이드라인을 잘 준수하고 있는 것으로 분석되며 이들 위해인자는 원료 생산단계에서 관리되어야 할 것으로 사료된다.

고춧가루 중 미생물 위해인자의 위험성을 분석하기 위하여 시판 고춧가루의 미생물학적 품질을 분석한 결과 바실러스 세레우스를 제외하고 위해미생물인 살모넬라, 황색포도상구균, 리스테리아 모노사이토제네스, 아플라톡신 생성 곰팡이 등은 검출되지 않았다. 고춧가루의 최근 개정된 식품위해요소 중점관리기준에 의하면 바실러스 세레우스 등 병원성 미생물이 원료에서 음성이어야 한다고 제시하고 있어, 고춧가루에서 바실러스 세레우스 오염에 대한 예방 및 제어기술을 개발할 필요가 있다. 이에 원료에서 제품까지 고춧가루 생산 공정 시료를 수집하고 미생물을 분석하였다. 분석항목은 시판 고춧가루의 경우와 같았으며 미생물 정성 및 정량 오염결과로부터 안전관리 지표 및 위해 지표 미생물을 선정하였다. @Risk 프로그램을 이용하여 고춧가루 생산 단계에서 안전관리지표 및 위해지표 미생물 추이에 대한 정량적 위험분석 모델을 개발하고 몬테카를로 시뮬레이션하여 안전관리 옵션에 대한 과학적 근거를 제공하였다. 한편 주요 위해 미생물과 안전관리 지표균의 생육 특성을 고춧가루 분리주를 이용하여 분석하고 1차, 2차 증식예측모델을 개발하였다. 그 결과, 식품 분리주에서 동력학적 증식특성의 변이성 (variability)가 관찰되었으며 이 결과는 위험분석 등 식품안전연구에 기초 자료로 활용될 수 있다. 아울러 rep-PCR을 이용한 고춧가루 생산 공정 유래 바실러스 세레우스의 genotyping으로 제품 중 미생물 오염이 원료로부터 이행되거나 공정 중 교차오염에 의하여 발생됨을 확인하였다. 이 결과는 고춧가루 제품 중 미생물을 제어하기 위해서는 최종 제품, 원료, 제조 공정 라인 중 오염된 미생물을 제어함으로써 원료에서 이행하거나 교차오염을 예방하는 것이 효과적임을 보여준다.

이에 최종 제품 중 미생물 위해를 제어하기 위하여 원료, 공정 및 제품 단계에서 물리적, 화학적, 생물학적 제어 기술의 적용 가능성을 시험하였다. 우선 원료 건고추 또는 고춧가루에 적용할 수 있는 물리적 방법의 경우 초고압과 플라즈마 기술을 선택하여 미생물 변화를 분석하였다. 300-600 MPa의 압력을 가하여 총균수의 변화를 측정된 결과 초고압 처리에 의해 미생물 오염도가 변화하지 않았다. 플라즈마 원으로 아르곤 가스를 사용하여 처리했을 때 총균수가 감소되지 않아 플라즈마 처리에 의하여 건조 고추 중 오염된 미생물을 제어하기 어려웠다. 결과적으로 물리적 스트레스에 의한 건조 고추 (고춧가루 원료) 및 고춧가루 (최종 제품)에서 미생물 제어 가능성은 낮은 것으로 사료된다.

고춧가루 상태에서는 제품의 성상을 유지하는 상태에서 미생물의 제어가 매우 어렵기 때문에, 원초 (생고추)의 미생물학적 오염도를 낮추는 방안을 검토하였다. 원초의 세척 방법으로 초음파처리와 교반방법을 이용하여 세척 효과를 분석한 결과 두 방

법간의 차이가 없었으며 고추 건조 전 생고추 상태일 때 교반하면서 세척하면 고추의 균수가 감소될 수 있음을 확인 하였다. 또한 고추 세척 시 재오염을 방지하기 위한 방법 중 하나로, 천연물이면서 바실러스 세레우스에 대한 항균효과가 있는 acetic acid와 ascorbic acid를 세척액에 첨가하여 총균수와 바실러스 세레우스에 미치는 영향을 확인하였다. Ascorbic acid는 바실러스 세레우스 제어에는 효과적이지만 고추 상재균은 제어하지 못했고, acetic acid는 바실러스 세레우스 외에 기타 고추 상재균에도 효과가 있음을 확인하여, 원초의 세척 시 acetic acid 첨가가 물만을 이용한 세척보다 효과적일 것으로 예측되었다. 아울러 고춧가루 분리주의 살균 세척제에 대한 저항성을 분석하고 균주 간 변이성을 밝혀 공정 세척 및 원료 오염 제거 시 사용할 수 있는 적절한 살균 세척제의 적용 가능성을 제시하였다. 결론적으로 고춧가루의 미생물을 제어하기 위해서는 원초의 효율적인 세척을 통한 미생물 저감화가 반드시 요구되며, 또한 제조된 고춧가루는 적절한 저온 처리/보관을 통하여 미생물 오염도를 낮출 수 있을 것으로 예상된다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

본 연구를 통하여 우리나라 주요 농산물이며 대표적인 다소비 식품인 고추의 안전성 확보와 국내 고추가공업체의 경쟁력 확보를 위하여 고추 가공공정 및 제품의 잠재적 위해인자를 구명하고 정량 위험분석 모델을 개발하여 안전관리 옵션에 대한 과학적 근거를 제공하였다. 아울러 고춧가루 제품 중 미생물을 제어하기 위해서는 최종 제품, 원료, 제조 공정 라인 중 오염된 미생물을 제어함으로써 원료에서 이행하거나 교차오염을 예방하는 것이 효과적임을 확인하였다. 또한 고춧가루 원료, 공정 및 제품 단계에서 물리적, 화학적, 생물학적 제어 기술의 적용 가능성을 분석하고 비교하여 안전한 고춧가루 생산을 위한 안전관리 시스템(안)을 제안하였다. 도출된 연구 결과의 일부는 특허출원, 학술지 게재 및 학술 발표하였고 앞으로 관련 기술의 해외 홍보를 위해 국내외 전문 학술지 게재 및 특허출원을 추가로 진행할 예정이다. 본 연구에서 수행된 고춧가루 제조와 관련된 물리화학적 및 미생물 위해인자의 위험분석 결과와 고춧가루 유래 위해미생물의 증식, 감수성 및 제어 특성 연구 결과는 산지형 고추가공업체에서 안전성이 확보된 고춧가루 제조 시 지침 작성 및 국가적 안전관리를 위해 바실러스 세레우스 등의 정량기준 설정 연구 등에 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 아울러 고추는 쌀과 함께 우리나라 주요 농산물로 국내 고추가공업체의 경쟁력 확보를 위한 정부의 안전관리 옵션 개발 등에 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

SUMMARY

Red pepper has been used worldwide as powder types, pastes, pickles, oleoresin, and sauces because of its unique taste and flavor. Most red peppers are consumed as red pepper powder with the annual consumption amount of 2.5-3.5 kg per capita in South Korea. Its retail market scale is estimated at one billion dollars a year. Consumer demands for packaged red pepper powder products have sharply increased. As consumers' interests in food safety have recently increased, the microbiological quality of agriculture products as well as physicochemical hazards has gained recognition as important issues for food safety in South Korea. Completely eliminating hazards produced during food processing or incorporated from the environment is often made difficult by technical constraints and prohibitive cost. Risk assessment tools, based on the harmful effect of dietary exposure to hazards through food consumption on human health, have been used to derive options for food safety management. In this respect, residual pesticides, aflatoxin and heavy metals as physicochemical hazard as well as microbiological hazards in red pepper powder were analyzed to estimate the risk of hazards due to dietary exposure.

We perform the probabilistic risk assessment (PRA) using distribution functions for major variables, as opposed to deterministic risk assessment based on single values such as the mean value of contaminations, because PRA could provide detailed outcomes that suggest more informed risk management options. We developed a PRA model using a tiered approach, which begins with qualitative and deterministic information and ends with quantified and probabilistic outcomes. The PRA model developed in this study includes an analysis of current literature, instrumental analysis, definitions for probabilistic distribution function for major variables, and the construction of a probabilistic model using Monte Carlo simulation. The developed model was applied to the risk assessment of the physicochemical hazards in red pepper powder, a major condiment in Korea. In case of residual pesticides in red pepper powder, 13 pesticides of a wide range of pesticides were analyzed using GC-MSD, and chlorpyrifos and cypermethrin were selected for PRA modeling. As a result of

the Monte Carlo simulation, the estimated dietary exposure to pesticide residue from the consumption of red pepper powder was below 0.04% of the acceptable daily intake for 95th percentile exposure. We estimate the risk of dietary exposure to aflatoxin and heavy metals (Pb and Cd) in red pepper powder to obtain the overall hazard index is very low, suggesting that the Korean population is not at risk of aflatoxin and heavy metals from the consumption of red pepper powder.

Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) guidelines on red pepper powder production have recently recommended that no foodborne pathogens, including *Bacillus cereus*, should be contaminated in raw materials (fresh or dried red pepper). However, little information is available on microbiological contamination of commercial red pepper powder products. We examined the prevalence and concentration of total viable counts, Enterobacteriaceae, coliform, yeast and mold as indicator microorganisms, as well as foodborne pathogens such as *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *B. cereus* and *Aspergillus flavus* in fresh red pepper and packaged red pepper powders commercially available in South Korea. Foodborne pathogens, except *B. cereus* were not detected in commercial packaged red pepper powder products. *B. cereus* is a soil-borne microorganism which is widely distributed in the natural environment, such as earth, water, and dust. The *B. cereus* contamination of dry red pepper might occur during cultivation or drying of fresh red pepper. Enterobacteriaceae and coliform were detected in both fresh red pepper and red pepper powders. We also determined the microbial hazards for the samples of red pepper powder processing. The prevalence of *B. cereus* was determined in red pepper powder samples obtained from various processing steps, swabs of machinery surfaces, and air samples of the processing room during red pepper powder production. The detection rate of *B. cereus* was high in samples of raw materials and washing steps. *B. cereus* was detected in 2.9% of the samples for the swabs. The genetic similarity of *B. cereus* isolates obtained from various processing steps was compared to identify the sources of contamination for red pepper powder using the repetitive-sequence-based PCR method. For 20 isolates of *B. cereus* from the two independent samplings, half of the isolates clustered consisting two or more isolates with a similarity greater

than 95%. The prevalence of *B. cereus* and molecular typing result suggest possible routes of contamination, such as the transfer of clone contaminated in raw materials to the red pepper powder and cross contamination during processing. Foodborne pathogens except *B. cereus* were not detected in the samples from red pepper powder processing. The probabilistic exposure model was developed for red pepper processing using the contamination data to suggest the change of level of *B. cereus* along the processing. Based on this result, more intervention studies to prevent pathogen contamination during red pepper powder processing are needed to insure a good hygienic level of products.

We examine the physical and chemical control methods to reduce the microbial contamination in raw materials, processing steps, and red pepper products. Physical stresses including high pressure and plasma were applied to dried red pepper as raw material and red pepper powder but the microbial levels indicated by total viable cell counts were not decreased. In order to reduce the microbial load of raw materials for red pepper processing, it is essential to control the level of contamination in fresh red pepper before drying process. Effects of washing and antimicrobial agents were determined to reduce the microbial contamination in raw materials and processing steps. Mitigation strategies for reduction of pathogen contamination on the red pepper powder product was suggested based on the effects of management and intervention strategies attempted in this study. It is important to consider any changes from a holistic view of the system to maintain a successful, efficient red pepper powder production.

CONTENTS

SUMMARY	5
CONTENTS	12
Chapter 1. Introduction	14
Section 1. Research objectives	14
Section 2. Research background	14
1.Economical and industrial aspect	14
2.Technical aspect	15
Section 3. Research scope and contents	17
Chapter 2. Current status of technology development	20
Chapter 3. Scope and results of the research	25
Section 1. Materials and methods	25
1. Materials	25
2. Methods	25
Section 2. Results of the research	35
1. Quantitative risk assessment of physicochemical and microbiological hazards ·	35
2. Development of quantitative risk assessment models	50
3. Development of risk mitigation strategies	88
4. Analysis of microbiological hazards	98
5. Growth characteristics of selected microbiological hazards	113
6. Study on the microbial control system	115
Chapter 4. Accomplishment and contribution of research results	128
Chapter 5. Application plan for research results	129
Chapter 6. Foreign information collected during this research	130
Chapter 7. References	135
Appendix	141

목 차

요약문	5
목차	12
제 1 장 연구개발과제의 개요	14
제 1 절 연구개발의 목적	14
제 2 절 연구개발의 필요성	14
1. 경제적·산업적 측면	14
2. 기술적 측면	15
제 3 절 연구개발의 범위	17
제 2 장 국내외 기술개발 현황	20
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	25
제 1 절 실험 방법	25
1. 실험 재료	25
2. 실험 방법	25
제 2 절 연구개발 수행 결과	35
1. 정량적 위험분석 모델 개발을 위한 주요인자 도출 및 분석	35
2. 고추 가공공정에 대한 정량적 위험분석 모델 개발	50
3. 정량적 미생물 위험분석결과의 현장 모델 적용기술 개발	88
4. 고춧가루 미생물 위해인자 도출을 위한 미생물 프로파일링	98
5. 오염지표 미생물 및 잠재위해미생물 성장특성 연구	113
6. 현장적용 미생물 제어 시스템 연구	115
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	128
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	129
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	130
제 7 장 참고문헌	135
부 록	141

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절. 연구개발의 목적

HACCP에서 위험분석기반 위생관리로 전환되는 세계적 경향에 선도적으로 대처하여 국내 고추가공산업의 경쟁력을 강화하고자 산지형 고추가공업체를 대상으로 고추 가공공정 및 유통 시 환경영향인자와 잠재적 미생물 위해인자를 구명하고 정량 정보를 분석함으로써 고추 가공공정 중 위해인자에 대한 정량적 위험분석 모델을 개발하는 한편, 위험분석결과와 현장적용 미생물 제어 시스템을 바탕으로 국제수준의 고추가공품 생산을 위한 미생물 안전관리 기술을 개발하고자 한다.

제 2 절. 연구개발의 필요성

1. 경제적 · 산업적 측면

국내 연간 고추생산량은 건고추 기준 12 - 16 만 톤이며, 국민 일인당 소비량은 연간 2.0 - 3.5 kg으로 쌀 다음으로 농가소득에 대한 기여도가 높은 동시에 우리나라의 대표적인 다소비 식품의 하나이다. 국내 연간 건고추의 시장규모는 약 1 조원으로 이중 가정용 고춧가루의 시장규모는 연간 7,000 억 원, 식품가공업체에서 김치, 고추장, 양념류 등에 사용되는 시장규모는 약 2,500 억 원이다.

중국은 세계 최대 규모의 고추 생산국으로 2003년 기준 1,200 만 톤을 생산하였으며 건고추 수출량만을 기준으로 할 때 2000년 5.4 만 톤에서 2004년 7.3 만 톤으로 연평균 8% 이상 증가하고 있다. 우리나라는 말레이시아, 인도네시아 등과 함께 주요 수출대상국이다. 2007년도 약 5.2 만 톤의 고추가 수입되었으며 2006년의 경우 약 8.3 만 톤이 수입되어 국내 고추산업의 위협요인이 되고 있다.

국내 고춧가루 시장은 2008년 상반기 기존 가정용 고춧가루시장에 대기업이 진출하면서 고춧가루는 건고추로 상징되는 농산물의 범주에서부터 상품화된 가공식품으로 인식이 전환되는 추세이다. 현재 소비자의 약 43%가 상품고춧가루를 구입하여 사용하고 있는데 이는 건고추를 구입 후 가정에서 고춧가루를 제조하여 소비하는 비율인 47%에 육박하므로 고춧가루의 안전성 확보가 요구된다.

아울러 식품원료로 사용되는 고추의 양은 세계적으로 증가하는 추세인데, 특히 미국의 경우 1985년 대비 2001년에는 80%이상 증가하였고 미국 양념류 시장의 소비 형태는 고추가 42%로, 후추에 이어 두 번째로 많이 사용되고 있다 (American Spice Trade Association).

이와 같이 국내외적으로 상품고춧가루 시장 기반이 다져지고 있으며 가격 경쟁력이 있는 중국산 제품과 국내외 시장에서 차별화를 위해서는 고품질 고춧가루 생산기술이 필수적이며 특히 안전성이 확보된 제품 생산기술이 요구된다.

2. 기술적 측면

고춧가루에 대한 국내규격이 제정된 이후 섯가루 등 이물질과 잔류농약 등 화학적 오염에 대한 안전도는 제고되고 있다. 특히 2007년 고춧가루 제조공정 중 금속제거 장치 설치가 의무화 되는 등 (식품의 기준 및 규격 중 개정 고시 제 2007 - 68호) 기존 알려진 위해에 대한 안전관리에 중점을 두고 있다.

국내소비자의 건고추 구입시 고려사항은 품질을 고려하는 비율이 47.0%로 가장 높으며, 다음으로 생산지 22.6%, 외양 10.4%, 가격 8.5%등을 고려한다고 발표되었다. 건고추 건조방법별 선호 이유로 약 12%의 소비자가 안전성을 이유로 들었다 (농수산물 유통공사, 2006).

고춧가루 중 미생물 위해에 대해서는 곰팡이수가 20%를 초과하지 못하도록 되어 있으며 HACCP 인증을 위해서는 *Bacillus cereus* 등 병원성 미생물이 검출되지 않아야 한다고 규정되어 있다. 국내 고춧가루의 품질은 주로 제품의 색상, 수분, 회분, 산불용성 회분, 위하물, 타르색소, 캡사이신 함량, 입도 및 이물을 대상으로 검사하고 있는 반면 미국과 일본의 경우 미생물을 검사하며 특히 일본의 경우 일반세균수, 대장균군 등을 검사하고 있다 (천석조, 2005)

일본은 병원성 미생물 불검출은 물론, 총균수 기준 2×10^4 CFU/g, 내열성 세균 기준 1×10^3 CFU/g 이하의 미생물 규격에 따라 규제하고 있어 일본 시장에 진출하기 위해서는 미생물 안전이 확보된 제품 생산이 필수적이며 특히 저가의 중국산 제품과 경쟁하기 위해서는 고품질 안전 고춧가루의 생산이 선행되어야 한다 (식품의약품안전청, 2007).

특히 국제 식품박람회 페루 등 남아메리카에서 생산된 고춧가루분말의 경우 일반 미생물 수준을 일본 기준인 2.0×10^4 CFU/g 수준 이하로 출품하는 등 국제시장의 동향은 화학적 안전에서 나아가 미생물학적으로도 안전성이 확보된 제품을 개발하는 추세라고 할 수 있다. 따라서 향후 고춧가루 수출을 위해서는 이물질, 화학적 오염에서 한발 더 나아가 미생물학적으로 위생적인 제품 생산기술이 필요하다.

지금까지 식품 안전 관리는 주로 HACCP에 근거하여 이루어져 왔는데 세계 식품 통상을 관할하는 WTO에서 공포한 “위생 및 식물검역조치 적용에 관한 협정문”에 의해 위해평가를 통한 위생관리의 필요성이 제시된 후 식품을 오염시키는 위해요인 (hazards)를 단순 관리하는 차원인 HACCP에서, 위험요인이 인체에 어느 정도 해를 끼칠 수 있는가를 과학적으로 판단하는 위험평가 (risk assessment)를 통한 위생관리로 전환되는 추세이다.

정량적 미생물 위험평가는 어떤 특정 미생물에 의해 오염된 식품을 섭취하는 경우, 그 균에 의해 감염이 일어날 가능성을 과학적이고 정량적으로 평가하는 방법으로 원인균에 의한 감염 가능성 산출이 가능하다.

정량적 미생물 위험분석기술을 식품산업에 적용할 경우 단위 가공공정 또는 저장이나 유통 등 특정 조건 중 중점제어단계와 정량적 제어수준 도출이 가능하며 이에 근거하여 제어기술 개발도 가능하다. 이에 정량적 미생물 위험분석기술을 적용하여 고추가공업체의 현실에 맞는 고춧가루 생산 및 안전관리 기술을 개발할 필요가 있다.

제 3 절. 연구개발의 범위

구분 (연도)	연구개발의 목표	연구개발의 내용 및 범위
1차년도 (2009)	<p>< 1 세부과제 ></p> <p>정량적 위험분석 모델을 위한 주요 인자 도출 및 분석</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 고추 가공 및 유통 중 위해 및 제어인자 분석 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 가공 및 유통 중 위험요소 (HACCP 위해인자) 확인 2. 공정 및 환경인자 분석 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 고추 가공공정 분석 ▪ 가공 공정별 환경영향인자 분석 ▪ 저장 및 유통 중 환경영향인자 분석 3. 가공단계별 및 유통 시료 확보 4. 화학적·물리적 위해인자 분석 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 이화학적 특성 분석 ▪ 화학적·물리적 위해인자 분석 (중금속 등) 4. 정량적 위험분석 모델 시스템 분석 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 잠재 위해 미생물의 용량-반응 모델 선정 ▪ 미생물 성장모델 검토 및 선정
	<p>< 2 세부과제 ></p> <p>고춧가루 미생물 위해인자 도출을 위한 미생물 프로파일링</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 가공 및 저장 중 안전관리 지표 미생물 정량 분석 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 대상시료 : 유통, 저장, 공정 단계별 ▪ 오염 미생물 4종 이상 (총균수, 곰팡이, 대장균군, 대장균 등) 2. 위해 미생물 프로파일링 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 대상시료 : 유통, 저장, 공정 단계별 ▪ 위해 미생물 5종 이상 (황색포도상구균, 리스테리아균, 살모넬라균, 독소 생산 곰팡이, 바실러스 등) ▪ 양성 시료의 위해미생물 정량 3. 불량 또는 반품 고춧가루의 미생물 프로파일링 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 대상시료 : 불량 또는 반품 시료 ▪ 안전관리 지표 미생물 및 위해 미생물 분석 (총 3종 이상)

구분 (연도)	연구개발의 목표	연구개발의 내용 및 범위
2차년도 (2010)	<p>< 1 세부과제 ></p> <p>고추 가공공정에 대한 정량적 위험분석 모델 개발</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 화학적·물리적 위해인자의 정량적 위험분석 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 화학적·물리적 위해인자의 분석 (산류농약, 중금속, 곰팡이독소 등) ▪ 분석정보 수집 ▪ 화학적, 물리적 위해인자의 정량적 위험분석 모델 개발 ▪ 중점위해인자 분석 및 도출 2. 베이스라인 위험분석 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 미생물 위험분석 모델 정보 수집 ▪ 미생물 성장예측모델 분석 ▪ 베이스라인 모델 개발 3. 안전관리 지표미생물의 정량적 위험분석 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 정량적 위험분석 모델 개발 ▪ 모델 시뮬레이션 (Monte Carlo simulation). ▪ Scenario analysis 및 sensitivity analysis ▪ 중점위해인자 분석 및 도출
	<p>< 2 세부과제 ></p> <p>오염지표 미생물 및 잠재위해 미생물 성장특성연구</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 안전관리 지표 미생물 선정 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 계절별, 공정별, 미생물 오염도 분석 및 안전관리 방안 검토 2. 안전관리 지표미생물의 성장특성 분석 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 환경 인자별 성장특성 분석 ▪ 초기 오염도에 따른 성장특성 분석 ▪ 생육곡선 도출 3. 지표 위해 미생물 분석 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 미생물선정 ▪ 계절별 공정에서의 미생물 추이 분석 4. 지표 위해 미생물 성장특성 분석 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 환경 인자별 성장특성 분석 ▪ 초기 오염도에 따른 성장특성 분석 ▪ 생육곡선 도출

구분 (연도)	연구개발의 목표	연구개발의 내용 및 범위
3차 년도 (2011)	<p>< 1 세부과제 ></p> <p>정량적 미생물 위험분석결과와 현장 모델 적용기술 개발</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 잠재 위해미생물의 정량적 위험분석 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 잠재 위해 미생물 성장예측모델 분석 ▪ 정량적 위험분석 모델 개발 ▪ 시뮬레이션 모델링 (몬테카를로 시뮬레이션) ▪ Scenario analysis 및 sensitivity analysis ▪ 중점위해인자 분석 및 도출 2. 정량적 위험분석 모델 개발 및 안전관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 주요 위해균의 오염원 추적 (rep-PCR 기반) ▪ 오염원 추적에 따른 제어방안 도출 ▪ 제어인자에 따른 미생물 생존/사멸 모델 분석 ▪ 미생물 제어인자를 고려한 정량적 위험분석 모델 개발 ▪ 모델 시뮬레이션 (Monte Carlo simulation) ▪ 현장 적용 미생물 제어시스템 (안)제안 ▪ 포장시스템 조사 (위변조 방지 등)
	<p>< 2 세부과제 ></p> <p>현장적용 미생물 제어 시스템 연구</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 공정별 살균 요인을 적용을 위한 감수성 연구 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 모델 미생물 인자 선정 ▪ 모델 시스템 선정 ▪ 제어 요인별, 조건별 미생물의 생존 /사멸 특성 정성 및 정량 분석 (살균세척제 등) ▪ 미생물 생존/사멸곡선 도출 2. 미생물 감수성을 이용한 모델 제어시스템 연구 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 인위적 오염시료 제조 ▪ 제어조건별 인위적 오염시료 중 모델 미생물 생존 특성 분석 ▪ 주요 위해균 대상 제어기술 제안

제 2 장 국내외 기술 개발 현황

국내 연간 고추생산량은 건고추 기준 12 - 16만톤으로 쌀 다음으로 농가소득에 기여하며 고춧가루 소비량은 국민일인당 연간 2.0 - 3.5 kg 으로 대표적인 다소비 식품의 하나이다. 국내 고추재배 농업은 농가당 재배면적이 작아 영세적이며 고령화 되어 있어 저가의 중국산 고추 수입이 국내 고추산업에 큰 위협요인이 되고 있다. 국내의 연간 건고추의 시장규모는 약 1조원으로 이중 가정용 고춧가루의 시장규모는 연간 7,000억, 식품가공업체에서 김치, 고추장, 양념류 등에 사용되는 시장규모는 약 2,500억원이다 (한국농촌경제연구원, 2004)

우리나라 소비자의 대부분은 고추나 고춧가루를 선택할 때, 선택과 맛을 우선시하며, 그다음이 안전성과 가격을 중시하는 것으로 조사되었다 (한국농촌경제연구원, 2004). 우리나라의 고춧가루에 대한 안전은 식품위생법에 근거한 식품공전에 정해진 기준과 규격으로 관리하고 있다. 고춧가루 제조업종은 두부류, 빵류 등과 함께 자율 적용업소로 관리되고 있으며 2007년 10월에 전국에서 12개 업소가 HACCP지정을 받아 운영되고 있다.

씻가루 등 이물의 검출, 색소의 부당사용 등 불량원료의 사용으로 인한 불량제품의 생산과 수입고춧가루의 국산둔갑 등 여러 형태의 불량고춧가루의 유통으로 인해 안전관리에 대한 정부의 꾸준한 노력에도 불구하고 아직까지 국민의 불안한 심리를 해소시키지 못하고 있는 실정이다. 이러한 현실에 따라 최근에는 고춧가루의 품질 향상을 위한 품질관리 체계, 제조·가공공장의 자동화 시스템개발이나 유통구조 개선 등을 위한 다양한 연구가 진행되어 왔다. 그러나 시중에 유통되는 여러 형태의 제품이나 직접 소비자에게 제공되는 각각의 제품에 대한 품질 실태를 평가하기 위한 체계적 조사는 아직 수행된 바가 없는 실정이다.

국내 고춧가루에 대한 연구를 살펴보면, 고춧가루에 대한 소비자의 기호도 조사, 이 화학적 특성을 분석하고, 김치용 고춧가루에 대한 품질규격에 대해 주로 한국산업 표준규격 (KS규격)의 개선방향을 제시한 바 있으며 (한응수, 1996), 고춧가루의 제조가공업소를 중심으로 제조가공업체의 위생관리 현황과 고춧가루 공장의 공정별 위해요소 분석실험을 통한 제조가공업체의 HACCP 모델을 개발하고 관리기준을 제안한 바 있다 (천석조, 2005). 또한 위해요소인 잔류농약과 유해중금속 등을 중심으로 위해요소 감소를 위한 기술개발과 위해요소 중점관리 기준설정을 제안하고, 고

춧가루 제조 시 미생물의 위해분석 및 위해요소 중점관리기준 설정을 각각 제안한 바 있다 (정구민 외, 2001). 아울러 고춧가루 원료의 가공기술 현황을 조사하고, 가공용 고추 원료 건조시스템 개발과 저장시스템개발을 연구하였으며, 또한 고춧가루 가공공장의 단위 자동화 시스템 개발 등에 관한 연구가 있다 (박재복, 1999).

국내 연구결과, 제품형태별 곰팡이수의 양성율은 평균 3.6 - 4.2%수준으로 식품공전의 곰팡이 수 규격 20%에 못 미쳐 모두 적합하였다. 그 결과 아직까지는 생산 및 시중 유통 고춧가루 제품의 미생물학적 위해도는 낮다고 평가 될 수 있으나, 곰팡이수 양성율 만으로 판단하기에는 미흡한 점이 있으므로 향후에 병원성 미생물 등 다양한 방법과 체계적 조사가 필요한 실정이다. 미국의 ASTA 규격 등에는 미생물에 대한 규격은 설정되어 있지 않으나, 일본의 고춧가루중 미생물 규격은 일반세균수 20,000/g 이하, 대장균군 음성, 내열성균수 1,000/g 이하 및 곰팡이·효모는 음성으로 매우 엄격하게 설정, 관리하고 있다 (식품의약품안전청, 2007).

국내 고춧가루 중 총균수는 순한 맛 고춧가루에서 5.5×10^4 CFU/g, 매운맛 고춧가루에서 1.6×10^6 CFU/g 수준이며, 국내 유통 생고추의 세척 전후의 이물질 함량 및 미생물수를 조사한 결과, 이물질 함량은 세척 전에는 평균 55.2 mg/kg이며 세척 후에는 18.4 mg/kg으로 약 67% 정도 제거되고, 총균수는 세척 전 6.4×10^6 CFU/g에서 세척 후 2.9×10^5 CFU/g 수준으로 낮아진다 (정진웅, 2009).

헝가리는 유럽의 주요 고추 생산국의 하나로 연간 생산량이 3만톤에 이르며 전체 생산량의 60% 이상을 독일, 프랑스, 덴마크, 스위스, 오스트리아 등의 유럽지역과 미국 등의 20 여 개국에 수출하고 있다. 헝가리의 경우 고춧가루의 위생성을 향상시키기 위하여 고압고온 증기 살균 장치를 이용하여 140 - 160℃의 고압증기 실린더 내부로 고춧가루를 30초 이상 통과 시킨 후 유동층 건조장치를 이용하여 살균과정의 시료 수분 및 온도 증가를 감소시켜 고춧가루 내부의 유해 미생물을 살균하고 있다. 헝가리산 고추는 파프리카라 불리며 고추의 붉은 색상요소가 특히 다른 품종보다 안정되어 있어 고압증기를 이용한 살균과정에서 고춧가루의 색상변질이 적은 것으로 판단되나 국내산 고추의 경우 실험결과 증기살균 시 고춧가루의 변색이 심하게 발생되어 이러한 살균방법을 적용하기 어렵다 (정진웅, 2009).

미국의 고춧가루 가공은 대단위 고추재배 단지에서 육종, 재배, 수확에 이르는 원료 생산단계에 따른 품종선정, 농약 투여량 등을 직접 조절하고 있으며 수확된 생고추는 선별, 세척, 절단과정을 거친 후 LPG 열원을 이용하는 대형 터널식 고추건조시

설이나 헝가리와 같은 연속식 대형 벨트식 건조기를 이용하여 절단 생고추 원료를 건조온도 60℃ 범위에서 5 - 6시간 내에 신속히 건조한다. 아울러 품종 및 품질에 따른 건조원료를 구분하여 저온저장하면서 원료분쇄 및 배합, 자동포장 등의 시설이 설치된 고추분쇄공장에서 소비자의 구매사양에 따른 고품질의 규격화된 고춧가루 제품을 공급하고 있다. (정진웅, 2009)

고춧가루 생산기술과 관련된 고추 세척, 건조, 분쇄, 가공 분야의 특허를 분석한 결과 고추 세척살균 및 건조 분야 특허는 생고추 원료의 오존수 살수에 따른 살균효과, 고추재배 농가단위에서 사용하는 소규모 배치식 건조기의 구조와 사용열원 (열풍, 원적외선, 태양열) 등에 관한 것으로 장치의 구조와 원리 설명에 국한되어 있다. 고춧가루의 안전성 확보와 관련된 기존 특허는 오존수를 생성한 후 펌핑, 압축 오존수 공급, 분사 공정을 통해 이물질과 농약을 세척하거나 자석을 이용하여 씻가루를 제거하고 자외선 살균 등을 이용하는 방법 또는 초음파를 이용하여 건조고추를 수침한 후 이물질과 잔류농약을 제거하고 초음파 처리로 미생물 수를 감소시키는 방법과 같이 오존수, 초음파, 고성능자석 등 신규 단위설비를 이용하는 경우가 많다.

국내외 고추건조, 분쇄, 저장등의 논문은 대부분 실험실 단위에서 연구되었으며 논문내용을 보면 소형 열풍건조장치를 이용하여 건조온도별 건조시간 및 건조율을 이론적으로 분석하여 모델식을 개발하거나, 건조과정에 따른 고추의 신미성분 (capsaisinoids), 색소(capsanthin), 비타민C 등의 품질 분석, 고추 조미료의 저장기간과 항산화성물질 함량에 따른 색소 변화 분석 등이 있었다. 고춧가루의 안전성 확보와 관련된 연구는 한국산 건조 고추시료 중 *B. cereus*나 *Salmonella* spp. 등 위해 미생물의 오염도가 일부 보고되어 있으며 기존 논문은 농산물 전반에 대한 미생물 오염도 분석 분야에 치중되어 있다 (Vega-Galvez 외, 2008; Daood, HG 외, 2006; Minguéz-Mosquera 외, 2000).

정량적 미생물 위험분석은 어떤 특정 미생물에 의해 오염된 식품을 섭취하는 경우, 그 균에 의해 감염이 일어날 가능성을 과학적이고 정량적으로 평가하는 방법으로 원인균에 의한 감염 가능성 산출이 가능하다. 정량적 위험분석의 일반적인 절차는 위험성 확인 (hazard identification), 노출량 평가 (exposure assessment), 위험성결정 (hazard characterization), 위해도 결정 (risk characterization)의 4단계로 나눌 수 있다 (Codex 2007). 정량적 미생물 위험분석에서는 특정 위해요소에 대한 발생빈도와 오염수준 정보가 필요하다.

생산에서부터 소비까지의 범위에 대해 위험분석 규모에 따라 농장의 원재료에서부터 제조공정, 유통, 보관, 판매, 소비자 단계를 포함하기도 한다. 화학적 위험분석과 비교할 때 미생물의 생존, 증식, 사멸 가능성이 있어 식품 중 존재하는 미생물을 정성 또는 정량 확인 후 저장, 유통에 따른 미생물 변화를 모니터링 하여야 한다. 또한 미생물 위해평가의 4단계 중 노출평가에서는 미생물의 성장을 예측하는 모델을 이용하여 환경 변화에 따른 미생물의 변화를 예측하여 미생물을 효과적으로 제어하는 방안을 제시할 수 있다. 식품의 안전 연구에 미생물 위험분석 모델을 적용한 예는 많은데 국내의 경우 주로 특정 식품 섭취에 따른 위해미생물의 노출 평가 중심으로 수행된 바 있다 (Table 1).

Table 1. Application of microbial probabilistic modeling in food safety research

Food	Pathogen	Country	Reference
turkey	<i>Salmonella</i> spp	France	Quantitative risk assessment of human salmonellosis from the consumption of a turkey product in collective catering establishments, Int. J. Food Microbiol., 80:17-30 (2003)
Broiler meat chain	Campylobacter	Netherlands	Risk-based standards for Campylobacter in the broiler meat chain. Food Control, 19:371-381 (2008)
cheese	<i>Staphylococcus aureus</i>	sweden	Quantitative microbial risk assessment exemplified by <i>Staphylococcus aureus</i> in unripened cheese made from raw milk. Int J. Food Microbiol., 78:155-170 (2002)
ready-to-eat meats	<i>Listeria monocytogenes</i>	Australia	Using a quantitative risk assessment to mitigate risk of <i>Listeria monocytogenes</i> in ready-to-eat meats in Australia. Food Control, 20:1058-1062 (2009)
raw broiler chickens	<i>Campylobacter</i> spp.	sweden	Quantitative risk assessment of thermophilic <i>Campylobacter</i> spp. and cross-contamination during handling of raw broiler chickens evaluating strategies at the producer level to reduce human campylobacteriosis in Sweden. Int J. Food Microbiol., 121:41-52 (2008)
clam	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Thailand	Quantitative modeling for risk assessment of <i>Vibrio parahaemolyticus</i> in bloody clams in southern Thailand. Int J. Food Microbiol., 124:70-78 (2008)
poultry	<i>Campylobacter</i> spp.	Belgium	Quantitative risk assessment of <i>Campylobacter</i> spp. in poultry based meat preparations as one of the factors to support the development of risk-based microbiological criteria in Belgium. Int J. Food Microbiol., 111:149-163 (2006)
Whole chickens	<i>Salmonella</i>	USA	A quantitative risk assessment model for <i>Salmonella</i> and whole chickens. Int J. Food Microbiol., 93:231-247 (2004)
pasteurized milk	<i>E. coli</i> O157	UK	Quantifying exposure to Vero-cytotoxigenic <i>Escherichia coli</i> O157 in milk sold as pasteurized: A model-based approach. Int J. Food Microbiol., 131:95-105 (2009)
kimbab	<i>Staphylococcus aureus</i>	Korea	Microbial risk assessment of staphylococcal food poisoning in Korean kimbab. Int J. Food Microbiol., 116:332-338 (2007)
kimbab	<i>Staphylococcus aureus</i>	Korea	Modeling the level of contamination of <i>staphylococcus aureus</i> in ready-to-eat kimbab in Korea. J. Food Prot., 69:1340-1346 (2006)

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절. 재료 및 방법

1. 실험 재료

유통시료 분석을 위하여 경기도 소재 대형 마트 및 온라인 구매를 통하여 시판 고춧가루 시료를 수집하였으며. 지역별 고춧가루 가공량을 고려하여 계층층화 샘플링 방법으로 시료를 수집하였다 (Fig. 1). 또한 원초 (생고추)에 대한 미생물 분석을 수행하고자 생산지별로 생고추를 수집하였으며, 분석 전까지 시료는 4℃에 보관하였다. 고춧가루 제조 공정 중 미생물 변화를 분석하기 위하여 원료 및 최종 제품을 포함한 주요 단계별 고추 (가루) 시료를 채취하여 분석에 사용하였으며 분석 전까지 시료는 4℃에 보관하였다



Fig. 1. Sampling sites of fresh red peppers and origins of packaged red pepper powder products to determine microbiological contamination of fresh red pepper and packaged red pepper powder in South Korea. Closed circle; sampling site of fresh red pepper, closed triangle; origins of packaged red pepper powder products. Number of symbols represents the number of samples.

2. 실험 방법

가. 이화학적 특성 분석

시판 고춧가루 시료에 대해 수분함량, 수분활성도, 색차, ASTA color 등을 다음과 같이 분석하였다.

(1) 수분함량

평균 수분함량은 AOAC (1995) 방법에 따라 상압 가열 건조법으로 측정하였다. 칭량접시를 105℃ 건조기에서 미리 항량을 구한 뒤 고춧가루 3 g을 정밀히 달아 10 5℃ 오븐에서 항량이 될 때까지 건조시켰다. 건조기에서 건조시킨 칭량접시를 데시케이터에서 상온으로 방냉한 후 무게를 달아 수분 함량을 측정하여 아래 식에 따라 계산하였다. 아래식에서 A는 시료를 넣기 전 빈 칭량접시의 무게 (g)이고, B는 칭량 접시와 시료무게의 합 (g)이며, C는 건조 후 항량이 되었을 때의 무게 (g)이다.

$$\text{수분 (\%)} = \frac{B-C}{B-A} \times 100$$

(2) ASTA color 값

ASTA color 값은 ASTA analytical methods (method 20.1)에 따라 측정하였다. 고춧가루는 분쇄하여 30 mesh 통과분 100 mg을 아세톤에 첨가하여 추출하고, 0℃, 압소에서 16시간 동안 방치하였다. 아세톤 추출물의 상층액을 취한 후 UV/VIS 분광광도계 (OPTIZEN 2120UV, Mecasys, Korea)을 이용하여 460 nm에서 흡광도를 측정하였고 시료무게는 수분함량을 반영하여 건물량 기준으로 표시하여 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\text{ASTA color} = \frac{\text{Absorbance of acetone extracts} \times 16.4 \times \text{IF}}{\text{sample weight (g)}}$$

IF : instrument correction factor

(3) 수분활성도 (Aw)

수분활성도는 수분활성 측정기 (SET AW, novasina, switzerland)를 사용하여 실온에서 측정하였다.

(4) 색차

색도값은 직경 5 cm, 높이 5 cm의 원형 플라스틱 통에 균일하게 담은 후, 색도계 (CE-310, Mecbeth, Minolta, Japan)를 이용하여 Hunter value인 L, a, b 값을 구하였다.

나. 중금속 분석

시판 고춧가루 시료에 대해 카드뮴, 납, 철 함량을 ICP-MS 및 ICP-AES에 의해 다음과 같이 분석하였다. 즉, 시료 전처리는 납, 카드뮴, 철의 분석을 위해서 시료 약 1.5 g을 분해관 (TFM)에 취하여 진한 질산 10 ml를 넣고 혼합하여 하루 방치한 후 hot block에서 80℃로 가열하였다. 방냉한 후 질산 10 ml 넣고 다시 가열하여 내용

물이 암색이 되기 시작하면 질산과 과산화수소 2 - 3 ml를 추가하면서 예비분해 하였다. 예비분해가 끝난 용액에 8N 질산 5 ml를 가하여 microwave (Qwave 2000, Questron Technologies Corp., Canada)에서 분해 (160℃, 30분)를 완료한 후 증류수로 정용하여 시험용액으로 사용하였다. 시료 중 철 (Fe)은 Table 2의 조건에 따라 ICP-AES (Activa, HORIBA Jobin-Yvon, France)를 사용하여 측정하였다. 납 및 카드뮴은 ICP-MS (ELAN DRC-e, PerkinElmer Ltd., Co., USA)를 사용하여 분석하였으며 분석조건은 Table 3와 같다.

Table 2. Operating condition of ICP-AES

Parameters	Conditions
RF power	900 W
Argon gas flow	
Nebulizer	1.20 L/min
Plasma	12 L/min
Sheath	0.2 L/min
Normal speed of pump	20 rates/min
Wavelength	Fe 259.940 nm

Table 3. Operating condition of ICP-MS

Parameters	Conditions
RF power	1350 W
Argon gas flow	
Nebulizer	1.20 L/min
Plasma	16 L/min
Auxillary	1.25 L/min
Lens Voltage	6.25 V
Normal speed of pump	20 rates/min
Isotopes analysed	¹¹³ Cd, ²⁰⁸ Pb in standard mode

다. 고춧가루 중 잔류농약분석

본 연구에서는 생산가공지역을 고려하여 수집한 시판 포장 고춧가루중 잔류 농약을 분석하였다 (Fig. 1). 잔류농약 동시다성분 분석을 위하여 식품공전의 분석법을 참고하여 다음의 방법에 의하여 전처리 하였다. 즉, 검체 10 g 을 취하여 물 100 ml을 가한 후 1시간 이상을 방치 한 다음 acetone 150 ml을 가하여 균질화 하였다. 균질액은 여과 후 dichloromethane, petroreum ether, 포화식염수가 담겨있는 분액깔대기로 옮겨 분액추출 하였으며 용매층을 취하여 포화식염수를 첨가하여 흔들어 층을 분리하여 용매층의 극성을 제거한 후 sodium sulfate로 탈수하고 농축하였다. 농축용액은 분액깔대기로 옮겨 Hexane, Hexane 포화 acetonitrile 로 액액분리하여 하층을 회수하여 농축하고 acetone 5 ml로 정용한 후 분석에 사용하였다. 분석조건은 다음과 같으며 (Table 4), 검출한계와 평균 회수율은 각각 0.02 - 0.07 mg/kg, 그리고 78.3 - 102.1%였다.

Table 4. Operating conditions for GC

Instrument	6890N (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)
Column	HP-5MS column (30m x 0.25mm i.d., 0.25 μ m film thickness)
Temperature	Initial temperature 80°C held for 5 min, increased to 280 °C at 10°C min ⁻¹ , and then held for 20 min. at 280°C.
Carrier gas	He
Injection volume	1 μ l

라. 물리화학적 위해인자의 위험분석

본 연구에서 식품 중 물리화학적 위해인자의 위험분석을 위하여 단계적 접근법에 의한 확률노출평가를 수행하였다. 잔류농약의 경우 1단계 (Tier 1)는 위해인자 선정 및 분석단계로 고춧가루 중 잔류농약 위험분석의 경우 국내의 고춧가루 중 모니터링 연구결과를 분석하여 부적합 횟수가 높은 농약을 선정하고 시판 포장 고춧가루를 수집하여 분석하였다. 2단계 (Tier 2)는 주요 변수의 확률분포함수를 도출하는 단계로 검출율 및 잔류수준에 대한 확률분포함수는 제한된 분석값의 한계를 극복하기 위하여 잔류농약의 시험분석 결과와 최근 5년간 보고된 잔류농약의 정보를 통합하여 확률분포를 도출하였다. 오염도에 대한 확률분포함수는 프로그램을 이용, 데이터 피팅 (@Risk 4.5, palisade, Australia)하여 도출하였다. 마지막으로 3단계 (Tier 3)는 확률위해평가 모델을 구축하여 위해평가를 수행하는 단계로 구성하였다. 농약의

일일식이노출량은 전체 인구를 3 - 6세, 7 - 12세, 13 - 19세, 20 - 29세, 30 - 49세, 50 - 64세 그리고 65세 이상으로 분류하고 성별에 따라 식 (1)과 같이 추정하였다. 구축된 모델은 @Risk program (palisade, Australia)를 이용한 Monte Carlo simulation에 의하여 100,000번 무작위로 값을 취하여 노출량을 추정하였다. 추정된 일일식이노출량은 일일섭취허용량 (Acceptable daily intake, ADI)과 비교하여 식 (2)와 같이 위험지수 (%ADI)를 산출하였다. 곰팡이독소의 경우도 잔류농약의 경우와 같은 방법으로 고춧가루 섭취에 의한 아플라톡신 식이노출평가를 실시하였으며, 중금속은 시료의 납, 카드뮴 오염도를 이용하여 주간식이노출량 ($\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$)를 산출한 후 각각의 잠정 주간섭취허용량 (PTWI)와 비교하여 위해도를 추정하였다.

1일 식이노출량 ($\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$)=

$$\frac{\text{식품 중 잔류농약 오염도 평균 } (\mu\text{g}/\text{kg}) \times \text{1인당 1일 섭취량 } (\text{g}/\text{day})}{\text{체중 } (\text{kg})} \quad \text{식 (1)}$$

위험지수 (%ADI)=1일 식이노출량 ($\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$) \times 100/ADI ($\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$)

$$\text{-----} \quad \text{식 (2)}$$

마. 미생물 인자의 위험분석

일반적으로 미생물 확률위험분석 모델은 크게 특정 미생물의 오염빈도, 오염도 및 식품 섭취량을 바탕으로 식품섭취에 의한 노출량을 추정하는 과정과 노출량 및 용량반응관계를 바탕으로 노출된 미생물에 의한 인체 위해를 추정하는 단계로 구성된다. 본 연구에서는 고춧가루 가공 중 주요 위해단계를 파악하기 위하여 단계별 노출평가를 중심으로 고춧가루 생산 중 미생물의 추이에 대한 정량모델을 개발하였다. 오염 지표균으로는 대장균군을, 안전관리 지표균으로는 *B. cereus*를 이용하였으며 원료에서 세척, 분쇄, 혼합, 건조 및 포장단계까지의 미생물 정성 및 정량 오염도 분석결과는 본 과제의 결과를 이용하였다. 확률위험분석 모델은 @Risk 프로그램을 이용하여 개발한 후 구축된 확률분포로부터 100,000번 무작위적으로 샘플링하도록 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하였다.

바. DiversiLab system을 이용한 genotyping

DiversiLab을 이용한 rep-PCR을 수행하기 위하여 *B. cereus*의 DNA를 Ultra Clean microbial DNA isolation kit를 이용하여 추출하고 DNA용액을 25 ng/ μl 의 농도로 표준화하였다. 제조업체의 지침에 따라 DiversiLab Bacillus kit을 이용하였으며,

PCR은 Mastercycler Pro를 이용하여 다음의 조건에 따라 실험하였다. 초기 변성은 94℃에서 2분간 이루어지며 94℃에서 30초, 50℃에서 30초, 그리고 70℃에서 30초를 1 cycle로 하여 35회 반복하였다. 증폭된 유전자는 microfluidic 칩과 Bioabalyzer로 구성된 DiversiLab system을 이용하여 분석하였고 DiversiLab software를 이용하여 결과를 분석하였다.

사. 미생물 정성 및 정량 분석

가공 및 유통 시료에 대해 안전관리 지표 미생물 및 위해미생물을 정성, 정량분석하였다. 미생물 실험은 식품공전에 따라 Total viable cell count, coliform, Enterobacteriaceae, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*는 정량 분석 하였으며 *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*는 정성 분석 하였다 (Table 5).

(1) 일반세균수 (Total viable cell count)의 정량적 분석

일반세균수는 시료 25 g에 멸균된 인산 완충 희석액 225 ml를 가하여 균질기 (BagMixer[®] 400, Interscience, Saint-Nom la Bretèche Arpents, France)를 이용하여 2분간 균질하여, 시험액 1 ml를 취한 후 멸균된 인산완충용액 9 ml에 단계 희석하였다. 인산 완충액은 KH₂PO₄ (Sigma chemical CO., St. Louis, MO, USA) 34 g을 증류수에 용해시키고, 1N 수산화나트륨으로 pH 7.2로 조정된 다음 증류수를 가하여 1,000 ml로 정용한 후 멸균하여 냉장고에 보관하였다. 실험 전 멸균된 인산 완충액 1 ml를 멸균증류수 800 ml에 가하여 인산완충희석액으로 조제하여 사용하였다. 각 단계 희석액 1 ml를 평판에 분주하고 plate count agar (Merck, Darmstadt, Germany)를 약 15 ml씩 부어 고르게 혼합한 후 37℃에서 24 - 48 시간 배양하여 성장한 집락수를 측정하였다.

(2) 대장균군 (coliform)과 대장균 (*Escherichia coli*)의 정량 및 정성적 분석

대장균군은 일반세균수와 동일한 시험액 10, 1, 0.1 ml 씩 5개를 튜브관을 넣은 brilliant-green bile lactose broth (BGLB, Merck)에 접종하여 37℃에서 48 시간 배양하여 가스의 발생이 확인되면, endo agar (Merck)에 획선 배양하였다. 전형적인 집락이 확인되면, nutrient agar (Merck)에 획선 배양하여, 성장한 집락이 그람 음성, 무아포성 간균이 확인되면 대장균군 양성으로 확정하고, 최확수표에 따라 대장균군 수를 산출하였다. 대장균은 대장균군 시험 시 가스가 발생한 BGLB (Merck) 시험관에서 1 백금이를 취하여 chromocult coliform agar (Merck)와 endo agar (Merck)에 획선 도말하여 37℃에서 24시간 배양하고, 전형적인 집락을 선택하여 tryptic soy

agar (TSA, Merck)에서 획선 배양 후 Vitek[®] 2 compact (bioMérieux)로 동정하였다.

(3) 황색포도상구균 (*Staphylococcus aureus*)의 정량적 분석

일반세균수와 동일한 시험액 1 ml를 취하여 멸균 인산 완충 희석액 9 ml에 단계 희석하여, Baired-Parker agar (BP, Merck) 3장에 총 접종액이 1 ml이 되게 도달하고 35°C에서 45 - 48 시간 배양하였다. BP 배지에서 성장한 집락 주변에 투명한 띠가 있으며, 광택이 있는 검은색 등근 집락을 계수하고, 계수한 평판에서 5개 이상의 전형적인 집락을 선별하여, Baired Parker-REF (bioMérieux, France)에 획선 도달하여, coagulase 양성인 것을 확인한다. 확인된 집락은 TSA (Merck)에 획선 도달하고 37°C에서 24 시간 배양한 후, Vitek[®] 2 compact (bioMérieux)로 최종 확인하였다.

(4) 바실러스 세레우스 (*Bacillus cereus*) 의 정량적 분석

*B. cereus*의 분석은 시료 25 g에 멸균된 인산 완충 희석액 225 ml를 넣고, 균질기 (BagMixer[®]400, Interscience)에서 2분간 균질화하고 시험액 1 ml를 취하여 멸균된 인산완충 희석액 9 ml에 단계 희석하였다. Mannitol-egg-yolk-polymyxine agar (Merck)에 각 단계 희석액을 0.2 ml씩 5장에 도달하여 총 접종액이 1 ml가 되게 한 후 30°C에서 24시간 배양하였다. 성장한 집락 주변에 lecithinase를 생성하는 혼탁한 환이 있는 분홍색 집락을 계수하였다. 계수한 평판에서 5개 이상의 전형적인 집락을 선별하여 TSA (Merck)에 획선 도달하고, 30°C에서 24시간 배양한 후 Vitek[®] 2 compact (bioMérieux)로 최종 확인하였다.

(5) 살모넬라균 (*Salmonella* spp.)의 정성 분석

Salmonella spp.는 식품공전에 따라 시료 25 g 에 225 ml의 peptone water를 가한 후 균질기 (BagMixer[®]400, Interscience)로 2분간 균질화하여, 35°C에서 18 - 20 시간 증균배양하였다. 배양액 0.1 ml를 10 ml의 rappaport-vassiliadis (Merck)에 접종하고 42°C에서 24 시간 2차 배양하였다. 증균 배양액을 다시 XLD agar (Merck)와 Rambach agar (Merck)에 획선 도달하여 35°C에서 24 시간 배양하여 의심되는 집락을 TSA (Merck)에 옮겨 배양하고 Vitek[®] 2 compact (bioMérieux)로 최종 확인하였다.

(6) 리스테리아 모노사이토제네스 (*Listeria monocytogenes*)의 정성 분석

*L. monocytogenes*는 식품공전에 따라 정성분석을 실시하였다. 시료 25 g에 225 ml의 *Listeria* enrichment broth (Merck)를 가하여 균질기 (BagMixer[®]400, Interscience)로

2 분간 균질화하여, 30℃에서 24시간 증균배양하였다. 증균배양액을 palcam agar (Merck)에 획선 도말하고, 30℃에서 24 - 48시간 배양하여, 전형적인 집락을 TSA (Merck)에서 분리 배양하여, Vitek® 2 compact (bioMérieux)로 최종 확인하였다.

(7) 아플라톡신 생성 곰팡이 (Aflatoxin-producing moulds)의 정성 분석

아플라톡신을 생성하는 균으로 알려진 *Aspergillus flavus*와 *A. parasiticus*의 정성 분석을 위해 선택배지로 AFPA base (Oxoid LTD, Hampshire, England)를 사용하였다. AFPA 배지 제조시 세균의 증식을 억제하기 위하여 멸균한 AFPA base를 50℃까지 식힌 후 에탄올 3 ml에 녹인 Chloramphenicol selective supplement (Oxoid)를 첨가하여 충분히 섞어 배지를 조제하였다. 시료 20 g에 0.1% 펩톤수 100 ml를 넣고, 균질기 (BagMixer®400, Interscience)로 2분간 균질화하였다. 동일한 펩톤수로 1:10, 1:20, 1:40 으로 희석하여 각각 0.1 ml 씩을 AFPA 배지에 도말하여, 30℃에서 42시간 배양하였다. 앞에서는 흰색이고, 뒤쪽이 노랑/주황인 전형적인 집락이 보이면 양성으로 판단하였다.

(8) 장내세균수 (Enterobacteriaceae)의 분석

장내세균 (Enterobacteriaceae)은 장 내에 서식하는 세균군으로, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Erwinia*, *Serratia*, *Proteus*, *Salmonella*, *Shigella* 등이 속한다. 장내세균 (Enterobacteriaceae)의 정량적 분석 장내세균수는 ISO 21528-2 (17)에 따라 실시하였다. 일반세균수와 동일한 방법으로 조제한 시험액 1 ml를 취하여 멸균 인산 완충 희석액 9 ml에 단계 희석하여, 각 단계 희석액 1 ml를 평판에 분주하고, crystal-violet neutral-red bile glucose agar (Merck)를 15 ml 정도 부어 잘 혼합하여 37℃에서 24시간 배양하였다. 성장한 집락 중에서 분홍색, 빨간색, 보라색을 띠는 집락을 계수하고, 계수한 평판에서 5개의 집락을 취하여 tryptic soy agar (TSA, Merck)에 획선 도말하고 37℃에서 24시간 배양하여 Vitek® 2 compact (BioMérieux)로 동정하였다. 장내세균 중 *Enterobacter sakazakii*가 의심되는 집락은 선택배지로 brilliance *Enterobacter sakazakii* agar (Oxoid, Cambridge, UK)를 사용하여 전형적인 특징을 확인 후, Vitek® 2 compact (BioMérieux)로 확인하였다.

Table 5. List of methodologies used to determine microbial quality

정량분석		정성분석	
항목	시험방법	항목	시험방법
총균수	식품공전 2008	대장균	식품공전 2008
대장균군	식품공전 2008	살모넬라균	식품공전 2008
장내세균수	ISO 21528-2 (2004)	리스테리아	모노사 식품공전 2008
황색포도상구균	식품공전 2008	이토제네스	
바실러스 세레우스	식품공전 2008		

아. 오염지표 미생물 및 잠재위해미생물 성장특성

(1) 미생물의 성장 특성 분석

분리 균주의 성장곡선은 tryptic soy broth (TSB, Merck), nutrient broth (NB, Merck), brain heart infusion broth (BHI, Merck) 배지를 사용하였으며, 사용전 모든 분리주는 시험배지와 동일한 배지에서 2차 이상 계대배양하여 충분히 활성화하여 사용하였다. 최대성장률 (maximum growth rate)와 유도기 (lag phase) 시간은 Baranyi & Roberts equation을 이용하여 계산하였다.

(2) 탁도와 생균수 측정

Growth kinetic 분석을 위한 OD 값은 BioPhotomer (Eppendorf, Hamburg, Germany) 또는 Multi detection microplate reader (BioTek instrument, Winooski, VT, USA)를 사용하여 600nm에서 측정하였으며, 생균수는 희석액으로 0.85% NaCl 용액을 사용하여 집락수가 25 - 250 cfu/plate가 되도록 희석하여 plate count agar (Merck)를 사용하여 표준 평판법 (식품공전 2009)으로 측정하였다.

(3) 항균활성 평가

항균활성 평가는 디스크 확산법으로 수행하였다. *B. cereus* 분리주를 TSB (Merck)에 접종하여 30°C에서 배양 후 0.5McF로 탁도를 조정하여, 일정액을 tryptic soy agar (TSA, Merck) 플레이트에 도말하여 최종 균수가 5 log CFU/plate가 되도록 하였다. 멸균된 디스크 (8mm)를 균이 접종된 플레이트에 조심스럽게 놓고, 시험액을 25 μ l 씩을 넣은 후, 30°C에서 24시간 배양 후 투명대 생성 여부와 직경을 측정하였다.

자. 성장 특성에 미치는 유기산의 영향

표준 균주로 *Bacillus cereus* ATCC 14579를 사용하였고 고추에서 분리한 *B. cereus*

를 사용하였다. 균은 Tryptic Soy Agar (TSA, Merck)에 도말하여 30℃에서 18 - 24 시간 배양하고 Tryptic Soy Broth (TSB, Merck)로 옮겨 6시간 배양 후 사용하였다. 유기산은 일정한 농도로 희석한 후 0.2 μm 필터를 이용하여 멸균하여 사용하였다. 접종된 *B. cereus*는 30℃ 회전 배양기 (JEIO TECK, korea)에서 진탕 배양하면서 균수의 변화를 측정하였다. 균은 10배 희석법으로 각 단계 희석액 1 ml를 취하여 평판에 분주하고 plate count agar (Merck, Darmstadt, Germany)를 약 15 ml 부어 고르게 혼합한 후 30℃에서 18 - 24시간 배양하여 성장한 집락수를 측정하였다.

제 2 절. 연구개발 수행 결과

지금까지 진행된 식품안전연구가 부분적이고 정성적인 위해인자 중심으로 진행되어 온 반면 본 연구에서 수행하고자 하는 정량적 위험분석에 의한 고춧가루 생산의 안전관리 방안 연구는 정량적 위험분석이라는 과학적이고 정량적인 분석틀을 통하여 시스템적인 결과를 도출한 후 주요 위해인자 및 위험 단계를 분석하고 이에 적합한 제어 방안을 제안하는 것을 목적으로 한다. 이에 본 연구에서는 고춧가루에서 발생 가능한 물리적, 화학적, 생물학적 위해인자 중 현재 HACCP 기준과 문헌을 기준으로 분석 대상 위해인자를 선정하였다. 크게 물리화학적 위해인자와 미생물 위해인자로 구분하여 분석하였으며, 세부 위해인자에 대한 설명은 아래에 제시된 물리화학적 위해인자 (농약 13종, 중금속 3종, 곰팡이독소)와 미생물 위해인자 (9종)와 같다. 제시한 위해인자를 시험 분석한 후 정량적 위험분석을 수행하여 고춧가루 중 주요 위해인자를 도출하였다. 나아가 주요 위해인자의 오염원을 추적한 후 위해인자 및 오염원에 적합한 제어기술을 비교하고 안전한 고춧가루 생산을 위한 안전관리기술을 제안하고자 하였다.

1. 정량적 위험분석 모델 개발을 위한 주요인자 도출 및 분석

가. 고추 가공 및 유통 중 위해/제어 인자 분석

(1) 고춧가루 중 위해 인자 (위험성 확인)

㉔ 고춧가루의 화학적 물리적 위해현황 및 기준

고춧가루에 대한 국내규격이 제정된 이후 섯가루 등 이물질과 잔류농약 등 화학적 오염에 대한 안전도는 제고되고 있다. 고춧가루의 잔류농약 기준은 건조고추기준에 준하며 2009년도 현재 식품의약품안전청 식품의 농약잔류허용기준에 아세타미프리트 등 28종에 대한 잔류허용량이 설정되어 있다. 고춧가루에 대한 중금속은 설정되고 있지 않으나 고추 (생물)에 대해서는 Codex에 납이 0.1 mg/kg, 카드뮴 기준이 0.05mg/kg으로 설정되어 있다.

고춧가루 중 섯가루 혼입에 대한 소비자의 우려는 지속되어 왔으나 식품의 기준 및 규격 중 개정 고시 제 2007 - 68호로 고춧가루 제조공정 중 금속제거장치 설치가 의무화 되는 등 기존 알려진 위해에 대한 안전관리는 지속적으로 이루어지고 있다.

Table 6. Possible hazards during red pepper powder processing




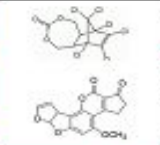

















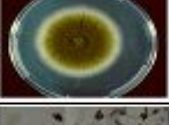








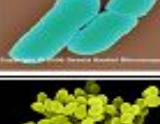


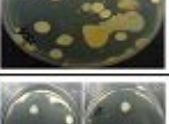






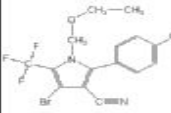
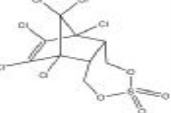
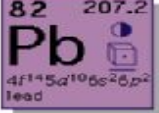
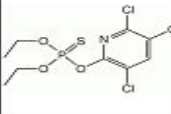
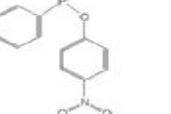
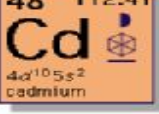
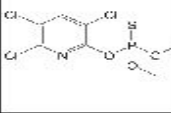
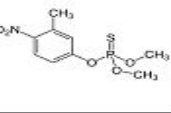

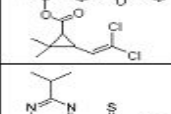
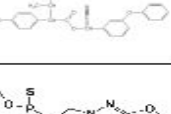

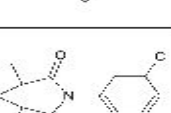
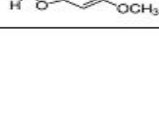
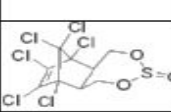




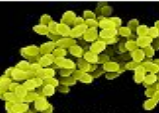
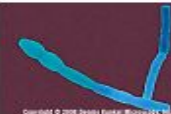





공정명	발생 가능한 위해인자				비고
원료 및 저장					일반세균, 바실러스균, 광색포도상구균 등 농약, 폼팡이독소, 중금속
풍기세척					브러쉬 조각, 일반세균, 대장균 등
증기세척					용수 중 살모넬라균 등 용수보관 중 광색포도상구균 등
건조					일반세균, 땃장균균
과외 종자 분리					금속성 이물 일반세균, 땃장균균 등
분쇄					일반세균 폼팡이 등 미생물 씻가루
금속성 이물제거					별레, 먼지 등 유리조각 씻가루
살균					일반세균 폼팡이 병원성 미생물
포장					일반세균, 광색포도상구균 별레
보관, 출하 및 유통					일반세균, 땃장균균, 폼팡이

Table 7. List of physicochemical (upper) and microbiological hazard (lower) for analysis

농약		농약		중금속	
Chlorfenapyr		Endosulfan sulfate		납(Pb)	
Chlorpyrifos		EPN		카드뮴(Cd)	
Chlorpyrifos-methyl		Fenitrothion		철(Fe)	
Cypermethrin		Fenvalerate		곰팡이독소	
Diazinon		Methidathion		아플라톡신	
alpha-Endosulfan		Procymidone			
beta-Endosulfan					

병원성 세균				위생지표균	
병원성 대장균		살모넬라균		황색포도상구균	
바실러스균		비브리오균		장내세균	
리스테리아균		Aspergillus 속		총균수	

그 외, 수입 제품을 국산으로 판매하거나 편법으로 수입 다진 양념을 일반 고춧가루로 표시하여 제조에 사용하는 경우가 있어 사회적으로 문제가 된 바 있다. 다진 양념의 일부는 붉은색 색소를 불법으로 사용하거나 대장균, 곰팡이 등에 오염돼 부적합 판정을 받기도 한다.

㉔ 고춧가루 중 미생물 위해현황 및 기준

고춧가루 중 미생물 위해에 대한 국내 기준은 곰팡이수 기준으로 20%를 초과하지 못하도록 되어 있으며 HACCP 인증을 위해서는 *B. cereus* 등 병원성 미생물이 검출되지 않아야 한다고 규정되어 있다.

시판 고춧가루 중 미생물 위해에 대해서는 식품의약품안전청 연구결과 포장고춧가루제품에서 대장균군이 검출된 바 있는데, 특히 살균처리 표시가 되어 있는 8종의 포장고춧가루 제품 중 3종의 제품에서 대장균군이 검출되어 가공, 유통 과정의 미생물 안전관리에 사각지대가 있음을 보여주었다.

현재 기준규격으로 설정되어 있지는 않으나 시판 포장고춧가루의 총균수를 분석한 결과 2006년 23개 고춧가루 제품 중 52%에서 그램당 10^6 이상의 일반세균이 검출된 바 있으며 국내 HACCP 인증 제품의 경우도 총균수 범위가 1.2×10^4 CFU/g - 7.2×10^6 CFU/g으로 조사되었고 이 중 그램당 10^6 이상인 제품 비율이 67%였다.

현재 식품공전 상 총균수 (일반세균수)기준은 없으나 식품공전에 기준과 규격이 없는 “비가열 조리식품”등의 총균수 기준은 일반적으로 교육부가 제시한 학교급식위생관리지침 또는 미 육군 Natick 연구소의 지침에 따라 10^5 CFU/g으로 정하고 있다. 학교 급식소에서 원부재료로 사용되는 고춧가루를 검사한 결과 일반세균수가 10^5 CFU/g을 초과하는 것으로 보고된 바 있다 (전인경 외, 2004). 특히 HACCP에서 불검출로 지정하고 있는 *B. cereus*가 140개 한국산 건조 고추시료의 84.3%에서 검출되었으며 평균 오염도는 1.9×10^4 CFU/g에 달한다는 연구보고가 있으며, 고추와 스파이스에서 *Salmonella*가 검출되었다고 보고되는 등 고춧가루에서 식중독균의 오염 가능성이 있다 (J. Food Prot, 2006, 2007).

시판 고춧가루 특히 HACCP 인증제품의 10^6 CFU/g을 초과하는 일반세균수와 국내산 고추시료 중 높은 *B. cereus* 오염율을 고려할 때 고춧가루의 미생물 위해 가능성을 배제할 수 없으며 고춧가루 중 미생물 위해를 연구하고 안전성을 확보할 필요가 있다.

(2) 가공 및 유통 중 위험요소 (HACCP 위해인자) 확인

고춧가루에 대한 식품위해요소중점관리기준은 2008년 신설되었다. 식품의약품안전청 고시 제2008 - 18호 (2008. 04. 28) 고춧가루에 대한 「식품위해요소중점관리기준」에는 원료 및 부원료 관리기준 항목에서 수분함량 : 15% 이하, 병원성미생물 : *B. cereus* 등 음성, 잔류농약에 대한 검사 성적서를 확인하도록 하고 있다. 그 외 관리항목에 대한 지침으로 (1) 온도 및 습도 : 원료 및 완제품의 보관온도 및 습도 기록, (2) 청결상태 : 원재료 운반카트, 투입기 호퍼, 여과망 점검, 분쇄기, 입도망, 건조기, 자석표면 등의 청결상태에 대한 기록, (3) 정상작동 : 금속제거기, 살균장치 등의 정상작동 여부를 확인 및 기록하도록 되어 있다 (※세부 내용 부록 참조).

2005년도 고춧가루제조 가공업소 HACCP 일반모델에 대한 보고서 (천석조 등 2005) 중 미생물위해 및 화학적 위해 중 위해성이 있는 것으로 구분된 위해는 다음과 같다. 즉, 미생물 위해로는 (1) 원료 및 보관 시 환경으로부터 오염되는 일반세균, 대장균 (군), 충란, (2) 에어세척단계에서 주위환경으로부터 오염되는 일반세균, 대장균 (군), (3) 혼합분쇄단계에서 분쇄기에서 열 발생, 혼합기 및 주위 환경으로부터 오염되는 일반세균, 곰팡이, (4) 분말건조단계에서 기계 및 작업자, 주위환경으로부터 오염되는 일반세균, 대장균 (군), 곰팡이, (5) 살균단계에서 기계, 주위 환경으로부터 오염 및 살균력 저하로 인한 일반세균, 곰팡이, 병원성 미생물 등을 위험요인으로 구분하고 있다. 이에 대한 해결방안으로는 혼합기세척 및 소독관리, 작업자 및 작업장 관리 등을 제안하고 있다 (※세부 내용 부록 참조). 화학적 위해로는 건고추의 잔류농약, 곰팡이 독소 및 중금속, 원료 보관 및 냉각 시 곰팡이독소를 제안하고 있으나 심각성 및 발생빈도가 낮아 위험요인으로 간주하고 있지 않는다. 고춧가루 제조 공정 중 발생 가능한 위험요소 (HACCP) 위해인자는 앞의 Table 6와 7에 나타낸 바와 같다.

고춧가루에 대한 위험성 확인 결과와 식품위해요소중점관리기준을 종합하면 미생물 위해인자를 위험요인으로 고려하고 있으며, 일반세균, 대장균 (군), 병원성미생물 (*B. cereus* 등) 등을 제안하고 있다. 화학적 위해인자로는 농약, 중금속, 곰팡이독소 등을 고려해야 하나 심각성과 발생빈도가 낮아 위험요인으로는 간주하고 있지 않다. 물리적 위해인자로는 쇧가루를 제안하고 있으나 2007년 고춧가루 제조공정 중 금속제거장치 설치가 의무화 되어 (식품의 기준 및 규격 중 개정 고시 제 2007 - 68호) 기준 준수 여부가 관건이 되므로 본 연구의 범위에는 주로 미생물 위해인자와 일부 화학적 위해인자를 포함하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

나. 공정 및 환경인자 분석

(1) 고추 제조 공정 분석

고춧가루 제조 공정 중 정량적 위험분석 모델을 개발하기 위하여 고춧가루의 표준가공공정을 분석하였다. 일반 고춧가루제조공정 4개 공정과 고추종합처리장 2개 공정을 대상으로 비교 분석한 결과, 일반 고춧가루 제조 공정은 원료투입부터 포장까지 일괄 공정으로 진행되며 에어, 물, 스팀을 이용하여 세척하는 공정을 포함하고 있다. 세척 이후에는 업체마다 다소 상이하나 물을 이용하는 경우 건조과정을 거쳐 공통적으로 조분쇄, 분쇄, 건조, 섯가루 제거 공정을 거쳐 포장된 후 출하 또는 저장하는 방식으로 운영되고 있다 (Fig. 2). 고추종합처리장의 경우 건고추 생산 공정과 고춧가루 생산 공정의 1단계로 운영되고 있으며 고추를 수매한 후 1, 2차 세척 또는 5단 세척한 후 세절하고 원적외선 등을 이용하여 저온 건조함으로써 건고추를 생산하고 있다. 건고추는 고춧가루 생산 공정에서 제조된 것을 저장한 후 분쇄, 입도선별, 철분제거, 살균공정을 거쳐 포장, 출하하고 있는 것으로 조사되었다. 본 연구에서는 4개 일반 공정을 비교 분석하여 공통적인 공정을 대상으로 다음과 같은 표준공정을 선정하였다 (Fig. 3).

(가) 일반 공정

표준공정	원료투입		세척		(건조)		조분쇄		분쇄		건조	씻가루제거		포장			
A	원료투입	에어 브러쉬	이물질 선별	에어세척		시료이송		조분쇄		혼합	분쇄	입도선별	건조	금속제거/UV살균	입도선별	포장	
B	원료투입			에어세척	브러쉬세척		열풍건조	냉각		과피, 종자분리	혼합	분쇄		건조	금속제거/UV살균	입도선별	포장
C	원료투입			스팀세척		꼭지제거	열풍건조	냉각		과피, 종자분리		분쇄	입도선별	건조	UV살균/씻가루제거		포장
D	원료투입			브러쉬세척						과피, 종자분리		분쇄				체선별	완제품 저장

(나) RPPC (고추종합처리장) 공정

	건고추 생산공정							고춧가루 생산공정								
E	원료투입	1차세척	이물질 선별	2차 세척	살균절단	저온건조		건고추 포장		세절건고추 투입	자동연속 분쇄	입도선별	철분제거	공기이송 CIP시스템	자동포장	
F		홍고추 5단세척			세절	저온건조 (원적외선)	선별	세절 건조추	꼭지제거	투입	육안선별	과피, 종자분리	롤밀파쇄	살균	자동포장	X-ray 식품 이물검출기

Fig. 2. Various processes for red pepper powder processing

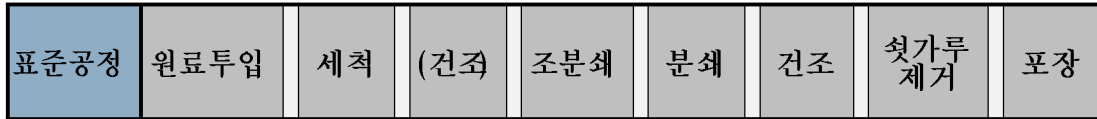


Fig. 3. Standard processes for red pepper powder processing

(2) 가공공정, 저장 및 유통 중 환경영향인자 분석

상기의 고춧가루 가공 공정 중 미생물 위해와 관련이 높은 단계로는 원료 보관, 세척, 분쇄, 분말 건조 단계에서 미생물 오염, 증식 또는 재 오염 가능성이 높을 것으로 추정되고 있다 (천석조 등, 2005). 특히 분쇄 단계의 경우 분쇄기에서 열이 발생하며 분쇄기 내부의 온도 관리가 이루어지지 않을 경우 미생물 증식 가능성이 높을 것으로 추정된다. 이에 분쇄기 호퍼 내부, 원료 저장 및 완제품 저장고 온도를 측정 한 결과 분쇄기 내부 온도는 낮게는 5℃ 내외부터 높게는 약 35℃ 정도로 계절에 따라 크게 달랐다 (Fig. 4).

11월 - 3월의 분쇄기 호퍼 내부 온도는 8.7±2.4℃ (오전 9시30분 측정값)에서 16.7±3.1℃ (오후 3시 30분 측정값)이었으나 4 - 10월의 경우 20.8±4.0℃ (오전 9시30분 측정값)에서 30.2±3.5℃ (오후 5시 50분 측정값)로 증가하였고 8월의 경우 33.5±1.0℃ (오후 5시 50분 측정값)으로 측정되어 분쇄기 호퍼 내부에 미생물이 존재하고 적절한 습도가 유지되면 증식하여 재 오염될 가능성이 있음을 시사한다. 위험분석에 활용할 수 있도록 분쇄기 호퍼 내부 온도에 대한 분포함수를 도출한 결과는 다음과 같다. 즉, 8월 중 가장 높은 온도인 오후 3시 30분과 오후 5시 50분 측정 온도를 대상으로 best-fit distribution을 도출하였다 (Fig. 5). 원료 저장고의 온도는 -1.3±0.4℃로 조사되었으며 계절에 따른 차이는 보이지 않았다 (Fig. 6). 완제품 저장고의 온도는 전체적으로 7.1 - 8.5℃였으며 역시 계절에 따른 차이는 보이지 않았고 (Table 8) 10℃ 이하로 관리되고 있어 저장 단계에서 오염된 미생물이 증식할 가능성은 낮음을 보여준다.

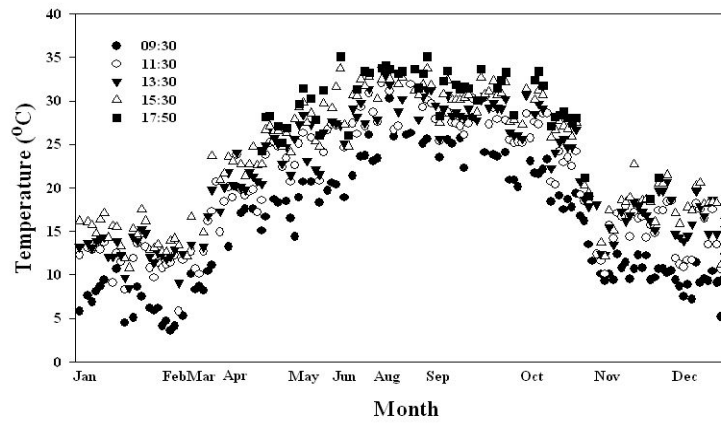


Fig. 4. Temperature variations in the milling machine during red pepper powder processing.

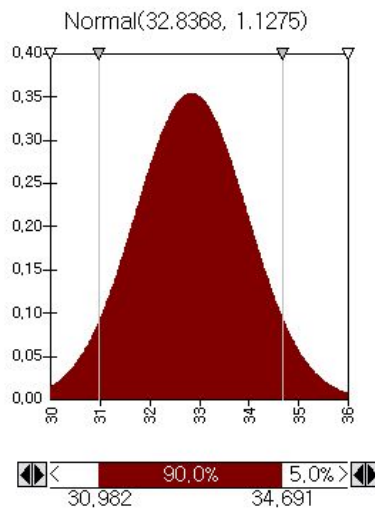


Fig. 5. Best fit distribution for temperature in the milling machine in the summer season.

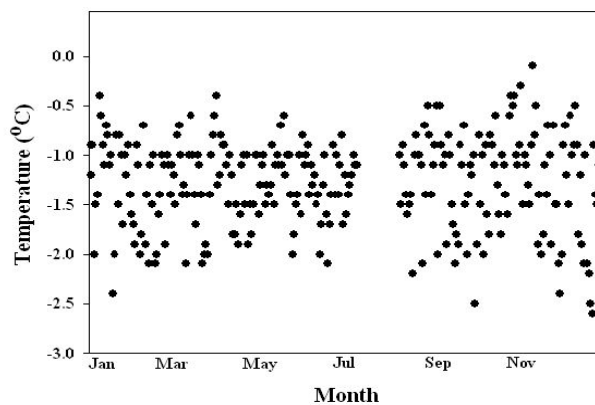


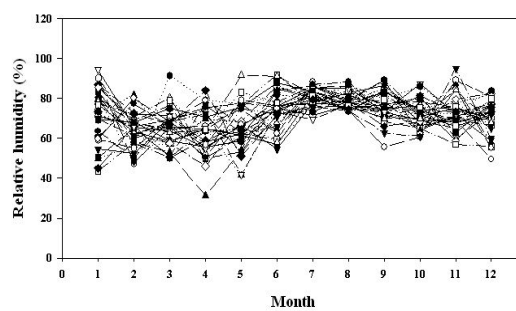
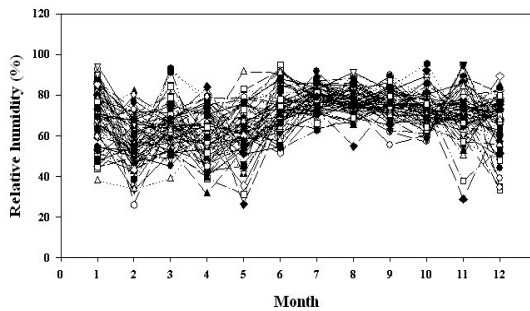
Fig. 6. Monthly temperatures in cold storage room for raw materials

Table 8. Monthly temperatures of cold storage room for processed red pepper powder products

	Mean	Stdev		Mean	Stdev
1월	7.4	0.6	7월	8.3	0.7
2월	7.3	0.6	8월	8.3	0.6
3월	8.0	0.6	9월	8.4	0.6
4월	8.4	0.6	10월	8.5	0.7
5월	8.3	0.6	11월	8.3	0.6
6월	8.3	0.6	12월	7.1	0.9

Table 9. Relative humidity in Andong and Imsil area

경북 안동 (평균±표준편차)				전북 임실 (평균±표준편차)							
1월	63.6	±11.9	7월	80.1	±7.9	1월	72.8	±10.0	7월	79.8	±5.5
2월	58.7	±14.2	8월	78.9	±9.0	2월	67.3	±10.7	8월	78.5	±5.7
3월	61.8	±15.3	9월	79.2	±8.6	3월	65.0	±11.2	9월	77.1	±7.4
4월	56.8	±13.3	10월	77.0	±9.1	4월	61.0	±11.4	10월	74.1	±6.3
5월	61.4	±13.8	11월	70.2	±14.1	5월	65.3	±11.2	11월	71.0	±8.0
6월	69.8	±11.2	12월	68.6	±15.0	6월	71.8	±9.5	12월	72.9	±8.2



대표적인 고추 생산 및 가공지역인 경북 안동과 전북 임실의 2007 - 2009년도 월별 상대습도를 조사한 결과 56.8±13.3 - 80.1±7.9%범위였다. 시판 포장 고춧가루의 수분 함량 및 수분활성도는 각각 9.3 - 13.5%와 0.35 - 0.54로 미생물 생육한계 아래였다 (Table 9).

다. 가공단계별 및 유통 시료 확보

앞에서 분석한 일반 고춧가루 제조 공정 중 표준공정 (Fig. 3)에 따라 가공단계별 시료를 채취하였으며 이송벨트, 입도선별기, 금속제거기, 포장기 표면 및 에어세척기, 혼합기, 분쇄기 내부의 표면시료를 채취 (swab)하여 오염 미생물을 분석하였다. 공기 중 미생물 검사를 위하여 저장, 원료투입, 제조, 포장 단계에서 공기시료를 수집, 미생물 분석하는 한편 오염원 추적을 위하여 토양 및 집진 시료를 수집하였다. 유통 시료는 고춧가루의 각 지역별 가공량을 고려하여 계층 층화 샘플링 방법에 의해 시료를 수집하였다 (Fig. 7-8, 세부 지역별 생산 및 가공량은 부록 참조). 유통 시료는 경기도 소재 대형할인매장에서 소포장 제품을 31종 수집하였으며 이 중 HACCP 적용 제품은 14점, 비적용 제품은 17점이었고, 친환경 여부를 기준으로 했을 때 친환경 제품은 6점, 일반 제품은 25점이었다.

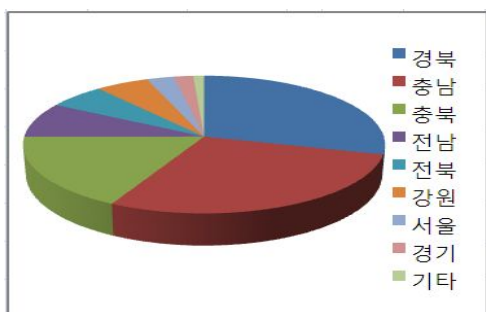


Fig. 7. The provincial productions amounts of red pepper powder.

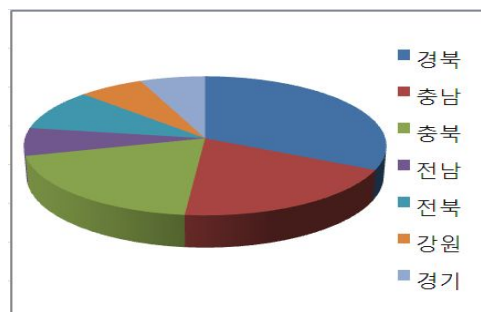


Fig. 8. The collected commercial red pepper powder products with different production sites

라. 이화학적 특성 분석

수집된 유통시료 (포장고춧가루)의 색, 수분함량, 수분활성도와 같은 이화학적 특성을 분석하였다. 유통되는 포장 고춧가루의 ASTA 값은 46 - 121범위였으며 평균 71이었다 (Table 10). 표면색도의 경우 Hunter's L, a, b 값은 각각 33.3 - 38.6, 10.9 - 20.1, 6.1 - 12.6이었고 ASTA값과 a값 (redness-greenness) 및 b값 (yellowness-blueness)과의 상관성은 각각 0.58, 0.21로 낮았다. HACCP 적용 시료의 평균 ASTA값은 74.3 (53.4 - 121.4)으로 미적용 시료의 평균값인 68.7 (45.9 - 88.5)보다 높았으나 통계적인 유의성은 없었으며 친환경 제품의 ASTA값은 73.3 (53.4 - 8.5)으로 일반제품의 70.7 (45.9 - 121.4)보다 평균값은 높았으나 역시 통계적 유의성은 없었다 (Fig. 9).

Table 10. ASTA values and surface color difference values of collected packaged red pepper powder products

Sample No.	ASTA	Surface color difference (mean±stdev)		
		L	a	b
1	75.0 ±0.2	35.7 ±0.3	17.2 ±0.7	10.2 ±0.6
2	64.0 ±0.7	33.9 ±0.2	13.3 ±0.2	7.5 ±0.1
3	53.0 ±0.6	35.0 ±1.4	16.8 ±0.1	10.2 ±0.1
4	74.0 ±1.9	33.8 ±0.3	14.1 ±1.4	8.0 ±0.9
5	74.0 ±0.2	35.3 ±0.4	15.9 ±0.5	9.4 ±0.4
6	70.0 ±1.5	36.3 ±0.4	17.8 ±0.3	11.2 ±0.4
7	65.0 ±1.4	34.4 ±0.5	15.0 ±0.9	8.3 ±0.6
8	65.0 ±0.4	35.8 ±0.2	18.3 ±0.2	11.2 ±0.1
9	72.0 ±0.8	35.3 ±0.2	16.6 ±0.4	10.0 ±0.1
10	46.0 ±0.9	36.1 ±0.3	17.3 ±0.1	11.5 ±0.1
11	74.0 ±0.8	35.8 ±0.3	18.0 ±0.2	10.1 ±0.2
12	54.0 ±0.0	33.3 ±0.1	10.9 ±0.9	6.1 ±0.6
13	50.0 ±0.4	35.3 ±0.4	13.9 ±0.6	8.8 ±0.4
14	77.0 ±0.8	36.8 ±0.3	18.1 ±0.4	10.8 ±0.3
15	53.0 ±0.5	38.6 ±0.3	17.1 ±0.3	12.6 ±0.2
16	67.0 ±1.8	33.7 ±0.3	12.4 ±0.1	7.2 ±0.3
17	77.0 ±0.8	35.7 ±0.6	16.8 ±0.7	9.9 ±0.4
18	72.0 ±0.3	35.8 ±0.4	16.6 ±0.6	9.8 ±0.5
19	86.0 ±0.8	34.4 ±0.1	15.8 ±0.1	8.4 ±0.2
20	55.0 ±1.0	35.8 ±0.4	14.6 ±0.0	9.3 ±0.3
21	93.0 ±1.0	36.6 ±0.2	20.1 ±0.6	10.3 ±0.4
22	71.0 ±0.5	34.9 ±0.4	17.1 ±0.2	10.5 ±0.4
23	88.0 ±1.4	36.2 ±0.2	19.0 ±0.3	11.3 ±0.5
24	121.0 ±0.9	37.0 ±0.2	19.9 ±0.3	11.3 ±0.2
25	66.0 ±0.2	34.7 ±0.1	14.8 ±0.4	8.4 ±0.2
26	66.0 ±0.3	34.8 ±0.2	15.6 ±1.0	9.3 ±0.8
27	78.0 ±0.1	35.4 ±0.2	16.5 ±0.4	9.1 ±0.3
28	89.0 ±0.4	36.6 ±0.5	18.5 ±1.2	10.6 ±0.7
29	60.0 ±0.0	35.7 ±0.3	14.8 ±0.7	9.0 ±1.4
30	71.0 ±0.3	35.6 ±0.1	17.9 ±0.2	10.9 ±0.1
31	81.0 ±0.2	34.6 ±0.2	16.7 ±0.5	9.4 ±0.4

유통시료의 수분함량은 9.2 - 13.5%으로 기준에 적합하였으며, 수분활성도 (A_w)는 0.35 - 0.54였다 (Table 11).

수집된 포장 고춧가루의 수분함량 또는 수분활성도를 제품의 총균수와 비교하였다 (Fig. 11). HACCP 적용 여부 (A,B), 친환경여부 (C,D) 제품 모두 수분함량과 총균수와의 상관성은 0.009 - 0.119 (Fig. 10. A, C), 수분활성도와 총균수와의 상관성은 -0.008에서 -0.463 (Fig. 10. B, D)으로 낮아 최종제품의 수분함량 또는 수분활성도가 제품의 총균수에 미치는 영향은 크지 않았다.

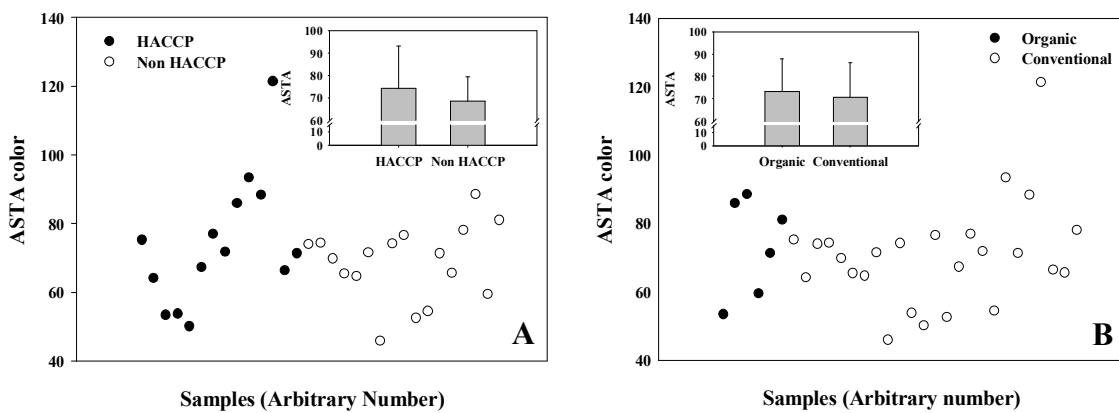


Fig. 9. ASTA color values for packaged red pepper powder products. A; HACCP and non HACCP products, B; Organic and conventional products.

Table 11. Water contents and water activity of collected packaged red pepper powder products

Sample No.	Water content (% , mean \pm stdev)	aw (mean \pm stdev)	Sample No.	Water content (% , mean \pm stdev)	aw (mean \pm stdev)
1	11.1 \pm 0.1	0.493 \pm 0.001	17	9.2 \pm 0.7	0.473 \pm 0.004
2	11.9 \pm 0.3	0.523 \pm 0.001	18	9.6 \pm 0.9	0.421 \pm 0.009
3	9.3 \pm 0.6	0.350 \pm 0.001	19	12.2 \pm 0.6	0.509 \pm 0.002
4	11.4 \pm 0.7	0.519 \pm 0.000	20	10.2 \pm 0.9	0.428 \pm 0.000
5	11.3 \pm 0.4	0.535 \pm 0.001	21	10.6 \pm 0.5	0.446 \pm 0.004
6	10.6 \pm 0.3	0.485 \pm 0.001	22	13.0 \pm 1.0	0.517 \pm 0.001
7	11.0 \pm 1.0	0.488 \pm 0.001	23	11.1 \pm 0.2	0.490 \pm 0.001
8	9.8 \pm 0.2	0.429 \pm 0.001	24	10.6 \pm 0.3	0.502 \pm 0.001
9	10.7 \pm 1.2	0.478 \pm 0.001	25	12.1 \pm 0.3	0.494 \pm 0.003
10	10.0 \pm 0.3	0.450 \pm 0.001	26	9.7 \pm 0.7	0.413 \pm 0.002
11	9.7 \pm 0.2	0.427 \pm 0.001	27	10.0 \pm 0.4	0.427 \pm 0.001
12	13.5 \pm 0.9	0.534 \pm 0.001	28	11.3 \pm 1.0	0.427 \pm 0.000
13	10.4 \pm 0.6	0.463 \pm 0.001	29	11.6 \pm 1.2	0.478 \pm 0.003
14	12.4 \pm 2.1	0.444 \pm 0.001	30	12.1 \pm 1.3	0.407 \pm 0.001
15	9.8 \pm 0.8	0.520 \pm 0.001	31	10.0 \pm 0.6	0.407 \pm 0.001
16	11.8 \pm 0.6	0.539 \pm 0.002			

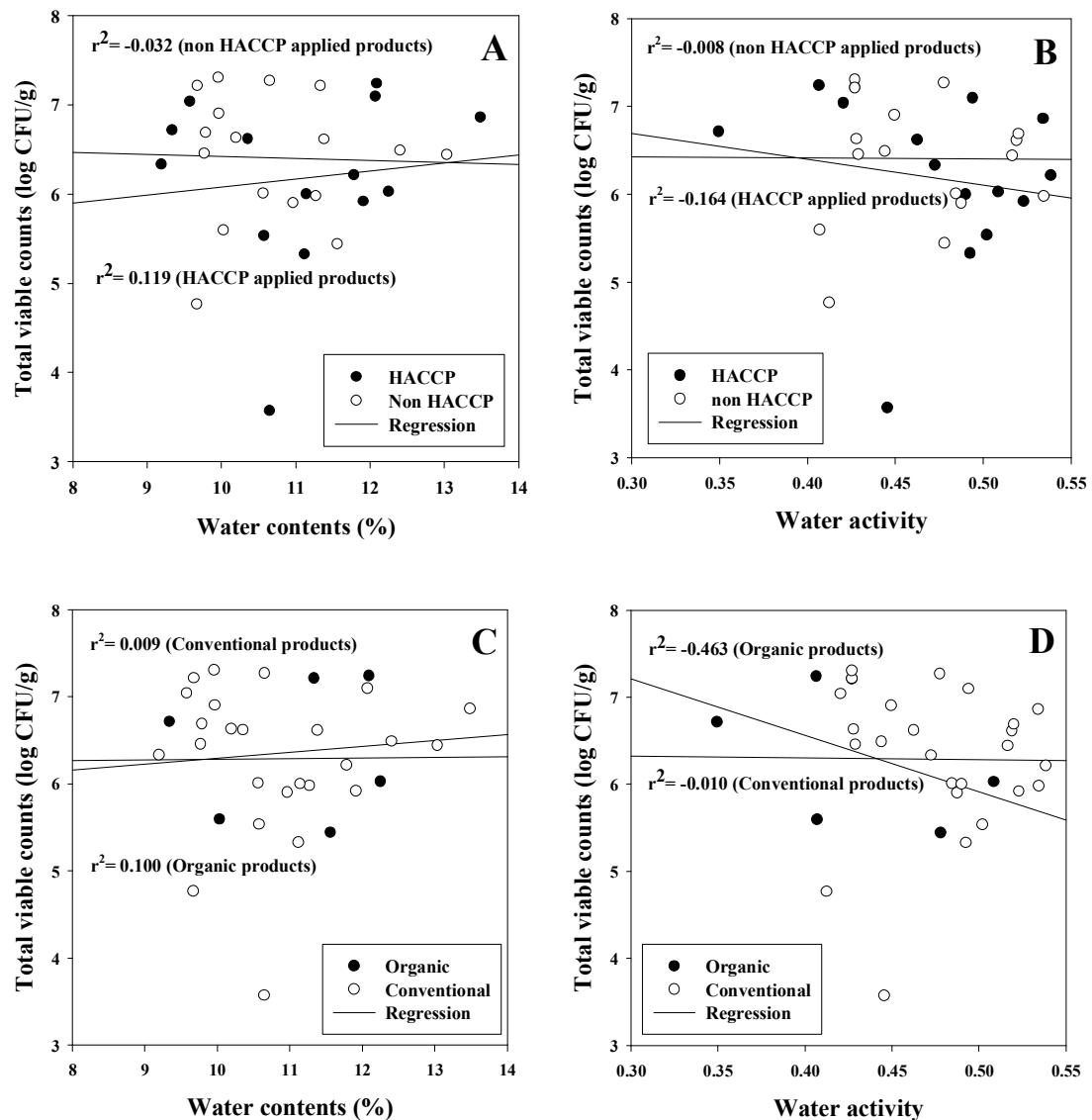


Fig. 10. Correlations between total viable counts and water contents or water activity of packaged red pepper powder products. A; Total viable cell counts vs. water contents (HACCP and non HACCP products), B; Total viable cell counts vs. water activity (HACCP and non HACCP products), C; Total viable cell counts vs. water contents (organic and conventional products), D; Total viable cell counts vs. water activity (organic and conventional products).

2. 고추 가공공정에 대한 정량적 위험분석 모델 개발

가. 화학적 물리적 위해인자의 정량적 위험분석

(1) 잔류농약

㉠ 정량적 위험분석 모델 개발 개요

잔류농약의 정량적 위험분석 모델 개발 구조는 다음 Fig. 11과 같다. 1단계인 정보 수집 및 분석단계에서는 기존 부적합 농약 정보를 바탕으로 분석대상 농약을 선정한 후 GC/MS를 이용하여 잔류농약을 분석하고 한편으로는 대상 농약에 대한 오염율 및 오염농도 정보를 수집, 분석하였다. 2단계인 확률분포함수 개발 부분에서는 수집, 분석된 오염율 및 오염도정보를 바탕으로 고춧가루 중 잔류농약 오염도에 대한 최적 분포함수를 구축하였다. 마지막 3단계에서는 섭취량, 인체노출인자 및 오염도 분포함수를 이용하여 확률위험분석모델을 개발하였다.

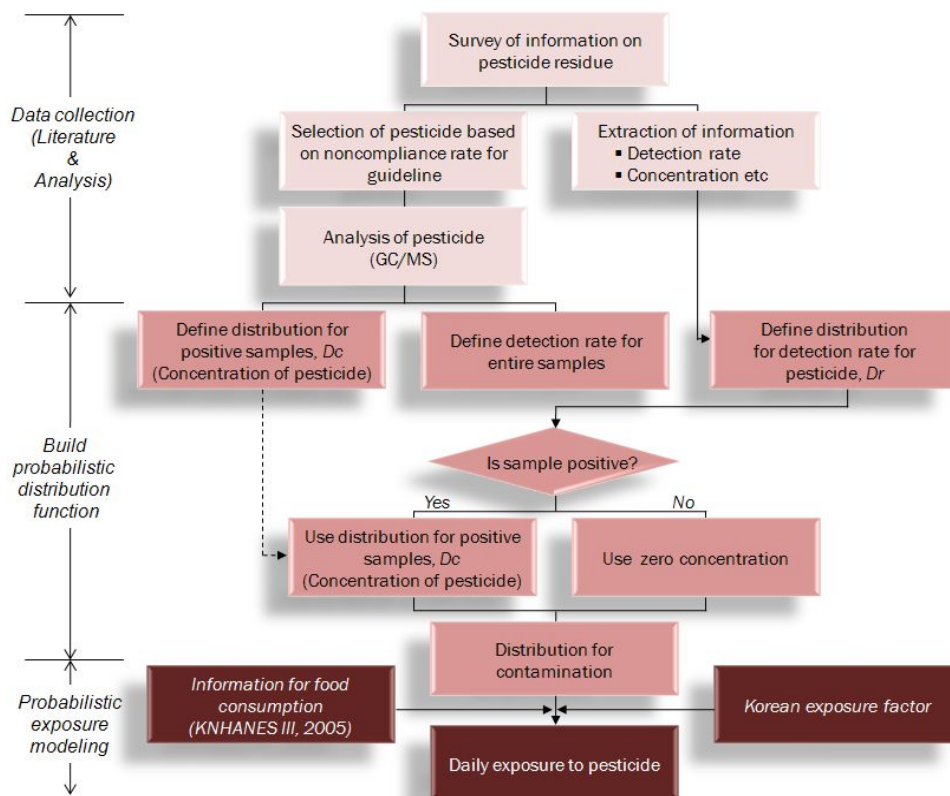
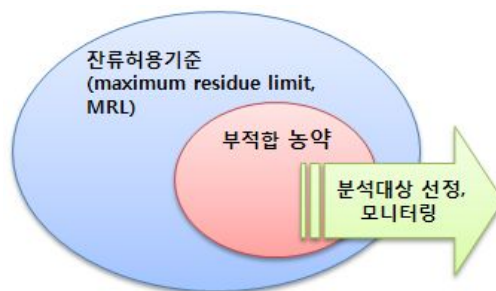


Fig. 11. Framework for probabilistic risk model (pesticide residue)

㉔ 1단계 : 정보수집 및 분석

① 대상 농약 선정

본 연구에서 잔류농약 분석은 다음의 절차에 따라 고춧가루 중 잔류허용기준이 설정된 농약 중 문헌 분석 결과 부적합 빈도가 높은 농약을 1차 선정하고, 부적합 빈도가 높은 농약 중 생고추에 대해 잔류허용기준이 설정된 농약을 2차 선정하여 분석대상 농약 12종을 선정하였다 (Table 12). 시판 포장고춧가루 시료를 31종 수집하여 다음의 방법에 따라 잔류농약을 분석하였다.



농약은 농작물의 생산성 증대, 품질향상, 병충해 방제 및 노동력 절감 등을 위하여 농약의 사용량이 증가함에 따라 농약의 잔류허용량을 설정하고 있다. 농약잔류허용기준 (Maximum Residue Limit, MRL)이란 농산물 중에 남아있는 농약성분을 사람이 일생동안 섭취하여도 과학적으로 아무런 해가 없는 수준의 양을 법적으로 허용하는 기준량을 말한다.

고춧가루의 잔류농약 기준은 건조고추기준에 준하며, 현재 우리나라에서 식품의약품안전청에서 농산물의 농약잔류허용기준이 설정되고 있는 농약은 380종이며, 건고추에서는 Acetamiprid 등 28개의 농약성분 대한 잔류허용량이 설정되어 있다. 2008년도 품목별 부적합 농약성분 검출 내역에 따르면 붉은 고추에서 Endosulfan 외 13개 농약성분에서 29건, 건고추에서 Endosulfan 외 9개 농약성분에서 18건이 검출되었다고 보고 하였다. 건조 과채류 중 건조 고추는 잔류농약의 분포가 다양하고 검출률이 매우 높는데 이는 고추에서 발생하는 수많은 바이러스를 매개하는 진딧물이 번식력이 강하여 거의 전 생육기간에 걸쳐 발생하며, 각종 병해와 더불어 해충의 피해도 많은 작물이기 때문에 잦은 농약의 사용을 필요로 하기 때문이라고 사료된다. MRL 초과율은 풋고추와 홍고추보다 건고추와 고춧가루에서 더 높았으며 일부 농약은 고추와 고춧가루에서 MRL을 초과하였으나 추정식이섭취량 (EDI)은 1일 섭취허용량(ADI)의 1.6% 미만으로 안전한 것으로 평가된 바 있다 (김광일 외, 2006).

Table. 12. MRLs for pesticides for dried red pepper and analyzed pesticides

농약명 (국문)	농약명 (영문)	a 잔류허용 기준 (mg/kg)	출처		
			ARPC 보고서 (2001)	2008 건고추 중 부적합 농약 (2008)	식품의약품 안전청 (2005)
아세타미프리트	Acetamiprid	10			
아진포스-메틸	Azinphos-methyl	1.0			
아зок시스트로빈	Azoxystrobin	7			
비펜스린	Bifenthrin	3			
카벤다짐	Carbendazim	15			
클로르헨나피르	Chlorfenapyr	5			■
클로르피리포스	Chlorpyrifos	1	■	■	■
클로로타로닐	Chlorothalonil	15			
크로치아니딘	Clothianidin	10			
싸이할로쓰린	Cyhalothrin	2			
싸이퍼메쓰린	Cypermethrin	1		■	■
다이아지논	Diazinon	3			■
디크로프루아니드	Dichlofluanid	5			
디에토펜카브	Diethofencarb	3			
폴펫	Folpet	25			
이미다크로프리트	Imidacloprid	3			
인독사카브	Indoxacarb	5			
이프로디온	Iprodione	15			
루페누론	Lufenuron	2			
메타락실	Metalaxyl	5			
메소틸	Methomyl	5			
메톡시페노자이드	Methoxyfenozide	5			
마이클로부타닐	Myclobutanil	5			
프로시미돈	Procymidone	15			■
피라크로포스	Pyraclofos	5			
테부코나졸	Tebuconazole	5			
테트라코나졸	Tetraconazole	3			
트리클로폰	Trichlorfon (DEP)	0.02			
	Chlorpyrifos-methyl	0.1 ^b		■	
	alpha-Endosulfan	합계기준 5	■	■	■
	beta-Endosulfan		■	■	■
	Endosulfan sulfate				
	EPN	0.1 ^b	■	■	
	Fenitrothion	0.1 ^b	■		
	Fenvalerate	0.1 ^b	■		
	Methidathion	- ^c		■	

^a : Minimum residual level (MRL) provided by Korea Food and Drug Administration. www.safeq.go.kr (Accessed July 9, 2009)

^b : Green & red pepper (fresh)

^c : Not specified for green and red pepper. Regulated for almond and other fresh produces such as sorghum (0.1), green tea extracts (dried and processed powder 0.2), tea (dried 0.2), cottonseed (0.2), almond (0.05), www.safeq.go.kr (Accessed July 9, 2009)

출처 : 식품의 농약 잔류허용기준 (2009) 식품의약품안전청

품목별 부적합 농약성분 검출 내역, 농식품 안심안전 서비스 SafeQ, www.safeq.go.kr

② 고춧가루 중 잔류농약 분석

수집된 시료를 대상으로 앞에서 선정한 고춧가루 중 잔류농약 문헌자료로부터 부적합빈도가 높은 농약 13종을 GC-MSD로 분석하였다. 잔류농약 13종 중 총 6종 (α -endosulfan, β -endosulfan, chlorpyrifos, cypermethrin, fenvalerate 및 procymidone)이 검출되었으며, chlorpyrifos와 cypermethrin은 잔류허용기준을 초과하였다. 잔류허용기준을 초과한 농약의 GC/MS 크로마토그램은 Fig. 11과 같다. 시판 포장고춧가루 중 농약의 잔류허용기준 초과율은 전체적으로는 16%였으며 chlorpyrifos의 경우 기준을 초과한 시료가 3점 (9.7%), cypermethrin은 기준 초과 시료가 2점 (6.5%)이었다. 시료 생산 시 HACCP 적용 여부, 친환경 여부에 따라 살펴본 결과 HACCP 제품 중 1건, 비HACCP 제품 중 4건에서 잔류허용기준을 초과하는 농약이 검출되었고 친환경 시료 중 잔류허용기준을 초과하는 시료는 없었다.

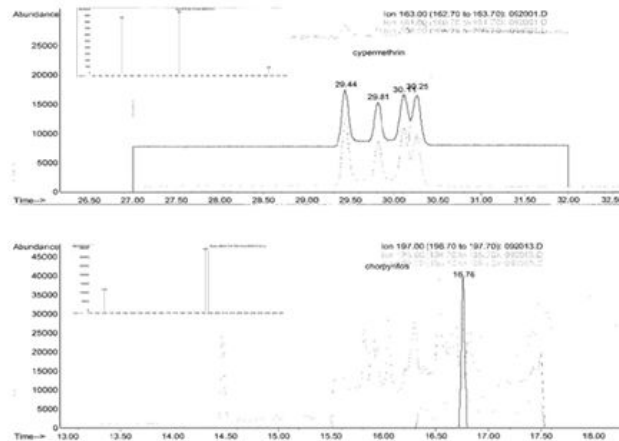


Fig. 12. Gas chromatography/mass spectrometry chromatogram of (a) chlorpyrifos and (b) cypermethrin in sample. Inset figure showed SIM mass spectrum of chlorpyrifos and cypermethrin.

Table 13. Analysis of residual pesticides in red pepper powder

농약명 (영문)	^a 잔류허용기준 (mg/kg)	No. of samples above MRL (%)	Detection range (mg/kg)
Chlorfenapyr	5	0 (0)	0
Chlorpyrifos	1	3 (9.7)	0~2.35
Cypermethrin	1	2 (6.5)	0~1.23
Diazinon	3	0 (0)	0
Procymidone	15	0 (0)	0~0.33
Chlorpyrifos-methyl	0.1 ^b	0 (0)	0
alpha-Endosulfan	합계기준 5	0 (0)	0~0.5
beta-Endosulfan			
Endosulfan sulfate			
EPN	0.1 ^b	0 (0)	0
Fenitrothion	0.1 ^b	0 (0)	0
Fenvalerate	0.1 ^b	0 (0)	0~0.10
Methidathion	- ^c	0 (0)	0

^a MRL : Maximum Residue Limit

Table 14. Comparison of residual pesticides levels

Pesticides	HACCP			non HACCP		
	Detection (%)	Above MRL (%)	Range (mean), (mg/kg)	Detection (%)	Above MRL (%)	Range (mean), (mg/kg)
Daizinone	0	0	0			
Chlorpyrifos-methyl	0	0	0			
Fenitrothion	0	0	0			
Methidathion	0	0	0			
EPN	0	0	0			
Chlorpenapyr	0	0	0			
Chlorpyrifos	21.4	7.1	0~2.35 (1.2)	35.3	11.8	0~1.57 (1.0)
Cypermethrin	85.7	0	0~0.21 (0.09)	82.4	11.8	0~1.23 (0.36)
Endosulfan	28.6	0	0~0.48 (0.08)	29.4	0	0~0.5 (0.11)
Fenvalerate	64.3	0	0~0.10 (0.02)	76.5	0	0~0.06 (0.02)
Procymidone	21.4	0	0~0.33 (0.05)	5.9	0	0~0.18 (0.01)

Total viable count	HACCP	No HACCP
	Range (mean), (cfu/g)	Range (mean), (cfu/g)
	3.7E+03~1.7E+07 (4.6E+06)	5.8E+04~2.0E+07 (6.2E+06)

Pesticides	Organic			Conventional		
	Detection (%)	Above MRL (%)	Range (mean), (mg/kg)	Detection (%)	Above MRL (%)	Range (mean), (mg/kg)
Daizinone	0	0	0			
Chlorpyrifos-methyl	0	0	0			
Fenitrothion	0	0	0			
Methidathion	0	0	0			
EPN	0	0	0			
Chlorpenapyr	0	0	0			
Chlorpyrifos	0	0	0~0 (0)	36.0	12.0	0~2.35 (0.39)
Cypermethrin	33.3	0	0~0.21 (0.02)	96.0	11.8	0~1.23 (0.29)
Endosulfan	0	0	0~0 (0)	36.0	0	0~0.53 (0.12)
Fenvalerate	0	0	0~0 (0)	88.0	0	0~0.10 (0.03)
Procymidone	0	0	0~0.33 (0)	16.0	0	0~0.33 (0.04)

Total viable count	Organic	Conventional
	Range (mean), (cfu/g)	Range (mean), (cfu/g)
	2.8E+05~1.7E+07 (6.8E+06)	3.8E+03~2.0E+07 (5.2E+06)

③ 잔류 농약 정보 수집

앞에서 설계한 단계적 접근법에 의한 위험분석 모델에 따라 기기분석으로 얻은 고춧가루 중 잔류농약 오염도와 더불어 문헌자료로부터 농약의 오염도를 추가로 수집 분석하였다. 식이노출을 통한 위험분석을 하고자 고춧가루 중 농약 오염도 정보를 수집 분석하였다. 원초 중 잔류농약 오염도 (Table 15)와 고춧가루 중 중 잔류농약 오염도 비교 (Table 16)는 아래와 같다. 기기분석 결과와 문헌을 통한 기존 잔류농약 오염도 결과로부터 검출빈도가 높고 MRL 이상 검출된 농약 2종을 (chlorpyrifos, cypermethrin) 위험분석 대상으로 선정하였다.

Table 15. Contamination of pesticide residue for red pepper

농약명	(A.) Dried red pepper			(A) Red pepper			(B) Dried red pepper	(C) pepper
	Detection rate (%)	range (mg/kg)	mean (mg/kg)	Detection rate (%)	range (mg/kg)	mean (mg/kg)	mean (mg/kg)	mean (mg/kg)
Acetamiprid								
Azinphos-methyl								
Azoxystrobin								
Bifenthrin								
Carbendazim								
Chlorfenapyr								
Chlorpyrifos	22	0.018-0.467	0.173	22	0.012-0.272	0.071	0.303	1.27
Chlorothalonil	78	0.056-0.134	0.094	78	0.011-0.792	0.130		
Clothianidin								
Cyhalothrin	22	0.146-0.175	0.132	22	0.032-0.043	0.028		
Cypermethrin	56	0.301-2.163	0.847	56	0.052-0.262	0.145	0.027	
Diazinon								
Dichlofluanid								
Diethofencarb								
Folpet								
Imidacloprid								
Indoxacarb								
Iprodione								
Lufenuron	11	0.807-0.807	0.406	11	0.148-0.148	0.080		
Metalaxyl							1.471	
Methomyl								
Methoxyfenozide								
Myclobutanil								

Table 15. Contamination of pesticide residue for red pepper (continued)

농약명	(A.) Dried red pepper			(A) Red pepper			(B) Dried red pepper	(C) pepper
	Detection rate (%)	Range (mg/kg)	Mean (mg/kg)	Detection rate (%)	Range (mg/kg)	Mean (mg/kg)	Mean (mg/kg)	Mean (mg/kg)
Procymidone	22	0.180-0.368	0.619	11	0.064-0.064	0.135		
Pyraclofos								
Tebuconazole	33	0.042-0.517	2.494	22	0.084-0.108	0.581	2.539	
Tetraconazole								
Trichlorfon (DEP)								
Chlorpyrifos-methyl								
alpha-Endosulfan								
beta-Endosulfan	100	0.710-2.797	1.288	22	0.349-0.713	0.132	0.155	2.23
Endosulfan sulfate								
EPN							6.868	
Fenitrothion	11	0.024-0.024	0.315	11	0.107-0.107	0.074		
Fenvalerate	44	0.196-1.356	0.499	44	0.025-0.291	0.096	0.473	
Methidathion								

A. 충북지역 산지 고추와 유통 고춧가루 중 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가. 2006. 김광일 외. Korean J. Pesticide Sic. 10 (1) 15-21.

B. 서울시 유통 건조농산물 중의 농약잔류 실태 연구. 2007. 김성단 외. Korean J. Food. Sci, Technol. 39 (2) 114-121.

C. 서울 강북지역 유통 농산물 중 농약잔류실태 조사. 2009. 박성규 외. Journal of Food Hygiene and Safety. 24 (1) 22-37.

Table 16. Contamination of pesticide residue for red pepper powder

농약명	(A)			(B)			(C)			(D)	
	Detection rate (%)	Range (mg/kg)	Mean (mg/kg)	Detection rate (%)	Range (mg/kg)	Mean (mg/kg)	Detection rate (%)	Range (mg/kg)	Mean (mg/kg)	Detection rate (%)	Range (mg/kg)
Acetamiprid											
Azinphos-methyl											
Azoxystrobin										5.0	1.573-4.808
Bifenthrin							불검출				
Carbendazim											
Chlorfenapyr	불검출			50	0.049-0.196	0.122				1.7	0.865-0.865
Chlorpyrifos	29	0.588-2.351	1.087	100	0.115-0.697	0.262	44.7	0.13-0.80	0.31	10.0	0.554-1.472
Chlorothalonil				100	0.043-0.168	0.079	불검출				
Clothianidin											
Cyhalothrin				50	0.022-0.078	0.080					
Cypermethrin	84	0.024-1.228	0.280	100	0.351-1.109	0.652	불검출			13.3	1.788-4.265
Diazinon	불검출										
Dichlofluanid											
Diethofencarb											
Folpet							불검출				
Imidacloprid											
Indoxacarb											
Iprodione											
Lufenuron				50	0.039-0.321	0.217					
Metalaxyl											
Methomyl											
Methoxyfenozide											

Table 16. Contamination of pesticide residue for red pepper powder (continued)

농약명	(A)			(B)			(C)			(D)	
	Detection rate (%)	Range (mg/kg)	Mean (mg/kg)	Detection rate (%)	Range (mg/kg)	Mean (mg/kg)	Detection rate (%)	Range (mg/kg)	Mean (mg/kg)	Detection rate (%)	Range (mg/kg)
Myclobutanil											
Procymidone	13	0.164-0.330	0.231	63	0.091-0.188	0.324					
Pyraclofos											
Tebuconazole				88	0.036-0.697	0.196				17.7	3.150-7.437
Tetraconazole											
Trichlorfon (DEP)											
Chlorpyrifos-methyl	불검출			13	0.010-0.010	0.140					
alpha-Endosulfan	29	0.031-0.530	0.330								
beta-Endosulfan				100	0.246-1.418	0.653					
Endosulfan sulfate	불검출										
EPN	불검출			50	0.309-2.044	0.687					
Fenitrothion	불검출			38	0.359-0.359	0.454	2.1	5.34-5.34	5.34		
Fenvalerate	71	0.074-0.520	0.154	100			4.3	0.83-0.83	0.83	13.3	1.438-2.499
Methidathion	불검출			13			불검출				

A. 본 연구 분석 데이터

B. 충북지역 산지 고추와 유통 고춧가루 중 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가. 2006. 김광일 외. Korean J. Pesticide Sic. 10 (1) 15-21.

C. 고춧가루 제조, 유통 중 위해인자의 분석 및 관리기준 설정 연구. 2001. 정구민.

D. 저장온도와 기간에 따른 고춧가루 중 농약의 잔류량 변화. 2009. 조성에 외. 농약과학회지. 12 (3) 127-132.

㉔ 2단계 : 확률분포함수 개발

1단계 분석 결과와 문헌으로부터 도출한 오염율 및 오염도 정보를 바탕으로 확률분포함수를 개발하였다. 분석 결과값을 대상으로 @Risk 프로그램을 이용하여 오염도에 대한 확률분포함수를 도출하였고 오염율에 대한 분포함수는 분석결과의 오염율 및 문헌 정보의 오염율을 이용하여 Pert distribution을 구성하였다 (Table 17).

Table 17. Distributions for contamination level of chloropyrifos and cypermethrine in red pepper powder

오염도	Chloropyrifos			Cypermethrin		
	detetion rate	Mean (mg/kg)	오염도 분포	detetion rate	Mean (mg/kg)	오염도 분포
Study 1	0.29	1.087	Expon (0.49899)	0.84	0.280	Lognorm (0.28685,0.67214)
Study 2	1.00	0.262		1.00	0.652	
Study 3	0.45	0.310				
Study 4	0.10	0.513		0.13	3.027	

㉕ 3단계 : 확률위험분석모델 개발 및 결과

3단계로 잔류허용기준이 초과된 chloropyrifos 및 cypermethrin의 오염도에 대한 확률분포함수를 이용하여 몬테카를로 시뮬레이션에 의한 식이노출량을 추정하였다. 고춧가루 중 chloropyrifos와 cypermethrine의 확률위험분석모델은 시료 중 오염율, 오염도, 섭취량 및 인체지수에 대한 확률분포를 활용하여 개발되었으며 입력변수는 아래와 같다 (Table 18). 확률위험분석모델은 @Risk를 이용하여 개발하였으며 각 확률분포함수로부터 100,000번 계산을 반복하도록 몬테카를로 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션 결과 분석한 잔류농약 중 노출수준이 높았던 chloropyrifos와 cypermethrin 모두 연령군별 95th percentile 식이노출량은 일일 섭취허용량 (acceptable daily intake, ADI)의 0.04%이하로 추정되어 고춧가루 섭취에 의한 두 잔류농약의 위해도는 낮았으며 본 연구에서 개발된 단계적 접근법에 의한 확률위해평가모델을 활용함으로써 효율적인 확률노출평가 수행이 가능하였다 (Table 29).

Table 18. Variables and distribution for risk model (pesticide)

Variables	Definition	Unit	Distribution/Model	Sources
Dr	Detection rate of pesticide	-	Pert (0.1, 0.46, 1)	Kim et al., 2006 Jung et al., 2001 Cho et al., 2009
Dc	Concentration of pesticide in positive samples	mg/kg	Expon (0.49899, shift (0.5323))	Analyzed data
C	Consumption amount	g	-	KNHANES III, 2005
BW	Body weight	kg	-	KFDA 2004

Table 19. Risk assessment of dietary exposure to residual pesticides

Gender	Age (years)	Body ¹⁾ weight (kg)	Chlorpyrifos					Cypermethrin				
			ADI ²⁾ (µg/kg /day)	Daily exposure		% ADI ³⁾		ADI (µg/kg/day)	Daily exposure		% ADI	
				mean (µg/kg bw /day)	95 th percentile (µg/kg bw /day)	mean	95 th percentile		mean	95 th percentile	mean	95 th percentile
Male	3-6	19.25	10	0.018	0.0096	0.0610	0.0317	50	0.007	0.0007	0.0286	0.0030
	7-12	40.65	10	0.017	0.0043	0.0580	0.0143	50	0.007	0.0003	0.0269	0.0013
	13-19	58.43	10	0.016	0.0027	0.0517	0.0088	50	0.006	0.0002	0.0242	0.0008
	20-29	70.61 ⁴⁾	10	0.021	0.0029	0.0689	0.0098	50	0.008	0.0002	0.0323	0.0009
	30-49	70.61 ⁴⁾	10	0.025	0.0035	0.0833	0.0118	50	0.009	0.0003	0.0388	0.0011
	50-64	68.62 ⁵⁾	10	0.022	0.0032	0.0735	0.0107	50	0.008	0.0002	0.0341	0.0010
	65-	66.58	10	0.017	0.0025	0.0557	0.0084	50	0.006	0.0002	0.0259	0.0008
Female	3-6	18.77	10	0.022	0.0115	0.0722	0.0385	50	0.008	0.0009	0.0333	0.0035
	7-12	36.37	10	0.015	0.0042	0.0510	0.0140	50	0.006	0.0003	0.0237	0.0013
	13-19	51.31	10	0.016	0.0031	0.0525	0.0102	50	0.006	0.0002	0.0243	0.0009
	20-29	54.66 ⁴⁾	10	0.022	0.0041	0.0739	0.0135	50	0.008	0.0003	0.0343	0.0013
	30-49	54.66 ⁴⁾	10	0.021	0.0039	0.0706	0.0129	50	0.008	0.0003	0.0329	0.0012
	50-64	56.75 ⁵⁾	10	0.019	0.0033	0.0622	0.0110	50	0.007	0.0002	0.0291	0.0010
	65-	60.79	10	0.015	0.0025	0.0500	0.0082	50	0.006	0.0002	0.0232	0.0008

¹⁾ KFDA 2004

²⁾ ADI : Acceptable daily intake (µg/kg/day)

³⁾ % ADI = Daily exposure / ADI(µg/kg/day x body weight(kg) x 100

⁴⁾ Mean body weight of 19-44 year old group for males and females

⁵⁾ Mean body weight of 45-64 year old group for males and females.

(2) 곰팡이독소

㉔ 정량적 위험분석 모델 개발 개요

아플라톡신은 *Aspergillus*속, *Penicillium*속 및 *Fusarium*속에 의해서 생성되는 독소이다. 아플라톡신의 종류에는 B₁ (AFB₁), B₂ (AFB₂), G₁ (AFG₁), G₂ (AFG₂)가 있으며, 이 중 AFB₁은 식품에서 높은 농도로 발견되는 아플라톡신의 가장 흔한 형태이다. 아플라톡신은 농산물의 생육기간 및 저장, 유통 중에 생기는 곰팡이에 의하여 생성되어 열에 비교적 안정하기 때문에 조리 및 가공 후에도 분해되지 않는 특징이 있다. 대부분은 저장 곡물에서 검출되는데, 특히 고추, 후추 등의 향신료는 대부분 고온 다습한 열대 기후 지역에서 생산되므로 아플라톡신에 오염되기 쉽다. 우리나라에서는 식품에서의 고추, 후추 등의 향신료의 사용이 매우 광범위하다. 특히, 공기 중에 노출시킨 채로 햇빛에서 말린 형태의 고추로 가공한 고춧가루의 사용이 빈번하므로 불충분한 건조 과정 등의 이유로 가공된 고춧가루 및 고추장에서의 아플라톡신에 의한 오염도가 높을 것으로 추측 가능하다.

아플라톡신은 세계 각 나라별로 기준 및 규격을 설정하여 관리를 강화하고 있는데 가장 독성이 강한 B₁으로 관리하는 경우와 총 아플라톡신 (B₁, B₂, G₁, G₂)으로 관리하는 경우가 있다. 우리나라는 식품공전 (2009)상에 곰팡이독소 기준이 있는데, 장류 (메주 제외) 및 고춧가루의 경우 총 아플라톡신 15 µg/kg 이하 (단, B₁은 10 µg/kg 이하이어야 한다) 로 기준을 설정하고 있다.

곰팡이독소 중 고춧가루에서 기준치가 설정된 아플라톡신에 대한 정량적 위험분석 모델 개발 구조는 다음 Fig. 13과 같다. 1단계인 정보 수집 및 분석단계에서는 아플라톡신의 오염율 및 오염농도 정보를 수집, 분석하였고 2단계인 확률분포함수 개발 부분에서는 수집 및 분석된 오염율 및 오염도정보를 바탕으로 고춧가루 중 아플라톡신 오염도에 대한 최적 분포함수를 구축하였다. 마지막 3단계에서는 섭취량, 인체 노출인자 및 오염도 분포함수를 이용하여 확률위험분석모델을 개발하였다.

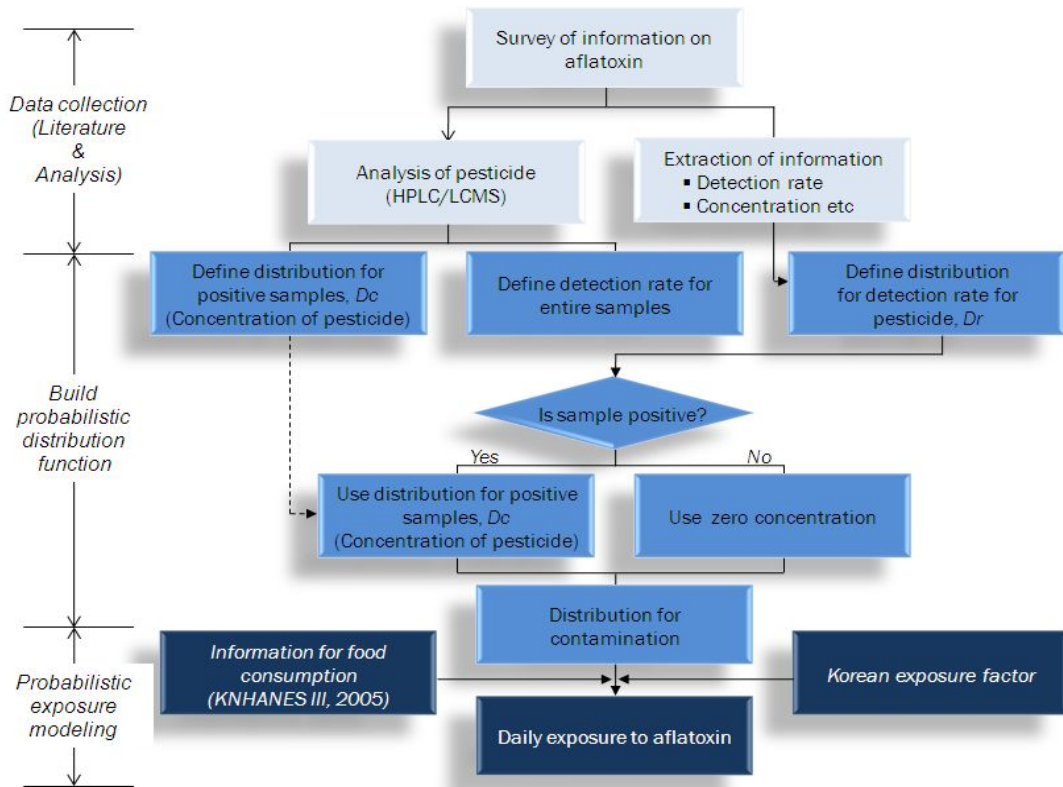


Fig. 13. Framework for probabilistic risk model (aflatoxin).

㊦ 1단계 : 오염도 정보 분석

Pubmed, Sciencedirect 및 NDSL database를 이용하여 수집한 국내 고춧가루 중 아플라톡신에 대한 오염도는 아래 Table 20과 같다. 최근 5년간 국내 고추, 고춧가루 및 고추장에 대한 국내의 문헌을 분석한 결과 고춧가루에 대한 4건의 문헌을 대상으로 검출율과 오염도를 분석하였다. 고춧가루 및 가공품 중 아플라톡신 오염도 정보를 분석한 결과 평균적으로 기준을 초과하는 시료는 없는 것으로 분석되었다. 고춧가루 중 아플라톡신 검출율은 2.4 - 57.1%였으며 평균 검출율은 25.5%였다. 이로부터 고춧가루 중 아플라톡신 오염율, 오염도를 추출하여 최적 확률분포함수를 구한 후 확률위험분석모델 개발에 활용하였다.

Table 20. Contamination of aflatoxin in dried red pepper and product in Korea

		Aflatoxins ($\mu\text{g}/\text{kg}$)					연도	지역	참고문헌
		AFB ₁	AFB ₂	AFG ₁	AFG ₂	AFs			
Red pepper	Processed products (red pepper flour, incidence=7/41)	0.08	ND	ND	ND	0.08	2006	randomly collected (Gangneung, Wonju, Seoul, Anyang, Daejeon, Cheongju, Gwangju, Sunchang, Daegu, Busan)	Aflatoxins contamination in spices and processed spice products commercialized in Korea, S.-H. CHO et al., 2008
		0.09	ND	ND	ND	0.09			
		0.11	ND	ND	ND	0.11			
		0.19	ND	ND	ND	0.19			
		0.34	ND	ND	ND	0.34			
		0.59	ND	ND	ND	0.59			
4.45	0.21	ND	ND	4.66					
pepper powder	Hot pepper powder (Incidence=4/7)	0					2004	Seoul, Daejeon, Gwangju, Gangneung, Daegu, Busan	Natural occurrence and risk estimates for aflatoxin B1, OK et al., 2007
		0							
		0.31							
		0.39							
		0.05							
	0.37								
	0								
	Red pepper flour (n=3)				0.021	2007	Seoul, Busan, Gwangju, Daejeon	식품 중 총 아플라톡신의 노출량 평가, 2007	
Red pepper	Cultivation stage (n=41)				ND	2009	Hongsung, Youngyang, Andong, Goisan, Chungyang	Survey for contamination and study for reduction of ochratoxin A and aflatoxin in red pepper, D. H. KIM et al., 2009	
	Storage manufacture stage (n=68)				ND				
	Circulation stage (n=83)				0.06				
Red pepper paste	Kochujang				ND	2007	Seoul, Busan, Gwangju, Daejeon	식품 중 총 아플라톡신의 노출량 평가, 2007	
		0.21	ND	ND	ND	0.21	2006	randomly collected (Gangneung, Wonju, Seoul, Anyang, Daejeon, Cheongju, Gwangju, Sunchang, Daegu, Busan)	Aflatoxins contamination in spices and processed spice products commercialized in Korea, S.-H. CHO et al., 2008
	0.18	ND	0.37	ND	0.55				

㉔ 2단계 : 확률분포함수 개발

1단계 문헌분석으로부터 도출한 오염율 및 오염도 정보를 바탕으로 도출한 양성 시료 중 아플라톡신 오염도에 대한 분포함수는 Invgauss (0.89259,0.15469)였다. 오염율에 대한 분포함수는 Pert distribution을 도출하였다. 오염율과 오염도 분포함수를 이용하여 Fig. 13의 위험분석모델 구조에 따라 전체 고춧가루 시료 중 아플라톡신 오염도 분포함수를 개발하였다.

㉕ 3단계 : 확률위험분석모델 개발 및 결과

고춧가루 중 아플라톡신의 확률위험분석모델은 시료 중 오염율, 오염도, 섭취량 및 인체지수에 대한 확률분포함수를 활용하여 개발되었으며 아플라톡신의 식이노출평가는 다음의 식 (3)에 따라 수행하였다. 확률위험분석모델은 @Risk를 이용하여 개발하였으며 각 확률분포함수로부터 100,000번 계산을 반복하도록 몬테카를로 시뮬레이션하였다.

Daily exposure to aflatoxin B1 by consumption of red pepper powder

$$= \text{CAFB}_1 \times A \div \text{BW} \text{ ----- 식 (3).}$$

CAFB₁ : 전체 시료 중 아플라톡신 B1 오염도 분포함수 (µg/kg)

오염도 분포함수에서 일정횟수 시료를 샘플링할 때 시료가 양성일 경우 양성 시료에 대한 오염도 분포를 따르고 시료가 음성일 경우 0을 지정하도록 개발된 분포함수

A : 성별/연령별 고춧가루 섭취량 (g)

BW : 성별/연령별 체중 (kg)

Table 21. Variables and distributions for risk model (aflatoxin)

Variables	Definition	Unit	Distribution/Model	Sources
Dr	Detection rate of aflatoxin B ₁	-	Pert (0.02, 0.25, 0.57)	Cho et al., 2008 Ok et al., 2007 Kim et al., 2009
Dc	Concentration of aflatoxin B ₁ in positive samples	µg/kg	Invgauss (0.89259, 0.15469)+Shift (0.01953)	
C	Consumption amount	g	-	KNHANES III, 2005
BW	Body weight	kg	-	KFDA 2004

식품공전의 고춧가루 중 아플라톡신 기준은 총 아플라톡신은 15 µg/kg, 아플라톡신 B₁ 은 10 µg/kg이며 보다 민감한 아플라톡신 B₁ (10µg/kg)을 기준으로 했을 때 개발된 오염도 확률분포는 아래의 히스토그램과 같았다. 확률분포에 따르면 전체 시료의 95%는 1.07 µg/kg 이하의 아플라톡신 B₁에 오염되어 있으며 평균 오염도는 0.248 µg/kg로 기준치를 크게 하회하였고, 99th percentile 오염도도 4.905 µg/kg로 기준치보다 낮아 위해도가 낮았다

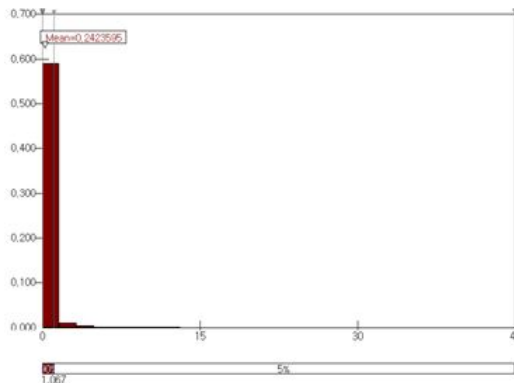


Fig. 14. Histogram of aflatoxin contamination in red pepper powder.

Table 22. Estimation of aflatoxin contamination level for red pepper powder

	Concentration of Aflatoxin B ₁ (ug/kg)			
	Mean	90% Perc	95% Perc	99% Perc
Concentration of AFB ₁ in entire samples	0.248	0.428	1.088	4.905

Table 23. Estimation of dietary exposure to aflatoxin from the consumption of red pepper powder

Gender	Age (years)	Daily exposure to Aflatoxin B ₁ (ug/kg bw/day)			
		Mean	90% Perc	95% Perc	99% Perc
Male	3-6	9.00E-06	1.55E-05	3.95E-05	1.78E-04
	7-12	8.50E-06	1.47E-05	3.72E-05	1.67E-04
	13-19	7.60E-06	1.31E-05	3.33E-05	1.49E-04
	20-29	1.02E-05	1.76E-05	4.49E-05	2.00E-04
	30-49	1.23E-05	2.11E-05	5.39E-05	2.42E-04
	50-64	1.08E-05	1.87E-05	4.73E-05	2.14E-04
	65-	8.18E-06	1.41E-05	3.56E-05	1.63E-04
Female	3-6	1.05E-05	1.79E-05	4.60E-05	2.10E-04
	7-12	7.49E-06	1.29E-05	3.27E-05	1.47E-04
	13-19	7.72E-06	1.31E-05	3.39E-05	1.54E-04
	20-29	1.09E-05	1.87E-05	4.79E-05	2.16E-04
	30-49	1.04E-05	1.79E-05	4.56E-05	2.08E-04
	50-64	9.16E-06	1.59E-05	4.01E-05	1.84E-04
	65-	7.33E-06	1.26E-05	3.21E-05	1.43E-04

(3) 중금속

㉠ 개요

유해물질 중 중금속은 최근 환경오염원 인자로 대두되고 있으며 농산물 및 식품원료나 인간에게 이행되며, 자연적 또는 인위적 방법으로 쉽게 분해되거나 제거되지 않고 축적되며 저농도일지라도 식품에 유입되었을 경우 심각한 건강상의 위해를 끼칠 우려가 있기 때문에 세계적으로도 농산물에 함유되어있는 양의 측정과 인체에 미치는 독성에 대한 연구가 이루어지고 있다. 낮은 독성이 강하므로 국제적으로 납의 사용을 규제하려는 움직임이 활발하며, 카드뮴 또한 음식물 섭취로 체내에 흡

수될 경우 장기 농축될 위험이 있어 국내에서 허용기준이 적용되어 있다. 중금속은 2006년 식품의약품안전청의 '식품의 기준 및 규격의 고시'에서 쌀 등 주요 농산물 10개 작목에 대한 카드뮴 납의 기준을 확대 설정 하였으며, 고추 (생물) 기준으로 Codex에 납 0.1, 카드뮴 0.05 mg/kg이 설정되어 있으며 잠정주간섭취허용량이 설정되어 있다.

앞의 잔류농약의 경우와 같이 수집된 고춧가루 중 Fe, Pb, Cd를 분석하고 기준치가 설정된 납과 카드뮴에 대한 위험분석 모델을 개발하였다. 1단계인 정보 수집 및 분석단계에서는 중금속의 분석 및 오염정보를 수집, 분석하였다. 2단계인 확률분포함수 개발 부분에서는 수집 및 분석된 오염도정보를 바탕으로 고춧가루 중 납과 카드뮴 오염도에 대한 최적 분포함수를 구축한 후 마지막 3단계에서는 섭취량, 인체노출인자 및 오염도 분포함수를 이용하여 확률위험분석모델을 개발하였다.

㉠ 1단계 : 오염도 정보 분석

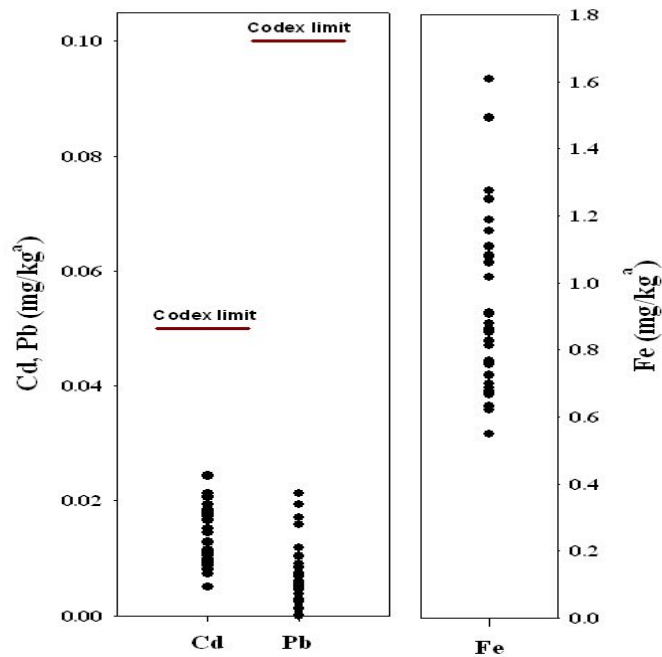


Fig. 15. Residual heavy metals in packaged red pepper powder products.

Table 24. Residual heavy metals in HACCP and non HACCP products

종류	시료 수	Cd		Pb	
		기준 이하	기준 이상	기준 이하	기준이상
HACCP products	14	14/14 (100%)	0/14 (0%)	14/14 (100%)	0/14 (0%)
non HACCP products	17	17/17 (100%)	0/17 (0%)	17/17 (100%)	0/17 (0%)
총 계	31	31/31 (100%)	0/31 (0%)	31/31 (100%)	0/31 (0%)

수집된 유통 시료 (Fig. 1) 중 중금속을 식품공전 유해성금속시험법 (2008)에 의하여 분석하였다. 고춧가루 중 중금속 오염도는 Cd의 경우 0.04 - 0.17 mg/kg, Pb의 경우 trace - 0.15 mg/kg이었으며 고춧가루의 수분함량을 생고추의 수분함량 (85% 기준)으로 환산 할 경우 Cd는 0.005 - 0.024 mg/kg, Pb는 0.00002 - 0.021 mg/kg로 Codex 기준 0.05 및 0.1mg/kg보다 크게 낮아 모든 제품에서 기준치를 초과하지 않았다 (Fig. 15, Table 25). (농산물 중 납과 카드뮴에 대한 Codex 기준은 부록 참조). 문헌분석결과에서도 수분함량을 고려한 중금속 함량은 기준치보다 낮았다 (Table 25).

Table 25. Level of heavy metals in dried red pepper and red pepper powder

	Red pepper powder				Pepper		
	(A)		(B) 시장산	(B) 공장산	(C) red pepper	(D) pepper	
	mean (mg/kg)	range (mg/kg)	range (ppm)	range (ppm)	range (mg/kg)	mean (mg/kg)	range (mg/kg)
Fe	6.95	3.96-12.22	38.2-178.8	46.0-112.3	0.5-2.1	trace	N.D.-trace
Pb	0.04	trace-0.15			0.15-0.64	0.042	0.020-0.042
Cd	0.10	0.04-0.17	0.04-0.38	0.10-0.28			
Al			6.7-64.7	8.2-85.5			
Cr			N.D.-2.07	0.24-2.75		0.751	0.643-0.923
Cu			4.4-20.4	5.1-12.5		1.431	0.992-2.448
Mn			14.8-87.7	21.2-40.8		3.897	0.918-3.897
Zn			13.8-48.4	11.7-26.7			

N.D. : not detected

A. 본 연구 분석 데이터

B. 고춧가루 제조, 유통 중 위해인자의 분석 및 관리기준 설정 연구. 2001. 정구민.

C. 다덕광산주변 농경지의 비소 및 중금속 오염과 계절적 변화. 2000. 이철규 외. 한국자원공학회지. 37 (1) 55-66.

D. 농산물 중의 미량금속함량 분석. 2000. 박정숙 외. 한국식품영양학회지. 13 (6) 595-601.

㉔ 2단계 : 확률분포함수 개발

1단계 시료 중 중금속 분석결과 및 문헌정보를 바탕으로 Bestfit 프로그램을 이용하여 시료 중 중금속 오염도에 대한 분포함수를 구하였다. 기준치가 설정된 납과 카드뮴의 오염도 분포함수는 납의 경우 Extvalue (0.025088,0.030029), 카드뮴의 경우 Triang (0.034549,0.07,0.18988)이었다.

㉕ 3단계 : 확률위험분석모델 개발 및 결과

고춧가루 중 납과 카드뮴의 확률위험분석모델은 시료 중 오염도, 섭취량 및 인체지수에 대한 확률분포함수를 활용하여 개발되었으며 중금속의 식이노출평가는 다음의 식 (4)에 따라 수행하였다. 확률위험분석모델은 @Risk를 이용하여 개발하였으며 각 확률분포함수로부터 100,000번 계산을 반복하도록 몬테카를로 시뮬레이션하였다.

$$\begin{aligned} & \text{Daily exposure to lead by consumption of red pepper powder} \\ & = CL \times A \div BW \quad \text{-----} \quad \text{식 (4)} \\ & \quad CL : \text{전체 시료 중 납의 오염도 분포함수 (mg/kg)} \\ & \quad A : \text{성별/연령별 고춧가루 섭취량 (g)} \\ & \quad BW : \text{성별/연령별 체중 (kg)} \end{aligned}$$

납과 카드뮴의 잠정주간섭취허용량 (PTWI)은 각각 25 및 7 $\mu\text{g/kg bw/week}$ 인데 고춧가루 섭취에 의한 납과 카드뮴 주간식이노출량은 3 - 6세의 95th percentile 노출수준이 0.03 $\mu\text{g/kg bw/week}$ 으로 PTWI에 크게 못 미치는 것으로 추정되어 위해도가 낮음을 시사하였다. 고춧가루 섭취에 의한 납과 카드뮴의 주간노출량에 대한 시뮬레이션 결과는 다음 Fig. 26과 같다. 이는 3 - 6세에 대한 결과로 7 - 12세, 13 - 19세, 20 - 29세, 30 - 49세, 50 - 64세, 65세 이상 연령군에 대한 시뮬레이션 결과도 유사한 경향이였다.

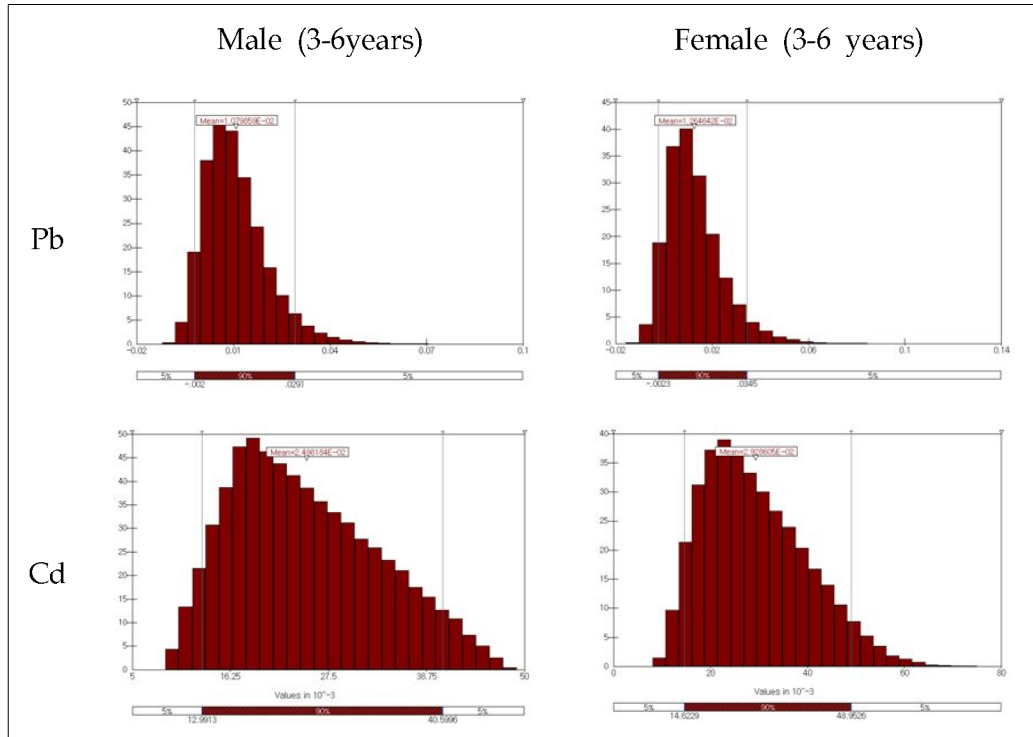


Fig. 16. Dietary exposure to lead and cadmium from the consumption of red pepper powder.

(4) 중점 위해인자 분석 및 도출

잔류농약, 곰팡이독소 및 중금속에 대한 고춧가루 시료 중 실험분석 및 문헌분석결과를 바탕으로 확률위험분석모델을 개발하고 시뮬레이션하여 현실을 반영한 오염 및 노출수준을 추정하였다. 분석 대상 위해인자는 잔류농약 중 오염율, 오염도가 높은 chlorpyrifos, cypermethrine, 곰팡이독소 중 고춧가루에 대한 기준이 설정된 아플라톡신 그리고 중금속 중 잠정주간섭취허용량이 설정된 납과 카드뮴이었다. 이와 같은 방법을 통하여 유통 고춧가루 및 원료에서 위해인자를 분석하고 정량적 위험 분석을 수행한 결과를 종합하면 다음과 같다.

고춧가루 중 일부 시료에서 MRL 이상의 잔류농약이 검출되었으나 고춧가루 섭취에 의한 잔류농약의 노출은 95th percentile 노출수준에서도 ADI의 0.04% 미만으로 위해도가 낮게 평가되었다. 아플라톡신의 경우 본 과제에서 분석한 결과뿐 아니라 최근 5년간 발표된 고춧가루 중 아플라톡신 오염율 및 오염도 결과를 통합하여 오염수준을 추정한 결과 99th percentile 오염수준에서 아플라톡신 B₁의 기준치인 10 µg/kg의 50% 수준 이하로 오염된 것으로 추정되었다. 납과 카드뮴 역시 잠정주간섭취허용량에 크게 하회하는 것으로 분석되어 위해도가 낮음을 보여주었다. 시판

유통되고 있는 포장제품에서는 고춧가루 중 화학적, 물리적 위해인자에 대해 설정된 HACCP 가이드라인을 잘 준수하고 있는 것으로 분석되며 이들 위해인자는 원료 생산단계에서부터 관리가 되어야 하는 특징이 있어 고춧가루 가공공정 중 화학적, 물리적 위해인자에 대한 제어 및 안전관리 방안은 제시하지 않았다.

나. 미생물 위해인자의 정량적 위험분석 모델 시스템 분석

(1) 잠재 위해 미생물의 용량-반응 모델 선정

정량적 미생물 위험평가 (quantitative microbiological risk assessment)는 어떤 특정 미생물에 의해 오염된 식품을 섭취하는 경우, 그 균에 의해 감염이 일어날 가능성을 과학적이고 정량적으로 평가하는 방법으로 원인균에 의한 감염 가능성 산출이 가능하다. (1)위해인자 확인 (2)용량-반응 평가 (3)노출평가 (4)위험 특성화의 4단계로 구성되어 있으며 이 중 (2)용량-반응 및 (3)노출평가 단계에 위해인자 오염 및 대상 개체의 변이성과 불확실성을 고려하기 위하여 확률적 모델링 기법이 적용된다 (Fig. 17).

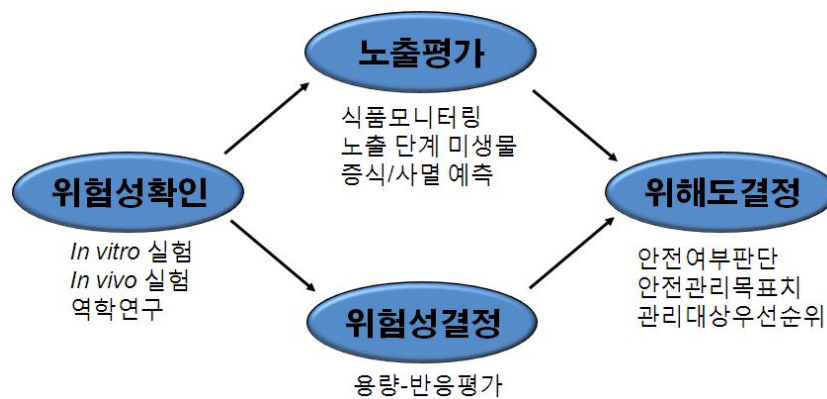


Fig. 17. Standard procedure for quantitative microbiological risk assessment.

정량적 미생물 위험분석기술을 식품산업에 적용할 경우 단위 가공공정 또는 저장이나 유통 등 특정 조건 중 중점제어단계와 정량적 제어수준 도출이 가능하며 이에 근거하여 제어기술 개발도 가능하다. 정부나 산업체 모두 아직은 HACCP의 현장 적용에만 더 관심이 많으나 미생물 증식 예측모델을 이용한 위험분석 기술을 이용함으로써 특정 단위공정이나 저장 또는 유통 등 여러 발생 가능한 조건 및 상황에서 미생물 생육을 예측하고 위험을 산출 가능하므로 정성적인 안전관리기술이라고 할 수 있는 HACCP보다 적극적인 미생물 안전관리가 가능하다.

제 2 세부과제에서 수행한 고춧가루 미생물 위해인자 도출을 위한 미생물 프로파일링 결과 병원성 미생물 중 *B. cereus*가 정성 및 정량분석에서 검출되어 이에 대한 용량-반응 모델을 검토하였다. *B. cereus*는 토양, 물 등 자연계에 상재하는 그람 양성 간균으로 독소형 식중독균 중 하나로 최근 식중독 발생 환자수가 증가 추세이다 (Fig. 18). 분유, 된장, 떡 등에 오염이 확인되면서 규제가 강화되고 있으며 2008년도 4월 개정 고시된 고춧가루에 대한 식품의약품 안전청 식품위해요소중점관리기준에서 고춧가루 원료에 *B. cereus* 등 병원성미생물 음성 기준이 추가되었다.

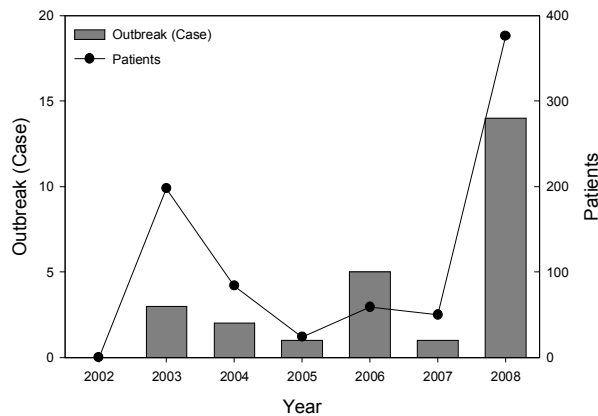


Fig. 18. Foodborne outbreaks by *B. cereus* reported by Korea between 2002 and 2008.

B. cereus 식중독은 이 미생물이 생산하는 독소에 의한 것으로 설사형 (diarrheal disease)과 구토형 (emetic disease) 2가지가 있다. 지역적 발병 특징이 있으며 일본의 경우 구토형 보고빈도가 설사형의 10배 이상이고 유럽이나 북아메리카에서는 대부분 설사형이 보고된다. *B. cereus*는 토양에서 1차 서식하므로 우리 주위의 거의 모든 식품이 이 균의 오염을 피할 수가 없으며 내열성 포자와 바이오필름을 생산하여 식품은 물론 제조공정과 포장공정에서도 증식이 가능하다고 알려져 있다.

㉞ 증식조건

영양세포의 성장 최적온도는 28 - 35°C이나 10 - 12°C의 저온 및 48 - 50°C의 고온에서도 최소한의 성장이 가능하다. 성장을 위한 최적 pH는 6.0 - 7.0이나 성장가능 범위는 4.9 - 9.3이며 수분활성도 0.912 - 0.950에서 성장 가능하다. 영양세포는 비교적 열에 약하나 포자는 열에 저항성이 있으며, 고지방 식품과 수분활성도가 낮은 건조식품 등에서는 열 저항성이 증가되는 경향이 있다.

㉔ 감염 용량

*B. cereus*의 설사형 식중독은 오염된 균수가 10^5 CFU/g 이상이면 발병하나, 전체 식중독 중 10% 정도는 10^5 CFU/g 이하 농도에서 발생하는 것으로 알려져 있다. 노약자 등 고 위험군에서는 $10^3 - 10^4$ CFU/g 범위에서도 발병 가능한 것으로 알려져 있다. 독소 생산량은 균주에 따라 생산량에 차이가 있어 섭취한 식품에서 *B. cereus* 수준이 $10^3 - 10^4$ CFU/g 범위여도 완전히 안전하다고 할 수 없다. 구토형 식중독은 $10^3 - 5 \times 10^5$ CFU/g 에서부터 발생할 수 있다고 보고되나 균종 간 독소 생산능이 다르고, 섭취하는 사람의 민감도에 따라 다르기 때문에 절대적이지는 않다.

일반적으로 *B. cereus*에 의해 설사형 식중독이 발생하기 위한 균의 양은 $1.2 \times 10^3 - 10^8$ CFU/g이고, 구토형 식중독의 경우는 $10^3 - 5 \times 10^{10}$ CFU/g이다. 일본의 역학조사 결과 식중독 발생과 관련된 구토형 독소의 양은 0.01 - 1.28 $\mu\text{g/g}$ 으로 조사된 바 있다. 영국에서 *B. cereus* 식중독 발생 시 오염균의 농도를 분석한 결과, $10^5 - 10^9$ CFU/g 일 때 가장 많이 발생하였으며, 10^5 CFU/g이하의 낮은 농도에서 발생한 경우도 5.9%를 차지하였다. 보통 독소에 양성 반응을 보인 식품에서는 *B. cereus*가 10^5 CFU/g 이상 존재하는 것으로 알려져 있으나 *B. cereus*가 $10^4 - 10^5$ CFU/g 존재하여도 항상 독소가 검출되는 것은 아니다. *B. cereus* 식중독은 독소에 의한 것으로 최소 감염수준의 독소 생산을 고려한 threshold model을 적용하여야 하며, 기존 보고된 식중독 유발 최소독소농도를 기준으로 하여 감염 용량을 설정하는 것이 바람직한 것으로 사료된다. *B. cereus*의 독소와 특성은 다음의 Table 26와 같다.

Table. 26 The toxins of *Bacillus cereus* and their characteristics

Toxins	Illness Associated	Genes Associated	Size
Haemolysin BL (HBL)	Diarrhoeal	B - <i>hblA</i>	B - 35 kDa
		L ₁ - <i>hblC</i>	L ₁ - 36 kDa
		L ₂ - <i>hblD</i>	L ₂ - 45 kDa
Enterotoxin T	Diarrheal	<i>bceT</i>	41 kDa
Non haemolytic enterotoxin (NHE)	Diarrheal	A - <i>nheA</i>	
		B - <i>nheB</i>	
		C - <i>nheC</i>	
Enterotoxin FM	Diarrheal	<i>entFM</i>	Three component toxin 39, 45 and 105 kDa
Emetic Toxin	Emetic	Unknown	1.2 kDa

㉔ 기준규격

우리나라는 식품공전에서 장류 (메주 제외) 및 소스류, 복합조미식품, 절임식품, 조림식품, 특수용도식품, 생식, 즉석섭취편의식품 등에서 *B. cereus*를 규제하고 있다. 영아용 조제식, 영유아식 등이 포함된 특수 용도식품은 가장 엄격하게 기준을 설정하여 g 당 100 CFU이하로 기준이 설정되어 있다. 생식류, 즉석섭취편의식품과 더 이상의 가공, 가열 조리를 하지 않고 그대로 섭취하는 가공식품이 g당 10³ CFU (평균식품은 음성)이하로, 장류 (메주 제외), 소스류, 복합조미식품, 절임식품, 조림식품은 *B. cereus*를 10⁴/g 이하 (평균제품은 음성)로 기준이 설정되었다. 고춧가루의 경우 식품공전에서는 *B. cereus*에 대한 기준이 설정되어 있지 않으나 식품의약품안전청고시 제2008 - 18호 (2008. 04. 28) 「식품위해요소중점관리기준」에서는 고춧가루의 원료에서 *B. cereus* 등 병원성 미생물이 검출되지 않아야 한다고 고시하고 있다.

(2) 미생물 성장모델 검토 및 선정

성장예측모델 중 1차 및 2차 모델은 다음과 같다. 미생물 성장을 나타내는 가장 간단한 방법은 1차 반응으로 간주하는 것이며 지수함수로 나타낼 수 있다. 일반적으로 식품으로서의 가치를 고려하면 미생물수가 지속되는 안정기나 미생물 수 감소 단계를 특별히 염두에 두지 않는 경우가 대부분이나, 발효식품이나 일부 진공포장 식품의 경우는 예외이다. Logistic, Gompertz, Richards model 등은 미생물 성장을 sigmoidal 곡선으로 나타낸다. Baranyi 모델은 이론모델에 가까운 모델로 유도기 원인을 이해하고 세포의 생리적 상태와 같은 새로운 개념을 도입한 모델이다 (Fig. 19).

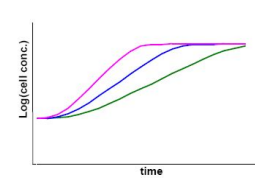
<p>■ Gompertz equation</p> $L(t)=A+MPD\text{Exp}\{-\text{Exp}[-B(t-M)]\}$ <p>L(t): the log count of bacteria at time t A : the initial level of pathogen (<i>S. aureus</i>) MPD : the asymptotic amount of growth at t increases indefinitely M : the time at which the <i>S. aureus</i> growth rate is maximum B : the growth rate at M</p>	
<p>■ Baranyi model</p> $\text{Ln}(n)=\text{ln}(n_0)+\mu_{\text{max}}An(t)-\text{Ln}(1+(\text{exp}(\mu_{\text{max}}An(t))-1)/(\text{exp}(A)))$ <p>μ_{max} : maximum specific growth rate A : maximum level of increase ($\text{Ln}(n_{\infty}/n_0)$)</p>	<p>1차 성장모델. 최대 비성장율 (specific growth rate)가 일정하며 지수구간에서 세포농도의 로그값은 시간에 직선적으로 비례한다.</p>

Fig. 19. Primary predictive models for growth of microbials.

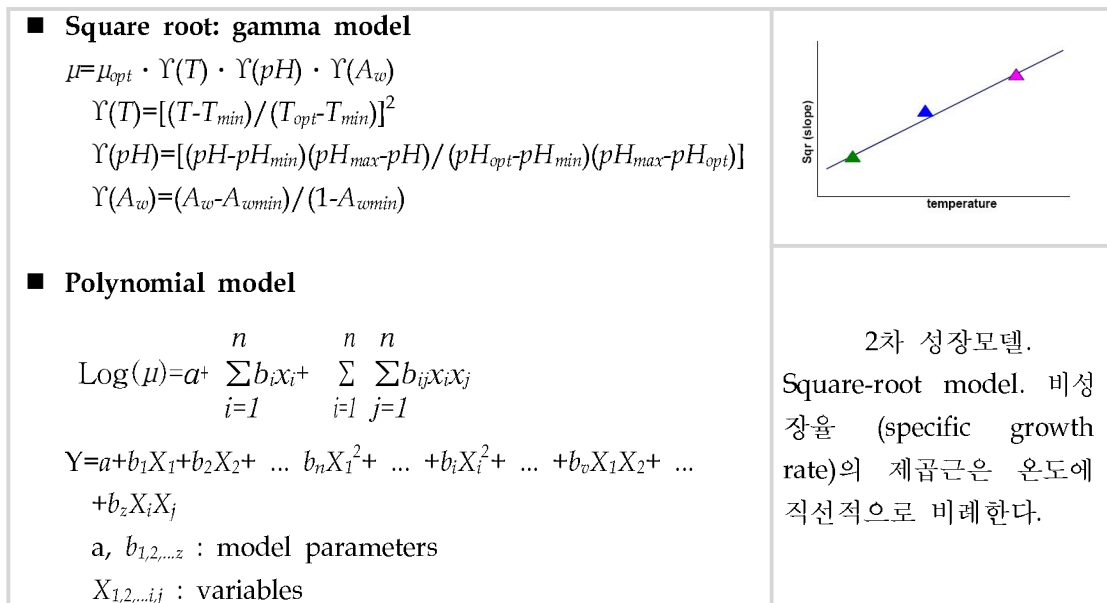


Fig. 20. Secondary predictive models for growth of microbials.

2차 성장예측모델은 1차 모델의 변수에 대한 환경인자 (온도, pH, 수분활성도)의 영향을 나타낸다 (Fig. 20). (i) Square root type 모델 (ii) arrhenius type 모델 (iii) Modified Arrhenius 또는 Davey model (iv) polynomial 또는 response surface 모델과 같이 크게 4종류로 구분할 수 있다. Gamma 모델은 square root type 모델로 비증식율 (specific growth rate)에 대한 환경변수의 상대영향을 계산하기 위하여 무차수 증식 인자를 사용한다. 증식인자는 pH, 수분활성도, 온도의 함수로 표시되며 Gamma 모델은 매개변수가 많지 않아 구조가 단순하고 해석이 용이하며 새로운 변수를 도입하기 용이하다. Polynomial 모델의 매개변수에 대한 최적값을 결정하는데 multiple linear regression을 사용하나 data에 대한 최적값만으로 매개변수를 결정했기 때문에 때로는 생물학적으로 의미가 없는 경우가 있는 단점이 있다.

증식 예측 모델을 선정함에 있어서 매개변수의 수가 많은 모델 (예를 들어 고차원 polynomial model)은 이는 내삽하는 영역의 한계 값 부근에서는 예측 값이 급격히 변화되기 때문에 결과 값이 비현실적인 경우가 있음에 유의하여야 한다. 또한 공정 변수가 모델변수보다 변화가 심할 때는 공정변수의 변동 폭이 모델간의 차이를 상쇄하기 때문에 여러 모델의 결과를 비교하는 과정이 위해추정에서 별 의미가 없을 수 있다. 이 경우 복잡한 모델을 사용하는 것이 결과예측에 도움이 되지 않으며 오히려 간단한 모델을 사용하는 편이 효율적인 경우가 많다.

㉔ *B. cereus* 증식 예측 모델

기존 문헌분석결과 증식 예측 모델은 1차 모델로는 주로 Gompertz 모델과 Baranyi 모델을 적용하여 예측하고 있었으며 2차 증식 예측 모델로 polynomial 모델을 적용하는 경우도 있었다 (Table 27).

Table 27. Literature review on predictive models for *Bacillus cereus* growth

Growth media (Food/broth)	Environmental factor	Applied models	References
Courgette broth and rich medium (J broth)	temperature	Arrhenius plot, Ratkowsky model,	Effect of temperature on growth characteristics of <i>Bacillus cereus</i> TZ415 (2000)
Nutrient broth, natural and acidified carrot substrates	temperature, pH	Baranyi model	Growth of <i>Bacillus cereus</i> in natural and acidified carrot substrates over the temperature range 5 - 30C (2000)
BHI	aw, pH	Gompertz	Modeling <i>Bacillus cereus</i> growth (1997)
Nutrient broth	pH, NaCl, temperature, Carbon dioxide	Baranyi model, response surface model	Preparation and validation of a growth model for <i>Bacillus cereus</i> : the effects of temperature, pH, sodium chloride and carbon dioxide (1996)
BHI broth	temperature, time	Bigelow-like model	Modelling the influence of the incubation temperature upon the estimated heat resistance of heated <i>Bacillus</i> spores (2006)
BHI broth	temperature	Sym'Previs software, temperature-dependent secondary model	Temperature effect on bacterial growth rate: quantitative microbiology approach including cardinal values and variability estimates to perform growth simulations on/in food (2005)
BHI broth	temperature, pH, sodium lactate, sodium chloride	Gompertz model, polynomial model	Modeling the growth kinetics of <i>Bacillus cereus</i> as a function of temperature, pH, sodium lactate and sodium chloride concentrations (2005)
carrot broth, zucchini broth, cooked carrot purée	pH, heat, temperature	Baranyi model	Influence of pH and temperature on growth of <i>Bacillus cereus</i> in vegetable substrates (2003)

대부분 상업용 배지 상태에서 증식정도를 예측하고 있으며, 일부 식품추출액 중의 증식 예측 모델도 있으나 고추 또는 고춧가루를 모델로 한 연구는 없어 이에 대한 증식 예측 모델 개발이 필요한 것으로 분석된다. 고추 또는 고춧가루를 기본으로 하는 배양 모델에서 온도별 1차 증식 예측 모델을 개발한 후 상용 프로그램인 PMP와 증식 예측 결과를 비교한 다음 정량 위험 분석 모델에 적용하면 식품의 매트릭스 효과에 대한 불확실성을 보완 할 수 있을 것이다. 증식 예측 모델을 개발 및 활용할 때 다음 사항을 고려할 필요가 있다.

㉔ 성장 및 독소생산 영향 인자의 변이성과 불확실성모델링

미생물 위해는 물론 화학적 위해는 자체적으로 변이성과 불확실성을 지니고 있으므로 최근에는 평균값이나 최고 농도를 이용한 단일값 위해평가보다는 stochastic model을 이용한 확률적 위해평가를 시도하고 있다. 그 결과 평균, 중간, 고위험수준에 대한 위해 결과를 확보할 수 있으며, 각 결과값의 가능한 분포범위와 반복되는 시뮬레이션 결과를 통해 최악의 경우에 대한 예측도 가능하다. 특히 미생물 위해는 환경 조건에 따라 미생물이 증식 또는 사멸하게 되므로 보다 동력학적인 예측이 필요하다. 미생물의 생육과 독소생산에 미치는 영향인자 (오염도, 오염율, 보관온도, 시간, 독소 생성능, 가열온도, 가열시간 등)의 변이성과 불확실성을 고려해야 하므로 Monte Carlo simulation을 이용한 확률적 위해분석 모델을 개발하였다.

다. 베이스라인 위험분석모델 개발

(1) 미생물 위험분석 모델 정보 및 성장예측모델 분석

미생물 위험분석 모델은 공통적으로 생산부터 소비단계의 단계별 오염도 및 오염율을 분석한 후 미생물이 증식 가능한 단계의 경우 환경인자에 따른 성장예측모델을 통합하여 개발하고 있다. 공통적인 위험분석 개념은 다음과 같으나 본 연구에서는 생산공정에 집중하기 위하여 소비단계의 미생물 노출확률 및 감염확률 분석은 제외하고 원초에서부터 고춧가루 생산까지를 중심으로 베이스라인 위험분석 모델을 개발하였다 (Fig. 21).

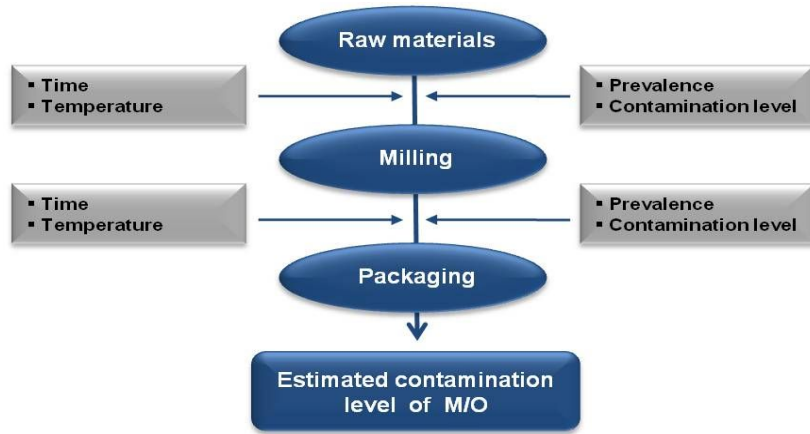


Fig. 21. Model framework of microbial exposure assessment for red pepper powder processing.

미생물 성장예측모델을 검토한 결과 오염 지표로 선정된 대장균군을 이용한 베이스라인 위험분석 모델을 개발하였다. 대장균군의 surrogate로 활용될 수 있는 *E. coli* (본 연구에서 분리된 식품 분리주)의 성장특성을 분석하고 growth kinetics 및 secondary growth model로 square root model을 이용하여 기본적인 증식예측모델을 확보하였다. 위험분석 모델은 다음의 모식도에 준해서 excel add-in @Risk 프로그램을 이용하여 개발하였다. Fig. 22에 제시한 바와 같이 원료에서부터 고춧가루까지의 단계로 구성된 가공단계 중 시료의 오염도 분석자료 중 A, B, C로 표시된 단계를 바탕으로 모델을 구성하였다.



Fig. 22. Data collection for microbial contamination during red pepper powder processing for probabilistic risk modeling.

단계별 분석된 정량 시료의 빈도와 오염도를 바탕으로 단계별 오염도 확률분포를 구하였다. 그 후 각 단계의 오염도 확률분포와 작업 시간을 이용하여 Yamamoto 등 (2008)의 방법에 따라 식 (5)과 (6)에 따라 Fig. 10과 같이 정량노출모델을 구성하고 각 단계별 실험결과를 반영한 후 excel add-in @Risk (@Risk 4.5, palisade, Australia) 프로그램을 이용하여 개발하였다. 각 변수에 대한 확률분포함수로부터

100,000번 무작위 샘플링하여 시뮬레이션하였다.

$$N=N_0e^{kt} \text{ ----- 식 (5)}$$

N = The total M/O numbers at time t .

N_0 =the initial number of total M/O

k = *growth rate*.

$$k=\ln(N_f /N_i)/t \text{ ----- 식 (6)}$$

N_f = The total M/O numbers at final stage

N_i = The total M/O numbers at initial stage

t = *time*

(2) 미생물 위해인자의 정성위험분석

고춧가루 중 미생물 위해인자를 도출하기 위하여 우선 유통 시료 중 미생물 위해인자를 분석한 결과, 현재 고춧가루 중 미생물 기준은 설정되어 있지 않으나 2008년도 개정 고시된 고춧가루에 대한 식품위해요소중점관리기준에 의하면 *B. cereus* 등 병원성 미생물이 원료 중 음성이어야 한다고 제시하고 있는 반면 시판 시료 중 병원성 미생물 오염도를 조사한 결과 *E. coli*, *S. aureus*, *Samonella* spp., *L. monocytogenes*은 음성이었으며 *B. cereus* 오염율은 38.7%로 조사되었다. 아울러 HACCP 적용 제품의 오염율도 약 36%로 원료 및 공정 중 *B. cereus* 오염에 대한 예방 및 제어기술이 개발되어야 하는 결과를 얻었다. 원료 (생고추)에서 병원성 미생물을 분석한 결과 *B. acreus*는 시료 32점 중 3개에서 양성 (9.4%), 대장균은 32점 중 2개 (6.4%)에서 검출되었고 그 외 병원성미생물은 검출되지 않았다.

(3) 증식예측모델 연구

잠재 위해 미생물에 대한 정량적 위험분석 모델을 개발하기 위하여 주요 미생물의 증식특성을 분석하였다. 분석한 6종의 위해미생물 중 *L. monocytogenes* 및 *S. aureus*에 대해서 온도별 증식특성을 분석한 결과는 다음과 같다 (Fig. 23). 온도별 얻어진 증식특성을 바탕으로 1차 성장모델을 개발하였다. 여러 가지 1차모델 중 Baranyi & Roberts 모델을 이용하여 온도별 대상 미생물의 성장 결과를 피팅하여 동력학적 매개변수 (λ , μ_{max} , N_0 , N_{max})를 얻었다. 1차 성장모델 개발을 위한 대상 미생물은 아래와 같이 시간별, 초기균수별 증식정도를 관찰한 *L. monocytogenes*, *S. aureus*와 2세부 과제에서 성장 특성을 분석한 *B. cereus*, *E. coli* 및 *E. faecalis*와 같다. 온도별, 미생물별 동력학적 매개변수와 온도와의 상관관계를 분석하여 다음의 식 (7, 8)에 따라 아

래의 Table 28에 나타난 바와 같이 온도에 따른 2차 증식예측모델을 개발하였다 (Table 28).

$$\text{SQRT}(\text{GR}) = \beta_1 T + \beta_0 \text{ ----- 식 (7).}$$

$$\text{SQRT}(1/\text{LT}) = \beta_1 T + \beta_0 \text{ ----- 식 (8).}$$

GR : growth rate

LT : Lag time

β_1, β_0 : Regression coefficient

T: Incubation temperature

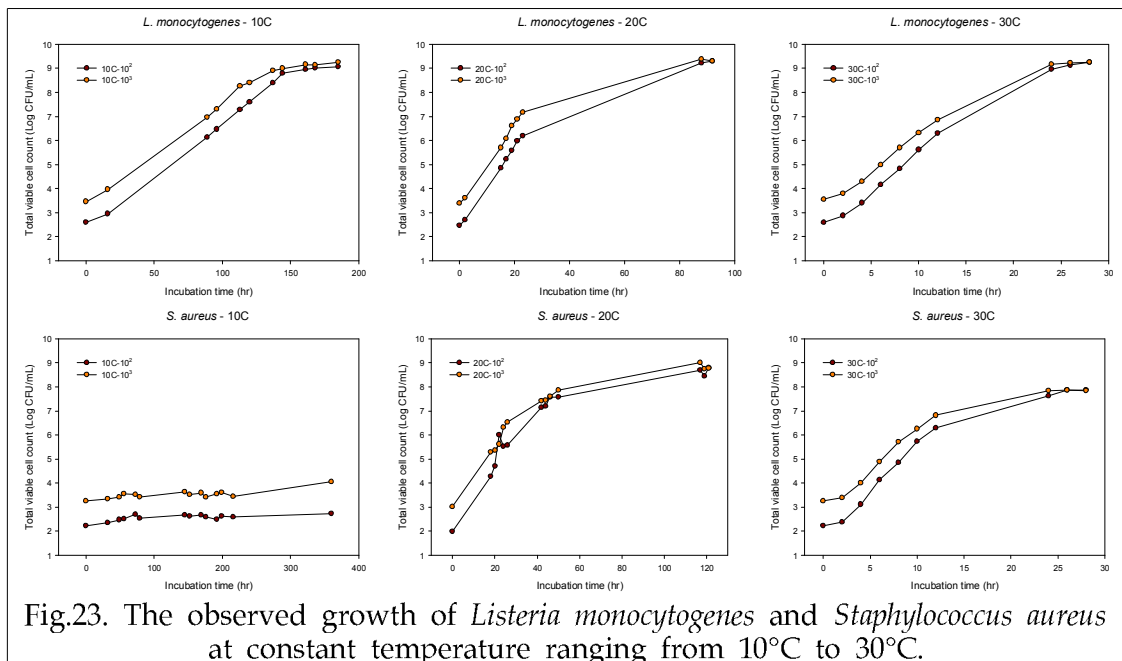


Table 28. Regression coefficient for the relationship between the square root of maximum growth rate and temperature, and lag time and temperature in each bacterial growth

	Growth rate		Lag time	
	β_1	β_0	β_1	β_0
<i>B. cereus</i>	0.0392	-0.3186	0.0427	-0.4951
<i>L. monocytogene</i>	0.0197	0.0293	0.0281	0.0249
<i>S. aureus</i>	0.0283	-0.2243	-	-
<i>E. faecalis</i>	0.0227	0.0376	0.0283	0.1765
<i>E. coli</i>	0.0248	0.0656	0.0203	0.0074

한편, 포장 고춧가루는 수분활성도가 낮아 미생물의 추가 증식은 어려우며 아래의 실험결과에서도 이를 확인할 수 있었다 (Fig. 24). 수집된 포장 고춧가루를 35℃에서 24주 동안 저장하면서 총균수의 추이를 살펴보았는데, 실험한 제품의 총균수는 약 7 log CFU/g 이었으며 저장하는 동안 실험 lot간 다소 편차는 있었으나 전반적으로 균수의 증식은 관찰되지 않아 고춧가루 제조 및 유통 중 제품에서 특정 미생물의 증식 가능성은 배제하였다.

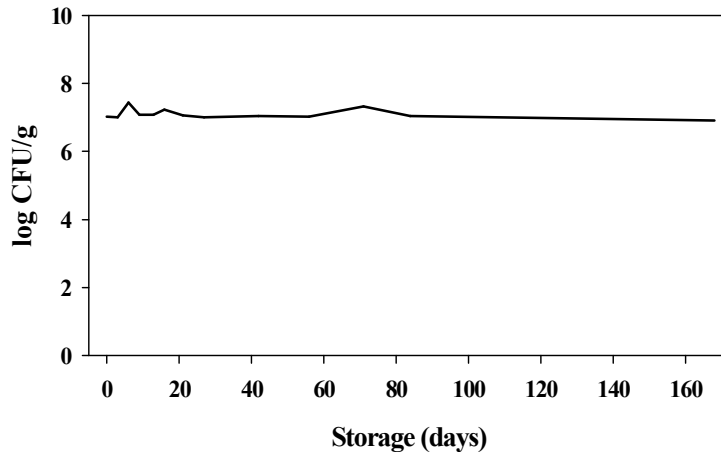


Fig. 24. Total viable cell counts of packaged red pepper powder during storage at 35°C.

라. 미생물 위해 인자의 정량적 위험분석 모델 개발

주요 위해인자에 대한 주요 위험 단계를 정량적으로 분석하여 적합한 제어 방법을 적용하기 위하여 미생물 위해인자에 대한 정량적 위험분석 모델을 개발하였다. 본 연구에서는 앞에서 개발한 베이스라인 위험분석 모델을 이용하여 오염 지표균 및 안전관리 지표균의 고춧가루 제조 공정 중 추이에 대한 확률위험분석모델을 개발하였다. 오염 지표 미생물로 선정된 대장균군을 대상으로 건조고추에서 고춧가루 포장까지의 단계별 미생물 실험분석 결과를 반영하여 고춧가루 제조 공정 중 추이에 대한 정량 모델을 개발하였다. 모델 설계에 이용된 변수와 분포는 Table 29, 30과 같다.

Fig. 25는 고춧가루 생산 공정 중 주요 단계의 대장균군 오염도 추정값을 나타낸다. 원료에서 대장균군의 평균 오염도는 약 0.4 log CFU/g 정도인 반면 조분쇄 및 분쇄 단계와 건조 및 금속 제거 단계에서는 평균 오염도가 2 log CFU/g 이상인 것으로 추정되었다. 90% percentile 오염도의 경우 분쇄 단계와 건조 및 금속 제거 단계에서 각각 4.1 및 3.7 log CFU/g으로 추정되어 초기보다 많이 증가됨을 보여준다.

조분쇄 및 분쇄 단계의 오염도에 미치는 영향인자로써는 대장균군의 오염율이 상관계수 0.82로 가장 높게 나타났다 (Fig. 26).

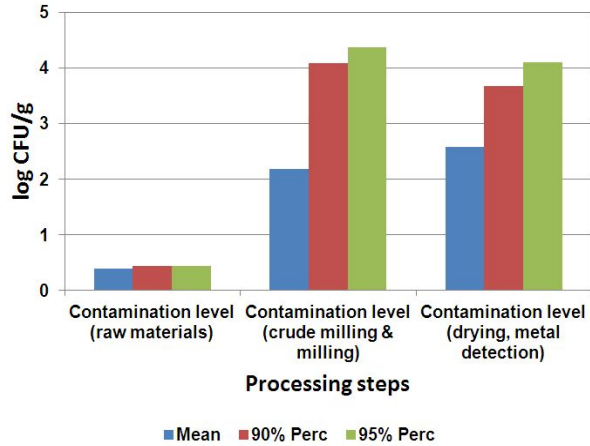


Fig. 25. The estimate contamination level of coliform in different sampling steps from raw materials to packaging based on quantitative exposure model.

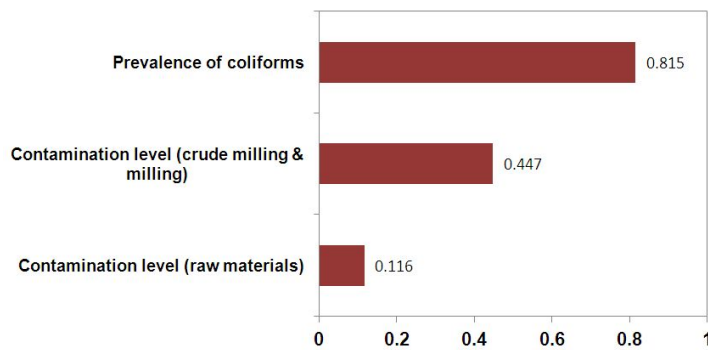


Fig. 26. Factors influence the contamination of *S. aureus* in samples from processing steps.

Fig. 27은 고춧가루 생산 공정 중 주요 단계의 *B. cereus* 오염도 추정값을 나타낸다. 원료에서 대장균군의 평균 오염도는 1.8 log CFU/g 이며, 조분쇄 및 분쇄 단계와 건조 및 금속 제거 단계에서는 평균 오염도가 각각 1.8 및 2.0 log CFU/g 로 유사한 것으로 추정되었다. 90% percentile 오염도의 경우도 원료, 조분쇄/분쇄 단계 및 건조/금속 제거 단계에서 각각 2.61, 2.4 및 2.6 log CFU/g으로 추정되었다. 조분쇄/분쇄 단계의 오염도에 미치는 영향인자들의 상관계수는 높지 않았으나 그 중에서는 원료 (건조고추)의 *B. cereus* 오염도가 조분쇄/분쇄 단계의 오염도에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

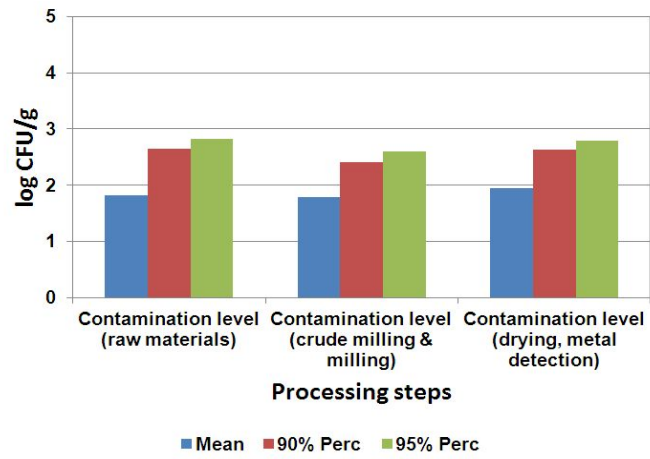


Fig. 27. The estimate contamination level of *B. cereus* in different sampling steps from raw materials to packaging based on quantitative exposure model.

Table 29. Variables and distributions for risk model (Coliform)

Variables	Definition	Unit	Distribution/Model
<i>Pr</i>	Prevalence of coliform	-	Binomial(1,Pert(0,0.5,1))
<i>Cr</i>	Contamination level of positive samples	log cfu/g	Pert(0.3149, 0.39575, 0.4766)
<i>Pcm</i>	Prevalence of coliform	-	Binomial(1,Pert(0,0.75,1))
<i>Ccm</i>	Contamination level of positive samples	log cfu/g	Pert(0,3.354587,5.039467)
<i>ECcm</i>	Estimated contamination level of positive samples	log cfu/g	$Cr * EXP(Rcm * trm)$
<i>Rcm</i>	Change rate (growth rate) of contamination level (raw materials → milling)		$\ln(Nf / Ni) / t$
<i>trm</i>	Time (raw materials → milling)	hr	Pert(0.1,0.15,0.2)
<i>Pdm</i>	Prevalence of coliform	-	Binomial(1,Pert(0,0.75,1))
<i>Cdm</i>	Contamination level of positive samples	log cfu/g	Pert(0,2.651341,3.3527)
<i>ECdm</i>	Estimated contamination level of positive samples	log cfu/g	$Ccm * EXP(Rdm * tmu)$
<i>Rdm</i>	Change of contamination level (milling → drying/metal detection)		$\ln(Nf / Ni) / t$
<i>tmu</i>	Time (milling → uv sterilization)	hr	Pert(0.1,0.15,0.2)

Table 30. Variables and distributions for risk model (*B. cereus*)

Variables	Definition	Unit	Distribution/Model
<i>Pr</i>	Prevalence of <i>B. cereus</i>	-	Binomial(1, Pert(0, 0.9, 1))
<i>Cr</i>	Contamination level of positive samples	log cfu/g	Pert(0, 1.900767, 3.324906)
<i>Pcm</i>	Prevalence of <i>B. cereus</i>	-	Binomial(1, Pert(0, 0.6, 1))
<i>Ccm</i>	Contamination level of positive samples	log cfu/g	Pert(0, 2.030784, 2.492768)
<i>ECcm</i>	Estimated contamination level of positive samples	log cfu/g	$Cr * EXP(Rcm * trm)$
<i>Rcm</i>	Change rate (growth rate) of contamination level (raw materials → milling)		$\ln(Nf / Ni) / t$
<i>trm</i>	Time (raw materials → milling)	hr	Pert(0.1, 0.25, 0.5)
<i>Pdm</i>	Prevalence of <i>B. cereus</i>	-	Binomial(1, Pert(0, 0.6, 1))
<i>Cdm</i>	Contamination level of positive samples	log cfu/g	Pert(0, 2.366662, 3.0948)
<i>ECdm</i>	Estimated contamination level of positive samples	log cfu/g	$Ccm * EXP(Rdm * tmu)$
<i>Rdm</i>	Change of contamination level (milling → drying/metal detection)		$\ln(Nf / Ni) / t$
<i>tmu</i>	Time (milling → uv sterilization)	hr	Pert(0.1, 0.25, 0.5)

3. 정량적 미생물 위험분석결과의 현장 모델 적용기술 개발

가. 미생물 위해인자의 오염원 추적

고춧가루 중 *Bacillus cereus* 오염원을 추적하기 위하여 원료에서부터 최종 제품까지 주요 공정에서 분리한 *B. cereus*를 대상으로 rep-PCR에 기반한 분자역학연구를 수행하여 고춧가루 제조 공정 중 *B. cereus*와 관련된 주요 오염원을 추적하였다. 일반적으로 rep-PCR로 불리는 Repetitive Extragenic Palindromic PCR은 bacteria의 extragenic sequenc 중 계속 반복되는 palindromic sequence에 대한 complement sequence를 primer로 하여 PCR을 수행한 후 다양한 크기의 product pattern을 비교하는 기술로, bacteria와 같이 비교적 DNA의 변형이 많은 종의 경우에는 종 뿐만 아니라 strain이 다를 경우에도 대부분 extragenic palindromic sequence의 위치가 다르므로 미생물의 분류 동정과 유연관계 분석에 사용 가능하다. 아래의 Fig. 28은 rep PCR의 결과로 얻어진 dendrogram과 similarity matrix이다.

두번의 독립적인 샘플링 시료로부터 10개씩 분리된 *B. cereus* (총 20주)를 대상으로 genotyping을 수행한 결과 20주의 *B. cereus*는 유사성이 95%이상인 4개 클러스터로 구분할 수 있었다 (Fig. 28). 동일한 샘플링 단계의 원료에서 분리 (No. 17), 조분쇄 단계에서 분리 (No. 18), 또다른 샘플링의 분쇄 단계에서 분리한 (No. 19) 균주의 상동성이 99.4% 로 매우 높았으며 이는 동일한 clone에서 비롯되었을 가능성을 보여준다. 원료에서 또한 각기 독립적으로 샘플링한 시료에서 분리한 균주들이 (No. 14, 15) 98%의 상동성을 보였다. 그러나 동일한 샘플링에서 수집한 원료 분리주 (No. 1, 18)와 세척단계 분리주 (No. 8)의 상동성은 70% 이하로 낮았다. 이와 같은 결과는 원료에 오염된 *B. cereus*가 가공공정 중 교차오염되었을 가능성을 시사한다.

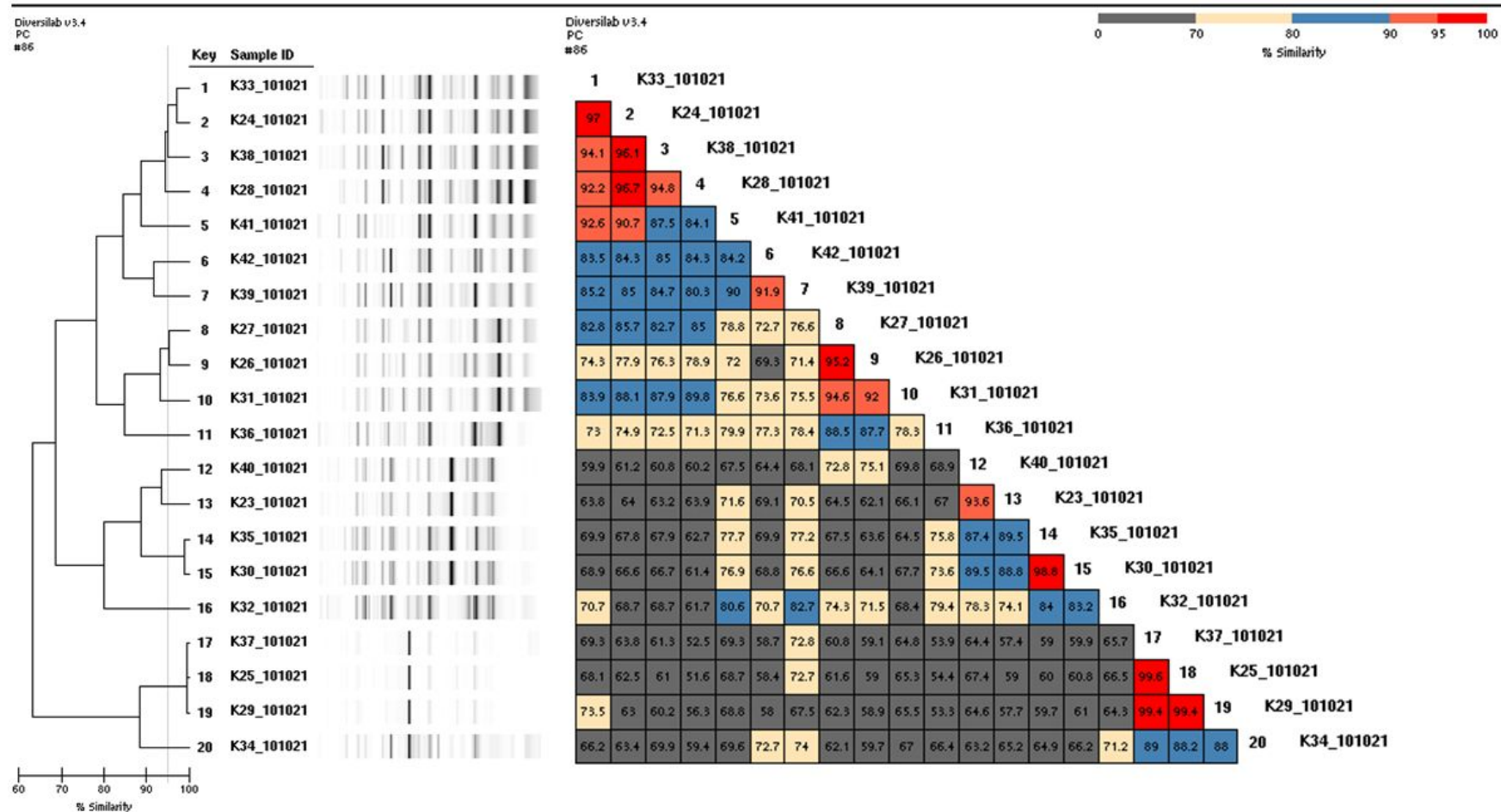


Fig. 28. PCR generated dendrogram, virtual gel image, and the similarity matrix of the 20 *Bacillus cereus* isolates typed with DiversiLab.

나. 미생물 제어 시스템 (physical stress)

앞에서 고춧가루 제품의 미생물 오염이 원료로부터 이행되거나 공정 중 교차오염에 의하여 발생됨을 확인하였으므로 제품의 미생물 위험을 제어하기 위하여 다음의 Fig. 29와 같이 원료, 공정 및 제품 단계에서 물리적, 화학적, 생물학적 제어 방법을 적용할 수 있을 것으로 생각된다. 이 중 고춧가루 중 미생물 제어를 위한 물리적 방법의 적용 가능성을 시험하였다.

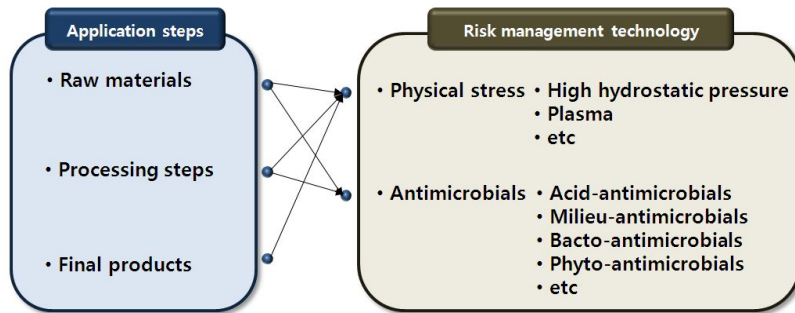


Fig. 29. Combination of possible risk management technology and application steps to control the microbial risk of red pepper powder.

우선 초고압 처리에 의한 고춧가루 중 미생물 제어를 조사하였다. 아래와 같은 초고압 장치를 이용하여 (Fig. 30) 300 - 600 MPa의 압력을 가하여 총균수의 변화를 측정된 결과 초고압 처리에 의해 미생물 오염도가 변화하지 않았다 (Fig. 31). 한편 plasma 처리에 의한 건조 고추의 미생물 오염 수준의 변화는 아래에 분석된 바와 같이 자연 오염된 시료를 사용하였을 때 대조군의 총균수 오염도는 $3.4 \pm 0.8 \log$ CFU/g이었으며, Plasma 원으로 Ar gas를 사용하여 10분간 처리한 후 측정된 총균수 오염도가 $3.8 \pm 0.9 \log$ CFU/g으로 plasma 처리에 의하여 건조 고추 중 오염된 미생물을 제어하기 어려움을 보여주었다 (Fig. 32). plasma 처리 전 후의 총균수 오염도 값은 통계적으로 유의적이지 않았다 ($p > 0.05$). 결과적으로 물리적 스트레스를 이용한 건조 고추 (고춧가루 원료) 및 고춧가루 (최종 제품) 중 미생물 제어 가능성은 낮은 것으로 사료된다.



Fig. 30. High hydrostatic pressure treatment system.

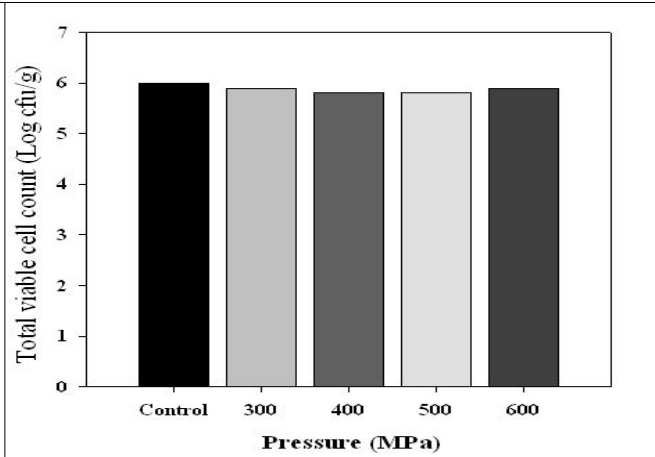


Fig. 31. Effect of high pressure on total viable cell counts of red pepper powder.

Table 31. Condition for cold plasma treatment on dried red pepper

	Plasma (COVANCE-MP) conditions	
Power	200 W	
Gas	Ar	
Gas flow rate	100 sccm	
Base pressure	0.7 torr	
Treatment time	10 min	

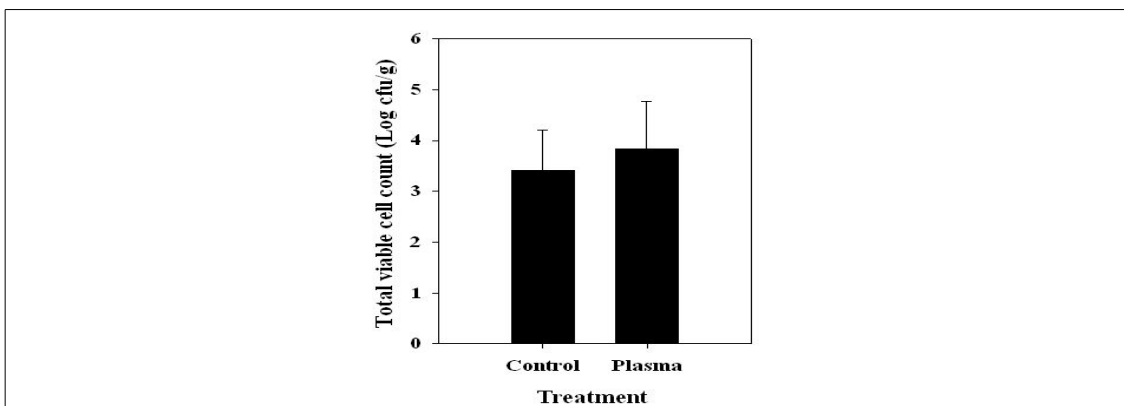


Fig. 32. Effect of cold plasma on total viable cell counts of dried red pepper.

다. 현장적용 미생물 제어시스템 제안

고춧가루 중 물리화학적 위해인자인 잔류농약, 곰팡이독소 및 중금속을 분석하고 확률위험분석모델을 개발하였다. 식이노출에 의한 위험성을 분석한 결과 고춧가루 섭취에 의한 이들 위해인자의 위해도는 낮게 평가되었다. 시판 유통되고 있는 포장 제품에서는 고춧가루 중 화학적, 물리적 위해인자에 대해 설정된 HACCP 가이드라인을 잘 준수하고 있는 것으로 분석되며 이들 위해인자는 원료인 고추의 생산단계에서 관리되어야 할 것으로 사료된다. 한편 생산 공정 중 위해 미생물의 오염원 추적, 안전관리지표 및 위해지표 미생물 추이에 대한 정량적 위험분석 모델 개발연구를 통해 고춧가루 제품 중 미생물을 제어하기 위해서는 최종 제품, 원료, 제조 공정 라인 중 오염된 미생물을 제어함으로써 원료에서 이행하거나 교차오염을 예방하는 것이 효과적임을 확인하였다.

이에 최종 제품 중 미생물 위해를 제어하기 위하여 원료, 공정 및 제품 단계에서 물리적, 화학적 제어 기술의 적용 가능성을 시험한 결과 초고압이나 플라즈마 처리와 같은 물리적 스트레스에 의해 건조 고추 (고춧가루 원료) 및 고춧가루 (최종 제품)에서 미생물 오염 수준이 감소되지 않았다. 고춧가루 상태에서는 제품의 성상을 유지하면서 미생물의 제어가 매우 어렵기 때문에, 원초 (생 고추)의 미생물학적 오염도를 낮추는 방안을 검토하였는데, 생 고추 상태일 때 교반하면서 5분간 세척하는 것만으로도 고추의 균수가 감소될 수 있으며 원초의 세척 시 유기산을 첨가할 경우 물만을 이용한 세척보다 효과적임을 확인하였다. 아울러 식품 분리주의 경우 증식이나 항균물질에 대한 감수성 등에 변이성 (variability)이 있으므로 이를 고려한 적절한 살균세척제 적용을 통해 제조 공정 라인의 오염을 제거함으로써 공정 중 교차오염을 예방할 필요가 있다. 결론적으로 최종 제품인 고춧가루의 미생물을 제어하기 위해서는 공정 중 오염 제거와 원초의 효율적인 세척을 통한 미생물 저감화가 반드시 요구되며, 또한 제조된 고춧가루는 적절한 저온 처리/보관을 통하여 미생물 오염도를 낮출 수 있을 것으로 예상된다. 이와 같이 고춧가루 생산단계에서 병원성 미생물 저감화 방안은 한두 가지 단편적인 방법으로 해결하기 보다는 전체 프로세스를 고려하고 위해인자를 파악한 후 적절한 제어기술을 적용하는 전체적인 접근법이 바람직한 것으로 사료된다.

아울러 식품 중 병원성 미생물 제어와 관련하여 과일, 채소, 육류는 생산-소비 중 여러 단계에서 병원성미생물에 오염될 가능성이 높은 식품군으로 이 중 육류의 경우 주 오염원인과 저감화 방안에 대한 연구가 많이 이루어졌으나 과일이나 채소에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이와 관련하여 식품 생산 중 병원성 미생물 오염을

감소시킬 수 있는 방안은 생산단계에서 환경 중 위해인자에 대한 노출을 원천적으로 감소시키거나 일단 오염된 미생물이 소비단계까지 이행되는 것을 막는 방법으로 나눌 수 있다. 식품 생산단계에서 병원성 미생물 저감화 방안은 한두 가지 단편적인 방법으로 해결하기 보다는 전체 프로세스를 고려하고 위해인자를 파악한 후 적절한 제어법을 적용하는 전체적인 접근법이 바람직한 것으로 사료된다.

라. 포장시스템 조사 (위변조 방지 등)

조미/향신료 제품의 소비자 포장 및 위변조 방지 포장 현황과 관련하여 국내외에서 판매되고 있는 조미 향신료 제품의 소비자 포장을 살펴보면, 대부분 고추 조미료 또는 고춧가루 제품의 포장재로서 유연성 플라스틱 필름 봉투나 파우치를 사용하거나, 강성 재질로서 소형 병 형태의 플라스틱이나 유리 용기를 가장 많이 사용하는 것으로 파악되었다. 일부 소수의 해외 가공제품에서는 금속 캔을 포장재로 사용하는 경우도 있고, 유연성 플라스틱 필름으로 내포장한 후 종이 상자나 스탠딩 팩을 외포장재로 사용한 상품도 찾아볼 수 있었다.

고추 조미료 또는 고춧가루 상품에 사용되는 유연성 플라스틱 필름의 재질로는 기계차단성이 높은 Ny/PE, PET/Al-foil/PE 또는 PET/Al-증착/PE 재질이 주류를 이루고, 강성 용기로는 주로 유리재질이 고급제품에, PP 재질이 저급제품에 많이 사용되고 있다. 다만 일부의 저가제품에 대해서는 두께가 두꺼운 PE 단일재질을 사용하는 경우도 있으나, 일반적인 소비자 판매용 포장재로는 사용빈도가 떨어지는 편이다.

이러한 조미 향신료 소비자 포장 제품은 건조 분체로서 포장재를 통한 내부로의 흡습을 최대한 차단하는 것이 유통판매 중 상품 내용물의 품질유지 측면에서 매우 중요하며, 아울러 상품의 위변조 방지를 위한 적절한 포장재질과 포장방법이 적용되어야 하는 점을 인식할 필요가 있다. 고추 (가루)제품과 고추 가공 제품의 포장 현황은 아래 Fig. 33, 34와 같다.

고추(가루)제품



고추(가루)제품



Fig. 33. Packaging of red pepper (powder) products.

고추가공식품



고추가공식품



Fig. 34. Packaging of processed red pepper products.

위변조 방지포장 (tamper-evident/proof packaging)이란 소비자가 제품을 사용하기 전 포장이 개봉되고 위조 혹은 변조되었는지를 쉽게 식별할 수 있는 표시나 장애물을 고안해 놓은 포장으로서 1982년 미국 FDA가 모든 의약품에 의무적으로 사용하도록 지시한 포장방법이다. 미국에서 1982년 타이레놀의 시안화 독극물 투입사건, 1989년 칠레산 포도의 독극물 혼입사건 발생으로 인하여 위변조 방지포장법이 식품 포장에서도 널리 사용되고 있다.

위변조 방지포장방법으로는 특정한 디자인을 인쇄한 수축필름을 사용하여 밀봉포장하거나, 플라스틱 파우치에 담거나, 블리스터 (blister) 포장을 하거나, 병뚜껑에 라벨/테이프를 붙이거나, 랩으로 싸거나 하는 등의 방법이 주로 사용되고 있다. 일반적으로 하나의 수단만으로는 충분한 위변조 방지가 불가능하기 때문에 통상 다단계의 방지수단을 포장방법에 적용한다. 아래에는 미국 FDA가 열거한 위변조 방지목적의 포장방법 사례를 나타내었다.

Table. 32. Tamper-evident/proof packaging

포장 형태	포장 방법
필름 wrap	적절한 투명 필름을 제품이나 용기 주위에 wrapping함
블리스터 (blister) 팩	각 단위의 제품을 투명한 플라스틱이나 호일에 개체별로 밀봉시킴
버블 (bubble) 팩	제품이나 용기를 전시용 카드 위에 놓고 플라스틱으로 밀봉시킴
수축 밴드	밴드나 wrap이 뚜껑이나 용기의 밀봉 부위에서 열수축하여 밀착됨
파우치 포장	제품을 종이, 알루미늄 호일, 플라스틱 파우치 등에 밀봉시킴
병 입구 접착	호일이나 종이를 뚜껑의 밀 부분에서 병뚜껑에 접착시킴
테이프 접착	종이나 호일을 상자의 접합부위나 병뚜껑 위에 접착시킴
파괴성 cap 밀봉튜브	용기를 열기 위해서 뚜껑 (cap)을 부셔야 하는 구조의 밀봉 튜브용기
밀봉 카톤	입구를 완전히 밀봉시킨 상자포장
에어로졸 용기	용기의 모든 면을 완벽히 밀봉 접착시킨 형태

			
열수축 라벨	열수축 밴드	위변조방지 인쇄물	위변조방지 라벨
			
위변조방지 밀봉테이프	위변조방지 접착라벨	변조방지 스파우트캡	용기입구 밀봉마감재
			
변조방지 병뚜껑	위변조방지 병뚜껑	안전버튼 장착 병마개	블리스터 팩 알약포장

Fig. 35. Examples of tamper-evident/proof packaging.

위변조 방지용 포장 설계를 위해서는 몇 가지 고려사항이 있다. 누가 상품의 위변조를 시도할 가능성이 있는지, 그들의 지식수준은 어떠한지, 어떤 방법으로 고의적 파손을 일으키는지, 위변조를 어렵게 만드는 수단 또는 시간이 오래 걸리게 하는 방법에는 무엇이 있는지, 위변조 시도에 대한 확인방법이 있는지 등의 정보를 충분히 확보하는 것이 바람직하다.

고추분말 또는 고추 조미료 상품의 위변조 방지를 위해 활용하는 일반적인 포장시스템은 유연성 플라스틱 필름을 내포장재로 사용할 경우 종이 상자나 스탠딩 팩, 혹은 금속성 캔을 외부 포장재로 사용하여 고의적인 상품의 내용물 훼손을 억제할 수 있으며, 유리병과 같은 강성 용기를 포장재로 사용할 경우에는 플라스틱이나 금속성 마개로 밀봉한 후 용기와 마개 부분을 함께 열수축성 필름으로 단단히 고정하는 방식이 통용되고 있다.

특히 용기 포장재의 경우 열수축성 필름으로 고정하는 것 외에도 필요시 라벨 필름 또는 테이프로 2차 마감 처리하여 인위적인 포장 파손 여부를 손쉽게 확인할 수 있으며, 동시에 상품 내용물의 훼손 시도를 미연에 차단하는 효과를 거둘 수 있어 식품포장에서 효율적인 위변조 방지방법으로 널리 활용되고 있다.

4. 고춧가루 미생물 위해인자 도출을 위한 미생물 프로파일링

고춧가루 저장, 가공 및 유통 중 주요 미생물 위해인자 도출을 위하여 안전관리 지표 미생물 및 유해 미생물에 대한 프로파일 분석 및 양성 시료에 대해 정량 분석하였다. 본 연구에서는 국내외 보고된 고춧가루 및 양념류 중 오염 미생물 정보를 수집·검토하여 미생물 위해인자의 범위를 선정한 후 우리나라의 식품공전에서 즉석 섭취·편의식품류에서 규정하고 있는 위해미생물을 우선적으로 선정하였으며, 분변 등에 의한 오염을 확인하기 위하여 대장균군과 장내세균을 추가하여 미생물 위해인자를 선정하였다. 분석한 미생물의 특성은 Table 33과 같다. 아울러 aflatoxin을 생성하는 것으로 알려진 *Aspergillus*속 곰팡이에 대해서도 정성분석 하였다. 고춧가루에 대한 중점위해요소관리기준에는 원료 및 부원료 중 *B. cereus*를 비롯한 병원성 미생물 음성으로 제안하고 있어 본 연구에서는 *S. aureus*, *B. cereus*, *E. coli*, *Salmonella* spp, *L. monocytogenes*를 분석하였다. 이 중 *S. aureus*와 *B. cereus*는 정량 분석하였으며 *E. coli*, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*는 정성분석한 후 양성 시료에 대해 정량 분석하였다.

가. 유통 시료 중 미생물 분석

수집된 고춧가루 유통 시료는 경기지역 대형할인마트에서 구입한 소포장 제품으로 상온에서 판매되고 있었다. 포장 고춧가루 중 위해 미생물 프로파일 분석 결과 *E. coli*, *S. aureus*, *Salmonella* spp, *L. monocytogenes* 및 아플라톡신 생성 곰팡이류는 전체 시료에서 검출되지 않았으나 *B. cereus*는 12개 시료 (38.7%)에서 검출되었다 (Table 34).

Table 33. Characteristics of analysed foodborne pathogens

병원성 세균	특징	감염원 (경로)	원인식품
병원성 대장균	<ul style="list-style-type: none"> · 통성혐기성균 · 운동성 	<ul style="list-style-type: none"> · 환자 (보균자)의 분변 · 가축의 분변 · 하천수, 어패류 	<ul style="list-style-type: none"> · 환자와 보균자로 직간접으로 오염되는 모든 식품
황색포도상구균	<ul style="list-style-type: none"> · 고염, 건조에서도 생존 · 내열성독소 생산 	<ul style="list-style-type: none"> · 토양, 하수 등 자연계에 분포 · 건강인의 30%가 보유 · 코, 피부 등에 상재 	<ul style="list-style-type: none"> · 육류 및 가공품 · 복합조리식품 · 어육 연제품
바실러스균	<ul style="list-style-type: none"> · 내열성 독소생성 · 토양세균 · 토양, 산하, 먼지, 등 자연계에 분포 	<ul style="list-style-type: none"> · 토양 상재균 · 토양과 관계가 있는 식품 원재료와 그 가공조리식품 	<ul style="list-style-type: none"> · 쌀, 잡곡 등 · 향신료, 채소 등
리스테리아균	<ul style="list-style-type: none"> · 인수공통 병원균 · 냉장 온도에서 생존, 증식 · 냉동온도 (-18℃)에서는 증식은 못함 	<ul style="list-style-type: none"> · 부적절한 축산제품의 취급, 처리 · 오염된 물의 사용 (재배, 처리) · 자연환경에 널리 분포 	<ul style="list-style-type: none"> · 우유, 아이스크림등 · 소시지, 비가열 식육 등 · 채소류
살모넬라균	<ul style="list-style-type: none"> · 포자를 만들지 않는 그람 음성 간균 	<ul style="list-style-type: none"> · 사람, 애완동물, 가축등의 식육, 가금류의 알 · 하수, 하천수등 자연환경 · 보균자의 손과 발 	<ul style="list-style-type: none"> · 동물성 단백질 식품 · 어패류과 그 가공품 · 채소등의 복합조리식품
Aspergillus 속	<ul style="list-style-type: none"> · 영양이 고갈된 상태하에도 성장가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 식물과 관목류에서도 성장 · 산소가 풍부한 환경에서 발견 	<ul style="list-style-type: none"> · 일부 좋은 곡류 특히 옥수수에서 독소를 생산 · 전분류 식품 (빵, 감자등) 주 오염원

Table 34. Incidence of foodborne pathogens in the commercial red pepper powder products

No. of Samples	Foodborne pathogens (number of samples, positive/total, (%))					
	<i>E. coil</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i> spp.	<i>B. cereus</i>	<i>Aflatoxin</i> producing molds	<i>Listeria monocytogenes</i>
31	0/31 (0%)	0/31 (0%)	0/31 (0%)	12/31 (38.7%)	0/31 (0%)	0/31 (0%)

미생물 정량 분석결과 총균수의 오염도는 3.6 - 7.3 log CFU/g였으며, 31개 중 2개 시료의 오염도는 3 - 5 log CFU/g 였고, 대부분의 시료 (22/31)의 총균수 오염도는 5 - 7 log CFU/g 이었다 (Table 35). 7개 시료는 7 log CFU/g 이상의 총균수에 오염되어 고춧가루의 위생관리가 필요함을 시사한다. 분석한 시판 시료 중 총 17개 시료에서 대장균군이 검출되었으나 대장균은 전체 시료에서 검출되지 않았다. 대장균군 양성 시료의 64.7%는 오염도가 3 log CFU/g 이하였다. *B. cereus* 오염도는 모두 3 log CFU/g 이하였다. *Enterobacteriaceae*는 14개 시료에서 검출, 정량 분석되었는데 오염수준은 대부분 3 log CFU/g이하였고, 3 - 5 log CFU/g으로 오염된 시료도 일부 있었다. 양성 시료의 79%는 오염 수준이 3 log CFU/g 이하였다. 검출된 *Enterobacteriaceae*를 VITEK으로 동정한 결과 주로 *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp., *Pantoea* spp., *Pseudomonas* spp. 등 이었다 (Table 36).

Table 35. Levels of microbials in the commercial red pepper powder products

Microorganism	No. of positive/no. of total samples				
	Range (log CFU/g)				
	< 1	1 - 3	3 - 5	5 - 7	7 <
Total viable cell count	0/31	0/31	2/31	22/31	7/31
Enterobacteriaceae	17/31	11/31	3/31	0/31	0/31
Coliform	14/31	11/31	6/31	0/31	0/31
<i>E. coil</i>	31/31	0/31	0/31	0/31	0/31
<i>Bacillus cereus</i>	19/31	12/31	0/31	0/31	0/31
Yeast	21/31	4/31	6/31	0/31	0/31
Mold	18/31	13/31	0/31	0/31	0/31
<i>Aflatoxin producing</i> Molds	31/31	0/31	0/31	0/31	0/31

Table 36. Identification of detected Enterobacteriaceae from packaged red pepper powder products

Isolated species	No. of samples (Detection %)
<i>Enterobacter</i> spp.	2/31 (6.5)
<i>Klebsiella</i> spp.	4/31 (12.9)
<i>Leclercia</i> spp.	1/31 (3.2)
<i>Pantoea</i> spp	5/31 (16.1)
<i>Pseudomonas</i> spp.	1/31 (3.2)

HACCP 적용 여부에 따라 비교해 보면, HACCP 적용 고춧가루의 *B. cereus* 오염율은 35.7%로, 비 HACCP 고춧가루 제품의 41.2%보다 다소 낮았다. 오염도는 두 종류의 제품 모두 3 log CFU/g 이하였다 (Table 37, 38). HACCP 및 비 HACCP 제품 모두 대부분 평균수가 5 log CFU/g 이상이었다 (Table 38). 현재 고춧가루 중 미생물 기준은 설정되어 있지 않으나 2008년도 개정 고시된 고춧가루에 대한 식품위해요소 중점관리기준에 의하면 *B. cereus* 등 병원성 미생물이 원료 중 음성이어야 한다고 제시하고 있다. 이에 따르면 원료 및 공정 중 *B. cereus* 오염에 대한 예방 및 제어기술에 대한 연구가 필요하다.

Table 37. Incidence of foodborne pathogens in the HACCP applied red pepper powder products

	No. of samples	Foodborne pathogens (number of samples, positive/total, (%))					
		<i>E. coil</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i> spp.	<i>B. cereus</i>	<i>Aflatoxin</i> producing molds	<i>Listeria monocytogenes</i>
HACCP products	14	0/14 (0%)	0/14 (0%)	0/14 (0%)	5/14 (35.7%)	0/14 (0%)	0/14 (0%)
Non HACCP products	17	0/17 (0%)	0/17 (0%)	0/17 (0%)	7/17 (41.2%)	0/17 (0%)	0/17 (0%)

Table 38. Total viable cell counts and *Bacillus cereus* in the analyzed samples

	No. of samples	Total viable cell counts		<i>B. cereus</i>	
		below 5 log CFU/g	above 5 log CFU/g	below 3 log CFU/g	above 3 log CFU/g
HACCP products	14	1/14 (7.1%)	13/14 (92.9%)	14/14 (100%)	0/14 (0%)
Non HACCP products	17	1/17 (5.9%)	16/17 (94.1%)	17/17 (100%)	0/17 (0%)
Total	31	2/31 (6.5%)	29/31 (93.5%)	31/31 (100%)	0/31 (0%)

나. 원료 중 미생물 분석

고춧가루 원료 (생고추) 중 미생물 오염도를 분석하기 위하여 고추종합처리장 고추 원료 및 일반 고춧가루 가공공정 원료를 수집하였다 (Table 39, 40). 모든 시료에서 *S. aureus*, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*는 검출되지 않았으나 일부 시료에서는 대장균과 *B. cereus*가 검출되었다 (Table 40). 이들 시료는 미세척된 고추도 포함하고 있으며 고추원료의 적절한 세척으로 미생물을 제거할 필요가 있음을 보여준다. 분석된 시료의 꼭지 제거 여부 및 세척 여부에 따라 총균수에 차이가 있었으며 대체로 꼭지가 제거되지 않은 원료의 총균수 오염도가 낮았다 (결과 미 제시). 원료에서 분리한 Enterobacteriaceae는 동정 결과 시판 포장 고춧가루 시료와 유사한 *Klebsiella* spp., *Serratia* spp., *Enterobacter* spp., *Leclercia* spp., *Pseudomonas* spp.로 동정되었다 (Table 41).

Table 39. List of fresh red pepper for red pepper powder processing

생산 지역	시료 수	시료 번호	종자이름	시료상태		생산 지역	시료 수	시료 번호	종자이름	시료상태	
				세척	꼭지					세척	꼭지
A	5	01	건초왕	O	X	C	5	01	강력대통	X	O
		02	독야청청	O	X			02	금나라	X	O
		03	명탑	O	X			03	무한질주	X	O
		04	장수왕	O	X			04	수달래	X	O
		05	천하무적	O	X			05	홍진주	X	O
B -1	6	01	강력대통	O	X	D	5	01	강한1호	X	X
		02	건초왕	O	X			02	금나라	X	X
		03	금나라	O	X			03	무한질주	X	O
		04	금당	O	X			04	수달래	X	X
		05	빨리따	O	X			05	장수왕	X	X
		06	일당백	O	X			01	금강석	X	O
B -2	6	07	강력대통	X	X	E	5	02	금고추	X	O
		08	건초왕	X	X			03	매콤달콤	X	O
		09	금나라	X	X			04	이구동성	X	O
		10	금당	X	X			05	파워스피드	X	O
		11	빨리따	X	X						
		12	일당백	X	X						

Table 40. Incidence of foodborne pathogens in the fresh raw red pepper

Area	No. of samples	Foodborne pathogens (number of samples, positive/total, (%))					
		<i>E. coil</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i> spp.	<i>V. parahaemoliticus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
A	5	2/5	NA	NA	NA	0/5	NA
B-1	6	0/6	NA	NA	NA	1/6	NA
B-2	6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6
C	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
D	5	0/5	0/5	0/5	0/5	2/5	0/5
E	5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
Total	32	2/32 (6.3%)	0/21 (0%)	0/21 (0%)	0/21 (0%)	3/32 (9.4%)	0/21 (0%)

Table 41. Identification of Enterobacteriaceae isolated from fresh red pepper

Isolated species	No. of samples (positive/total, %)
<i>Enterobacter</i> spp.	3/37 (8.1)
<i>Klebsiella</i> spp.	10/37 (27.0)
<i>Leclercia</i> spp.	1/37 (2.7)
<i>Pantoea</i> spp.	18/37 (48.6)
<i>Pseudomonas</i> spp.	2/37 (5.4)
<i>Serratia</i> spp.	3/37 (8.1)

고춧가루 제조 시 생고추 원료를 일괄 구매 후 종합 처리하여 건조고추로 1차 가공하는 경우도 있으나, 소규모 제조 공장에서는 농가에서 개별적으로 건조된 건조고추를 구입하여 원료로 사용하는 경우가 많다. 동일한 농가에서 건조 전 후의 시료를 수집하여 유해 미생물의 정성 분석 및 안전관리 지표미생물의 정량 분석하였다. 대부분의 위해 미생물은 건조 전후 시료에서 모두 검출되지 않았다. *B. cereus*는 건조 전 생고추에서는 검출되지 않았으나, 건조 후에는 검출되었다 (Table 42).

Table 42. Detection rate of foodborne pathogens after drying of fresh red pepper

Conditions	No. of samples	Foodborne pathogens (No. of samples, positive/total)				
		<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i> spp.	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>B. cereus</i>
Before drying	3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3
After drying	3	0/3	0/3	0/3	0/3	2/3

생고추는 건조과정을 통해 수분함량이 약 80%에서 20% 수준으로 감소하므로 검출을 증가 수분함량의 영향이 있을 가능성이 있다. 농가에서 천일건조할 경우 토양 등 환경에 바로 노출되는 과정에서 *B. cereus*가 오염되었을 가능성도 배제할 수는 없으나 분석된 시료 수가 작아 본 결과를 일반화하기는 어렵다 (Table 43).

Table 43. Levels of foodborne pathogens after drying of fresh red pepper

Conditions	No. of samples	Incidence (min-max (log CFU/g))			
		TVC	coliform	<i>B. cereus</i>	<i>Aflatoxin producing molds</i>
Before drying	3	3/3 (5.5-8.7)	3/3 (0.1-4.0)	0/3	0/3
After drying	3	3/3 (3.5-5.0)	1/3 (1.2)	2/3 (1.3-1.4)	0/3

다. 저장 및 공정 시료 중 미생물 분석

(1) 공정 표면 시료 분석

앞에서 제시한 고춧가루 표준 제조 공정의 시료를 수집하여 안전관리 지표 미생물과 위해미생물 프로파일 분석을 하였다. 고춧가루 제조 공정 중 세척조, 컨베이어 벨트, 금속제거용 자석, 포장설비 등의 표면을 swab하여 오염 미생물을 분석하였다. *E. coli*, *Salmonella*, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, 아플라톡신 생성 곰팡이는 모든 swab 시료에서 검출되지 않았다. Coliform은 10개 시료 중 2개 시료 (세척시료 이송벨트와 혼합기 내부)에서 검출되었다 (Table 44).

(2) 공기 시료 분석

냉장 저장고, 원료 투입실, 고춧가루 제조실 (분쇄 공정 포함) 및 포장실의 낙하균을 분석하였다 (Fig. 36). 무작위적으로 각 플레이트에서 일정한 개수의 콜로니를 채취한 후 동정한 결과 유해 미생물은 동정되지 않았다.

(3) 저장 및 공정 시료 중 미생물 분석

원료, 이물질 선별, 세척, 조분쇄, 분쇄, 건조, 금속제거 등 공정 시료 중 미생물 분석 결과 *E. coli*, *Salmonella*, *L. monocytogenes*, 아플라톡신 생성 곰팡이 등은 모든 시료에서 검출되지 않았다 (Table 45).

Table 44. Contaminated microbes on the surface of processing facilities

시료 채취 부위	<i>E. coli</i>	Coliform	<i>Salmonella</i> spp.	<i>L. mono-</i> <i>cytogenes</i>	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Aflatoxin</i> producing molds
세척시료 이송 벨트	0/2	1/2	0/3	0/3	1/3	0/2	0/2
세척기 내부	0/2	0/2	0/3	0/3	0/3	0/2	0/2
혼합기 내부	0/2	1/2	0/3	0/3	0/3	0/3	0/2
분쇄기 내부	-	-	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
입도선별기 표면	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2
금속제거기 표면	0/2	0/2	0/3	0/3	0/3	0/3	0/2
포장기 표면	-	-	0/1	0/1	0/1	0/1	0/2

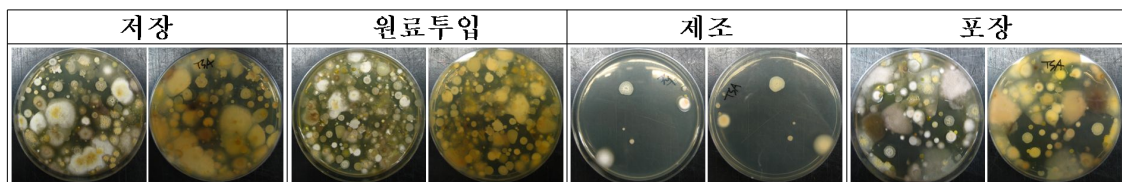


Fig. 36. Microflora in air samples during red pepper powder processing.

Table 45. Incidence of foodborne pathogens in the red pepper powder from the different processing steps

시료 채취 단계	<i>E. coli</i>	Coliform	<i>Salmonella</i> spp.	<i>L. monocytogenes</i>	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	Afltoxin producing molds	Enterobacteriaceae
원료	0/4	2/4	0/4	0/4	4/4	0/4	0/4	2/4
이물제거 및 세척	0/8	4/7	0/7	0/7	2/6	0/7	0/5	3/6
조분쇄 및 혼합	0/5	3/5	0/5	0/5	1/3	0/5	0/3	4/5
분쇄 단계	0/3	2/3	0/3	0/3	1/2	0/3	0/2	2/3
건조	0/2	2/2	0/2	0/2	1/2	0/2	0/2	2/2
금속제거 단계 이후	0/3	3/3	0/3	0/3	1/2	1/3	0/3	3/3
입도선별	0/3	3/3	0/3	0/3	1/2	1/3	0/3	3/3

공정 시료 중 총균수의 변화는 원료를 기준으로 했을 때 조분쇄 단계 이후 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 37). Coliform의 경우 분쇄 공정이 진행됨에 따라 시료 중 오염도가 증가하였다 (Fig. 38). Enterobacteriaceae 역시 고춧가루 제조 시 조분쇄/혼합 공정에서 오염도가 증가하였고 이후 공정에서 감소하나 원료단계 수준으로 감소하지는 않았다 (Fig. 39). 계절별 오염도의 경우 Enterobacteriaceae의 원료 중 오염도가 2 - 5월 시료보다 9월 - 12월 시료에서 높았고 coliform의 경우도 유사한 경향을 보였다 (Fig. 38, 39).

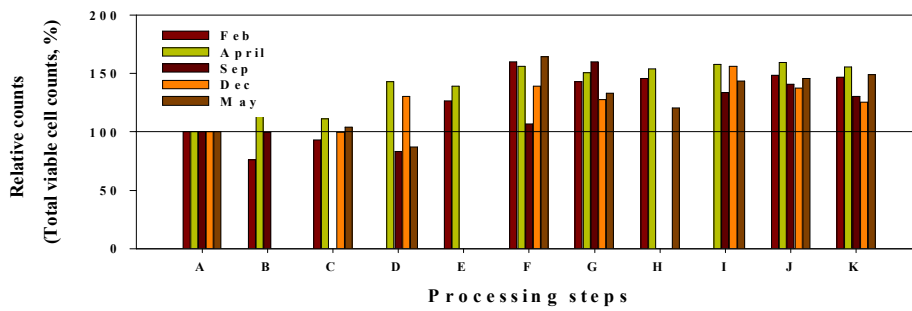


Fig. 37. Relative count of total viable cell counts in red pepper powder samples collected from processing steps. A and K represent raw material and final products, respectively.

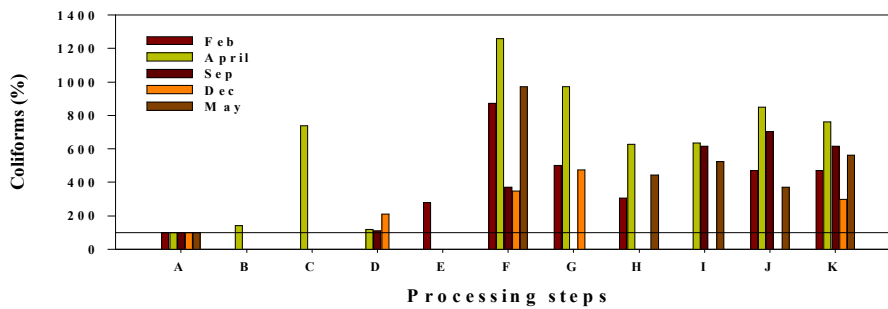


Fig. 38. Relative count of coliform in red pepper powder samples collected from processing steps. A and K represent raw material and final products, respectively.

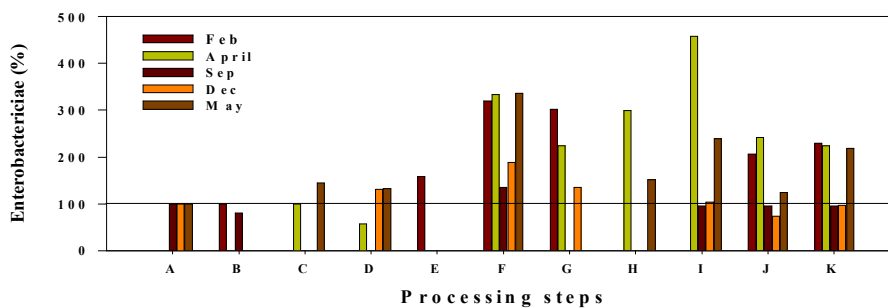


Fig. 39. Relative count of Enterobacteriaceae in red pepper powder samples collected from processing steps. A and K represent raw material and final products, respectively.

여러 위해미생물 중 *B. cereus*의 고춧가루 제조 공정별 오염도를 분석하였다. 공정 및 제품 시료 60, 표면 스왑 시료 35, 공기 시료 17을 포함한 112 시료를 분석한 결과 *B. cereus*의 검출율은 원료 단계를 포함한 초기 공정보다 제품 후반으로 갈수록 감소하였다. 한편 스왑 시료와 고춧가루 가공 공정의 공기 시료 중 *B. cereus* 검출율은 각각 2.9%와 11.8%로 분석되었다 (Table 46). *B. cereus*의 원료 중 오염수준은 대체로 3 log CFU/g 이하였으며 고춧가루 제조공정이 진행될수록 감소하는 경향이였다 (Fig. 40).

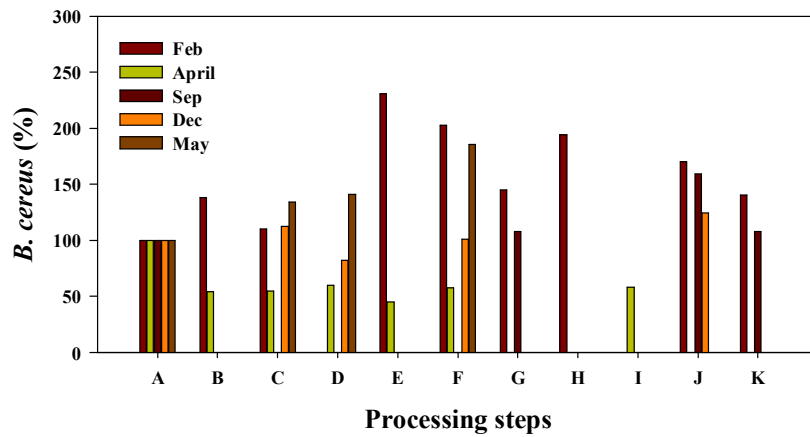


Fig. 40. Level of *B. cereus* in red pepper powder samples collected from processing steps. A and F represent raw material and final products, respectively.

Table 46. Detection of *Bacillus cereus* in the samples obtained from the red pepper powder processing company

Samples	Description	Sampling code (No. of samples, positive/total (%))					
		I	II	III	IV	V	Total
Semi-products	Raw materials	3/4 (75.0)	2/2 (100.0)	2/2 (100.0)	2/2 (100.0)	2/3 (66.7)	11/13 (84.6)
	Washing	4/4 (100.0)	4/4 (100.0)	0/2 (0)	2/2 (100.0)	2/2 (100.0)	12/14 (85.7)
	Crude milling/mixing	2/2 (100.0)	2/2 (100.0)	0/1 (0)	1/1 (100.0)	1/2 (50.0)	6/8 (75.0)
	Milling	1/1 (100.0)	0/1 (0)	1/1 (100.0)	0/1 (0)	0/1 (0)	2/5 (40.0)
	Drying/Metal detection	3/3 (100.0)	1/4 (25.0)	1/2 (50.0)	1/2 (50.0)	0/4 (0)	6/15 (40.0)
Final products	Red pepper powders	1/1 (100.0)	0/1 (0)	1/1 (100.0)	0/1 (0)	0/1 (0)	2/5 (40.0)
Sub total		14/15 (93.3)	9/14 (64.3)	5/9 (55.6)	6/9 (66.7)	5/13 (38.5)	39/60 (65.0)
Swaps Environments	Equipment surfaces	1/5 (20.0)	0/6 (0)	0/8 (0)	0/8 (0)	0/8 (0)	1/35 (2.9)
	Air (processing room)	n.a. ^a	n.a.	0/12 (0)	2/5 (40.0)	n.a.	2/17 (11.8)
Sub total		1/5 (20.0)	0/6 (0)	0/20 (0)	2/13 (15.4)	0/8 (0)	3/52 (5.8)
Totals		15/20 (75.0)	9/20 (45.0)	5/29 (17.2)	8/22 (36.4)	5/21 (23.8)	42/112 (37.5)

^a: Not available

(4) 환경 중 미생물 분석

공정에서 유래된 분진 및 공장 주변 토양에 대한 미생물 분석결과, 공정에서 유래된 분진 시료와 토양의 총균수는 6.4 - 7.9 및 8.0 log CFU/g 수준이었다. 분진 시료의 Enterobacteriaceae 수준은 2.0 - 6.8 log CFU/g으로 채취 시기에 따라 달랐으며, 토양 시료에는 7.1 log CFU/g이 존재하는 것으로 분석되었다. Coliform과 *B. cereus*는 토양시료보다 분진시료에서 높은 수준으로 존재하였다 (Table 47)

Table 47. Microbial levels in collected dust and soil around the processing factory

	(log CFU/g)				
	Total viable cell count	Enterobacteriaceae	Coliform	<i>B. cereus</i>	PDA
Dust	7.9	6.8	7.9	4.5	4.9
	6.3	5.3	7.4	2.8	4.5
	6.4	2.0	4.9	5.0	4.4
	7.0	5.6	6.5	2.7	4.0
Soil	8.0	7.1	5.6	2.7	4.5

라. 불량 또는 반품 고춧가루 미생물 분석

안전관리 지표 미생물 또는 지표 위해 미생물을 선정하기 위하여 불량 또는 반품 시료를 대상으로 총균수, coliform, Enterobacteriaceae, *S. aureus*, *B. cereus*, yeast와 mold는 정량 분석하였으며 *E. coli*, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*는 정성 분석하였다. 분석결과 총균수를 제외한 모든 항목에서 음성이었고 총균수 수준은 6.2 log CFU/g이었다. 이는 대부분 반품 사유가 이물 또는 변색이기 때문에 미생물 위해와는 관련도가 낮은 것으로 분석된다 (Table 48).

Table 48. Profiles of microbiological hazards in returned red pepper powder

시료	<i>E. coli</i>	Coliform	<i>Salmonella</i> spp.	<i>L. monocytogenes</i>	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>A. flavus</i>	Enterobacteriaceae	Yeast, mold
반품 시료	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성

5. 오염지표 미생물 및 잠재위해미생물 성장특성 연구

가. 안전관리 지표미생물 선정 및 성장특성 분석

고춧가루 중 안전관리 지표 미생물로 coliform를 선정하였다. 계절별, 공정별 미생물 오염도를 분석한 결과 고춧가루 제조 시 조분쇄/혼합 공정에서 coliform 오염도가 증가하였고 이후 공정에서 감소하나 원료단계 수준으로 감소하지는 않았다. 이와 관련하여 *E. coli*와 *Enterococcus faecalis*의 온도별 성장특성을 분석하였다.

*E. coli*의 온도별 성장특성 분석 결과는 다음과 같다. 고추에서 분리된 *E. coli* 2주를 대상으로 초기 균수를 3.5 - 4.5 log CFU/ml이 되도록 조정한 후 시간별 증식 정도를 평판배양법으로 계수하여 성장특성을 분석하였다. 온도별 (20, 30, 40°C), 분리균주별 성장 특성 분석을 수행하였고, 분석된 생육곡선으로부터 Baranyi & Roberts 모델을 이용하여 growth kinetics를 구하였다. 도출된 growth kinetics는 20°C의 경우 maxim growth rate (0.25 - 0.28 log CFU/g/hr), lag phase (6.51 - 6.92 hr), 30°C의 경우 각각 0.77 - 0.89 log CFU/g/hr와 lag phase 2.29 - 2.81 hr, 40°C의 경우 각각 0.81 - 1.04 log CFU/g/hr와 lag phase 1.41 - 1.61 hr이었다.

*E. faecalis*의 경우고춧가루 및 식품 분리주 5주와 표준균주 1주를 대상으로 초기 균수를 3 - 4 log CFU/ml이 되도록 조정한 후 시간별 증식 정도를 평판배양법으로 계수하여 성장특성을 분석하였다. 온도별 (10, 20, 30°C), 분리균주별 성장 특성을 분석하고 Baranyi & Roberts 모델로 growth kinetics를 구하였다. 분석된 growth kinetics는 10°C의 경우 maxim growth rate (0.03 - 0.07 log CFU/g/hr), lag phase (14.9 - 36.4 hr), 20°C의 경우 각각 0.20 - 0.63 log CFU/g/hr와 0.37 - 5.32 hr, 30°C의 경우 각각 0.40 - 0.58 log CFU/g/hr와 0.14 - 1.73 hr로 분석된 균주에 따라 변이성 (variability)가 커 위험분석을 포함한 식품안전 연구에 이를 고려할 필요가 있다. Maximum growth rate와 초기 균수와의 상관성, 그리고 lag time과 초기 균수와의 상관성은 30°C의 경우 $r^2=0.12$ 와 -0.21 , 20°C의 경우에는 각각 $r^2=0.10$ 과 -0.07 로 낮았다.

나. 지표 위해미생물 공정별 분석 및 성장특성 연구

앞에서 분석한 위해 미생물의 정성 및 정량 분석결과를 바탕으로 고춧가루 관련 지표 위해 미생물로 *B. cereus*를 선정하였다. 안전관리 지표 미생물인 coliform의 경우 제조 공정 중 조분쇄/혼합 단계에서 특징적으로 오염도가 증가하는 경향을 보인 반면 위해지표미생물로 선정한 *B. cereus*의 특이적인 오염 공정은 도출되지 않았으며

공정 분리주의 genotyping 결과 공정으로부터 교차오염 가능성을 확인한 바 있다. 성장특성 분석용 균주 선정을 위하여 다음의 모식도와 같이 고춧가루 제품 및 공정으로부터 분리된 *B. cereus* 68균주를 대상으로 생화학적 특성분석, 독소 생성 유전자 분석 및 증식속도를 분석하였다. 독소 유전자 패턴 및 증식속도분석 (예비실험) 결과를 통해 성장 특성 분석 균주를 선정하였다. 선정된 고춧가루 분리주의 독소 유전자 패턴은 다음과 같다 (Fig. 41). 온도별, 분리균주별 성장 특성을 분석하고 분석된 생육곡선으로부터 Baranyi & Roberts 식에 따라 data fitting 하여 growth kinetics를 도출하였다. 그 결과 분석된 고춧가루에서 분리된 *B. cereus* 균주의 maxim growth rate는 0.6 - 0.9 log CFU/g/hr, lag phase는 0.9 - 2.2 hr로 분석된 균주에 따라 차이가 있었으며 초기 균수와 상관은 각각 $r^2=-0.53$ 과 -0.22 로 낮았다. 배양 온도가 높아짐에 따라 최대 성장율은 증가하였으나, 초기 균수에 따른 차이는 없었다. 안전 관리 지표 미생물의 경우와 유사하게 분리된 균주마다 증식특성의 차이가 크므로 식품 안전 연구 시, 이에 대한 변이성을 반영할 필요가 있다.

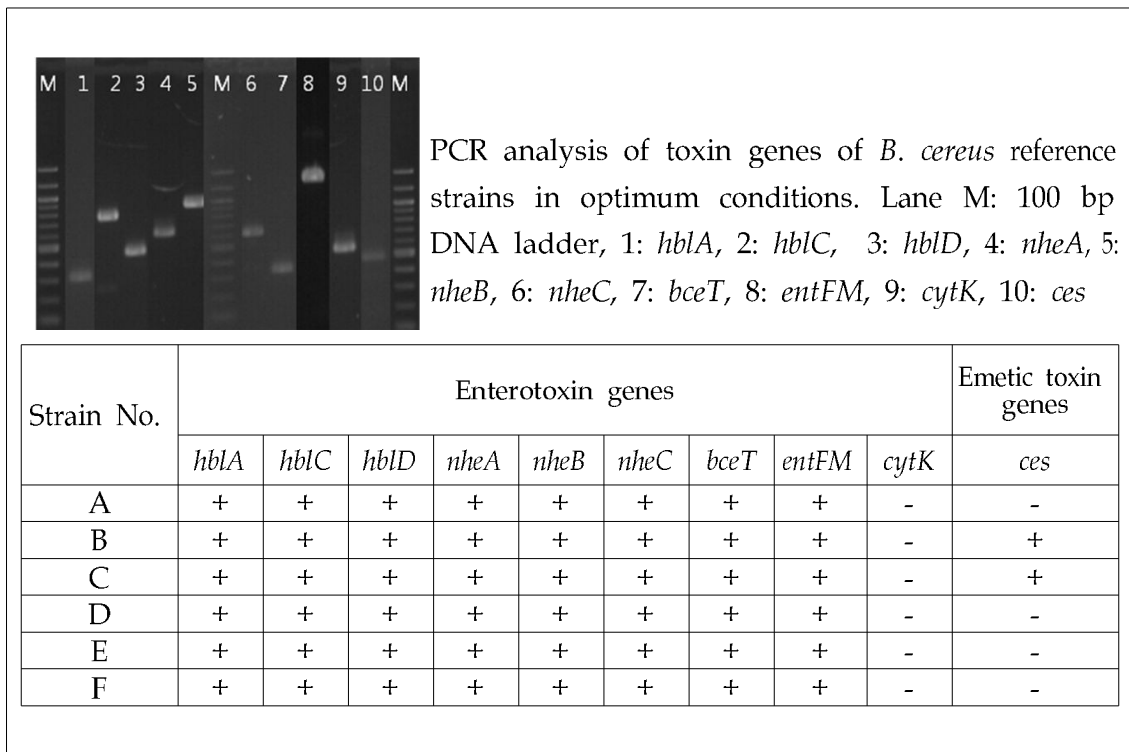


Fig. 41. Toxin gene profiles of selected *B. cereus*.

6. 현장적용 미생물 제어 시스템 연구

가. 항균제 감수성

앞서 coliform이나 Enterobacteriaceae의 경우 고춧가루 제조 공정 중 오염도가 증가하는 결과를 살펴보았다. *B. cereus*의 경우 제조 공정 중 오염도는 크게 변화하지 않았다. 원료부터 제조공정 중 채취한 시료로부터 분리된 *B. cereus*의 genotyping 결과 원료로부터 이행되거나 일부는 제조 공정 중 교차오염이 일어날 가능성도 확인하였다. 이에 원료 상태에서 제어 또는 제조 공정 중 교차오염을 방지하기 위하여 원료 (생고추/건조 고추) 또는 공정에 적용 가능한 것으로 생각되는 여러 antimicrobials의 제어 가능성을 시험하였다. Antimicrobials는 milieu-, acid-, bacto- 및 phyto-antimicrobials로 나누어 시험하였다.

고춧가루 제품 또는 공정에서 분리된 *B. cereus* 72주를 대상으로 공정 라인의 미생물 제어에 활용 가능한 살균소독제 5종의 제어 효과를 분석하였다. 시험한 화학적 제어인자로는 상업용 살균소독제 (100%), sodium hypochloride (2%), benzalkonium chloride (0.005%), ethanol (50%), hydrogen peroxide (0.1%) 및 positive control로 chloramphenicol을 사용하였으며 예비실험을 통하여 사용한 농도를 선정하였다. Antimicrobials의 제어능은 disc diffusion법으로 분석하였으며 결과는 아래와 같다 (Fig. 42). 살균소독제 중에서는 상업용 살균소독제와 sodium hydrochloride의 경우 사용한 농도에서 식품 분리주 대부분의 성장이 저해되는 결과를 보였다.

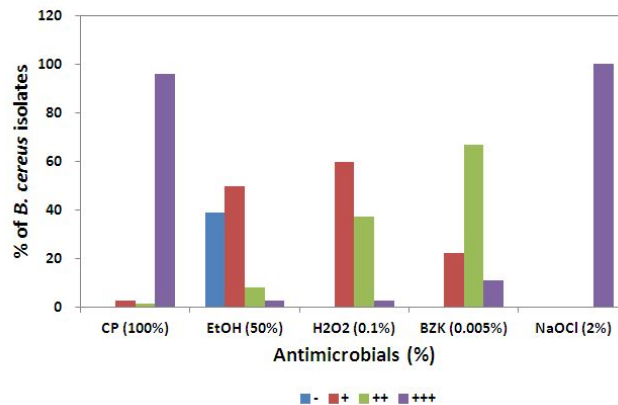


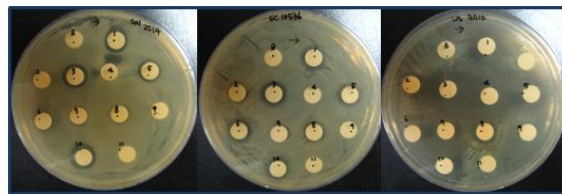
Fig. 42. Resistance profile of *B. cereus* isolated from red pepper powder and processing steps for red pepper powder production against milieu-antimicrobials. - : Resistance (No zone), + : Intermediate (<10mm), ++ : Sensitivity (10-12mm), +++ : High sensitivity (>12mm).

Acetic acid, citric acid, fumaric acid, malic acid, tartaric acid, lactic acid, pyruvic acid와 같은 유기산의 위해 미생물에 대한 생육 억제능을 분석하였다. *B. cereus*, *L. monocytogenes*, *E. coli*, *S. aureus*, *V. parahaemolyticus* 및 *E. faecalis*의 표준균주를 대상으로 유기산의 증식 억제능을 시험한 결과는 다음과 같다 (Table 49). 그 결과 가장 넓은 저해 스펙트럼을 보인 유기산인 acetic, malic acid, tartaric acid를 선정하여 식품 분리주를 대상으로 시험하였다.

Table 49. Antibioqram spectrum of organic acids on pathogens

	BC 21772	LM 19115	EC 10536	SA 6538	VP 27969	EF 29212
Acetic acid	+++	+++	++	++	+++	+++
Citric acid	+++	+++	++	+++	+++	+
Fumaric acid	-	-	-	-	-	ND
Malic acid	+++	+++	++	++	+++	+
Tartaric acid	+++	+++	++	++	+++	++
Lactic acid	-	-	-	-	-	ND
Pyruvic acid	-	-	-	-	-	ND

-, 8mm; +, 8~<10mm; ++, 10~<12mm; +++, >12mm.



공정라인의 미생물 제어에 활용 가능한 살균소독제를 시험했을 때 식품분리주의 경우 일부 균주는 대부분 균수 생육이 억제되는 농도에서도 생육 가능함을 확인하였다. 이에 식품분리주의 유기산에 대한 감수성을 분석하기 위하여 위에서 선정한 유기산 3종을 대상으로 예비실험을 통하여 실험 농도를 결정한 후 고춧가루 제품 또는 공정에서 분리된 *B. cereus* 72주를 이용하여 분석하였다. Disc diffusion 법으로 Acetic acid (0.25, 0.5%), malic acid (0.25, 0.5, 2%), tartaric acid (0.25, 0.5, 2%) 및 chloramphenicol (positive control)의 증식 억제능을 분석한 결과, Acetic acid 0.5%, malic acid 0.25%, 0.5%, tartaric acid 0.25%, 0.5%를 처리하였을 때에는 대부분의 식품 분리주에 대한 성장 억제 효과는 크지 않았다 (intermediate 수준 이하). Malic acid와 tartaric acid 2%를 처리할 경우 30 - 40%에 해당하는 균주의 성장이 억제되는 것으로 조사되었다 (Fig. 43).

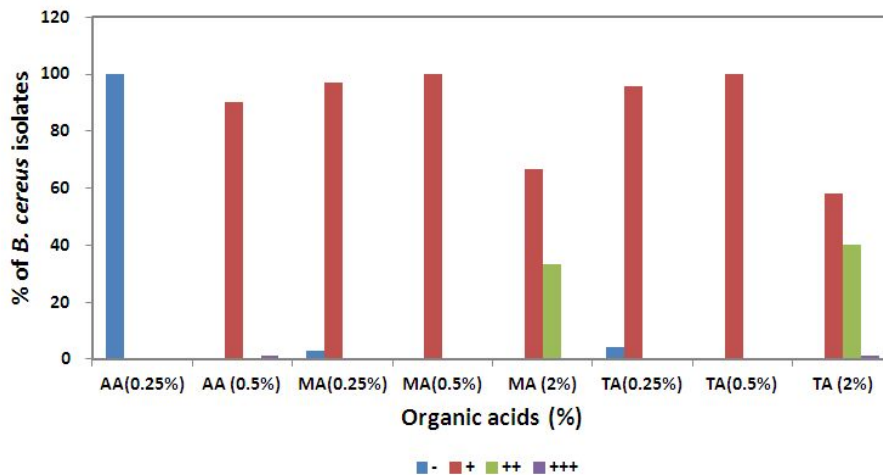


Fig. 43. Resistance profile of *B. cereus* isolated from red pepper powder and processing steps for red pepper powder production against acid-ntimicrobials. - : Resistance (No zone), + : Intermediate (<10mm), ++ : Sensitivity (10-12mm), +++ : High sensitivity (>12mm).

이와 같이 고추 및 고춧가루에서 분리된 70여종의 *B. cereus*에 대한 특성과 유래한 공정을 분석 후 6종의 균주를 선정하여, 다양한 antimicrobials에 대한 감수성을 평가하였다. 선정된 균주의 장독소 유전자 특성은 다음과 같다. 저장 시료부터 다양한 공정의 균을 선정하였으나, 독소 유전자 profile이 거의 유사한 것으로 분석되었다 (Table 50).

Table 50. Toxin gene profile of *B. cereus* isolated from red pepper or red pepper powder

Toxin gene	KFRI-03	KFRI-12	KFRI-14	KFRI-41	KFRI-54	KFRI-71
<i>hbl A</i>	+	+	+	+	x	x
<i>hbl C</i>	+	+	+	+	+	+
<i>hbl D</i>	+	+	+	+	+	+
<i>nhe A</i>	+	+	+	+	+	+
<i>nhe B</i>	+	+	+	+	+	+
<i>nhe C</i>	+	+	+	+	+	+
<i>bce T</i>	+	+	+	+	+	+
<i>ent FM</i>	+	+	+	+	+	+
<i>cyt K</i>	x	x	x	x	x	x
<i>cer</i>	x	x	x	x	x	x

선정된 6종의 *B. cereus*에 대해 유기산을 비롯한 다양한 항균제 (sodium hypochloride, hydrogen peroxide, acetic acid, malic acid, tartaric acid, ascorbic acid)에 대한 최소억제

농도 (minimum inhibition concentration, MIC)를 디스크 확산법으로 평가하였다 (Fig. 44, Table 51). 그림에서 보는 바와 같이 시험한 항균제 대부분이 식품분리주에 대한 MIC값이 표준균주보다 높아, 처리한 항균제에 대해 저항성이 있는 것으로 평가되었다. 특히 특정 균주는 sodium hypochloride 외에도 hydrogen peroxide, acetic acid, tartaric acid 등의 항균제에서 가장 높은 저항성을 보여주었다. 이와 같이 고춧가루 또는 공정에서 분리한 *B. cereus*는 전반적으로 표준균주에 비해 저항성이 높았으며 이 중 3가지 유기산에서 모두 높은 저항을 나타낸 식품 분리주를 선발하여 *B. cereus* 증식 특성에 미치는 acid-antimicrobials의 영향을 연구하였다.

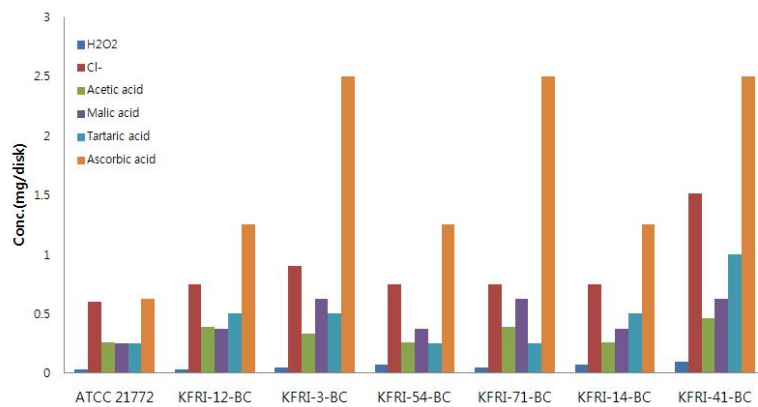


Fig. 44. Minimum inhibition concentration of *B. cereus* isolated from red pepper powder and processing steps for red pepper powder production against different bacterial agents.

Table 51. Minimum inhibition concentration of *B. cereus* isolated from red pepper powder and processing steps for red pepper powder production against different bacterial agents

Isolates	Agent (mg/disk)					
	H ₂ O ₂	ClO ⁻	Acetic acid	Malic acid	Tartaric acid	Ascorbic acid
ATCC 21772	0.028	0.6	0.26	0.25	0.25	0.625
KFRI-03-BC	0.046	0.9	0.33	0.625	0.5	2.5
KFRI-12-BC	0.035	0.75	0.39	0.375	0.5	1.25
KFRI-14-BC	0.069	0.75	0.26	0.375	0.5	1.25
KFRI-54-BC	0.069	0.75	0.26	0.375	0.25	1.25
KFRI-41-BC	0.093	1.51	0.46	0.625	1.0	2.5
KFRI-71-BC	0.046	0.75	0.39	0.625	0.25	2.5

앞에서 acetic acid, malic acid, tartaric acid에 공통적으로 저항성을 나타낸 식품분리주 (고춧가루 분리 *B. cereus*)와 *B. cereus* 표준균주 (ATCC 14579)를 대상으로 생육에 미치는 유기산의 영향을 비교, 분석하였다. 표준균주의 경우 초기 균수는 7.5 - 7.69 log CFU/ml 수준이었으며 0.01%를 제외하고는 유기산 처리 후 급격히 감소하는 경향을 보였다. 0.5%를 처리했을 때 4시간 후 검출 한계 이하로 나타났으며 0.01%, 0.05%를 제외하고 16시간 후 2 log CFU/ml 이하로 감소하였다. 감소 효과는 acetic acid, tartaric acid, malic acid 순서로 나타났다. 한편 식품분리주의 초기 균수는 7.89 - 7.92 log CFU/ml 수준이었으며 유기산 처리에 의해 생육이 억제되었다. 표준균주와 비교했을 때 고춧가루 분리주의 경우 0.5%를 제외하고는 전반적으로 표준균주보다 저항성이 높은 것으로 나타났으며 0.05%농도에서 특히 저항성이 높아 저농도 유기산 처리 시 식품분리주의 생존율이 표준균주보다 높음을 보여준다 (Fig. 45).

한편 *E. coli* 식품 분리주 9주, *S. aureus* 식품 분리주 5주를 이용하여 유기산에 의한 증식 억제능을 분석한 결과, 2% Acetic acid를 처리했을 때 식품에서 분리된 *E. coli*의 40%만이 성장이 저해되었고, *S. aureus*는 시험한 균주의 80%가 저해되어 균주마다 다른 특성을 보여주었다. Malic acid의 경우도 10% 농도에서 *E. coli*는 약 45%가 저해된 반면 *S. aureus*는 20%만이 저해되었고, tartaric acid는 10% 농도에서 *E. coli*는 약 55%가 *S. aureus*는 분리주의 약 80%가 저해되어 균주마다 유기산에 대한 감수성이 다름을 보여준다 (Fig. 46). 이와 같은 결과는 균주별, 제어인자별 감수성이 다르므로 목적에 따른 특이적인 제어 기술을 적용할 필요가 있음을 보여준다.

Bacto-antimicrobials은 특정 세균이 대사산물로 생산하는 bacteriocin으로 단백질 또는 단백질과 탄수화물의 복합체로 구성되어 있으며 nisin, pediocin, reuterin, sakacin 등이 널리 알려져 있다. 본 연구에서는 주요 위해 미생물의 증식을 저해하기 위한 제어법의 일환으로 유산균의 배양액을 이용하여 *E. coli*, *B. cereus*, *Salmonella* spp., *S. aureus*의 표준균주를 대상으로 증식 억제능을 비교하였다. 양성 대조군 (P)으로는 chloramphenicol을 이용하였다. 유산균 표준균주 3종과 식품에서 분리한 유산균 1종의 배양액을 disc diffusion 법으로 증식 억제능을 시험한 결과 1개 유산균의 배양액에 의하여 시험한 모든 위해미생물의 증식이 억제됨을 관찰할 수 있었다 (Fig. 47). 시험한 균주 중 *B. cereus*에 대한 증식억제능이 가장 높았으며 이는 유산균 배양액을 이용하여 원료 또는 공정의 일부의 미생물 증식을 제어할 수 있음을 시사한다.

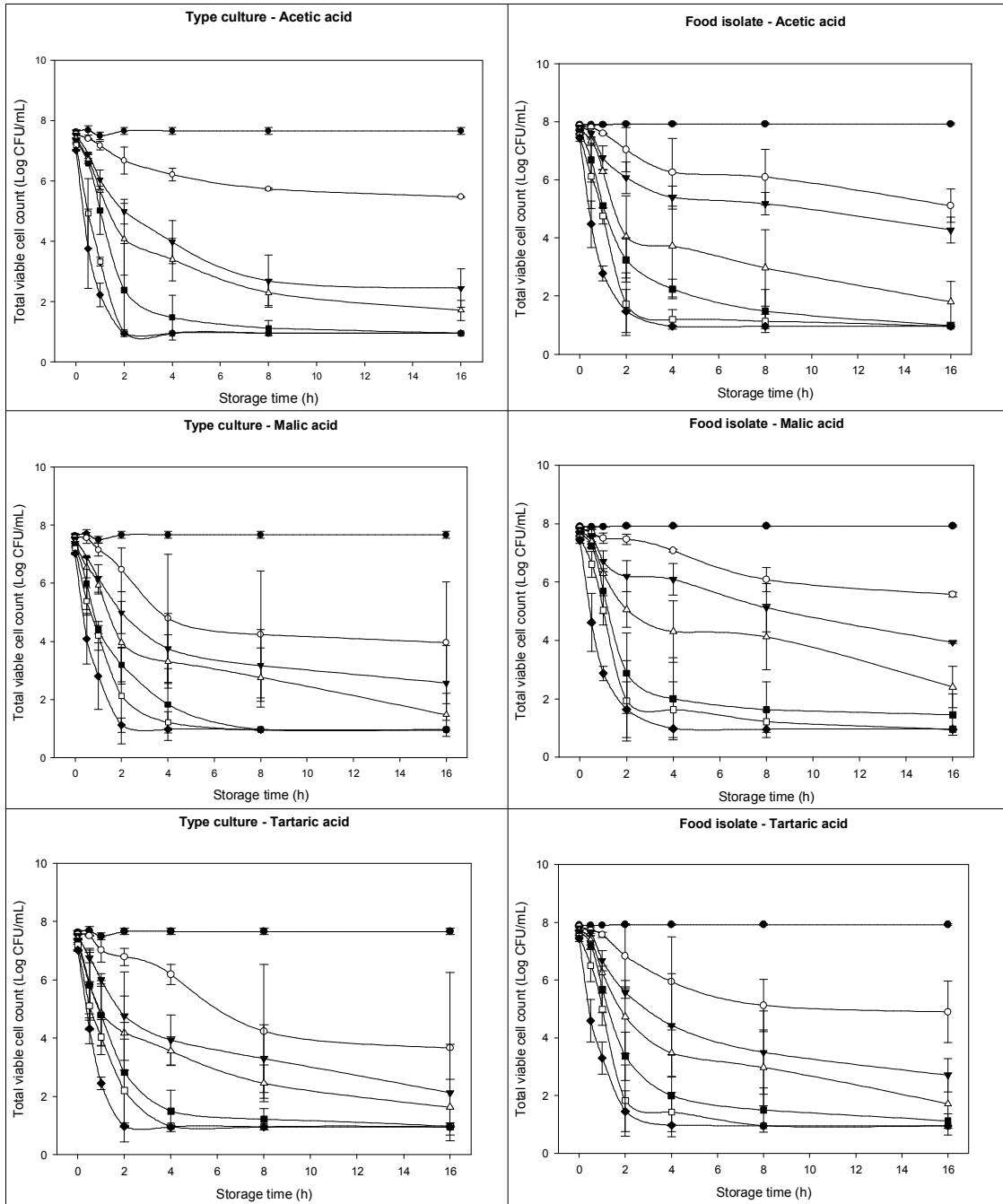


Fig. 45. Effect of organic acids on survival of *B. cereus* ATCC 14579 and food isolate. Concentraions of organic acids (●; Control, ○; 0.01%, ▼; 0.05%, △; 0.1%, ■; 0.2%, □; 0.25%, ◆; 0.5%).

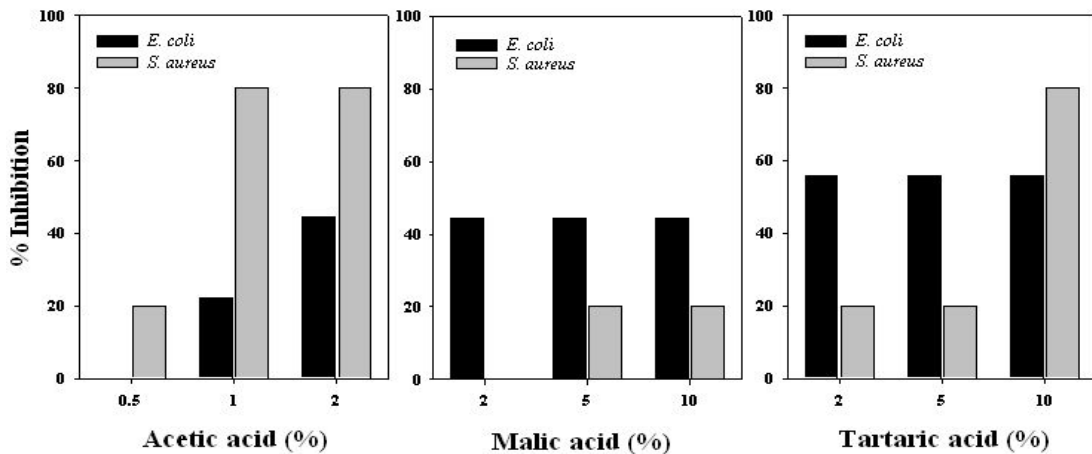


Fig. 46. Inhibitory effect of organic acids on the growth of *E. coli* and *S. aureus*.

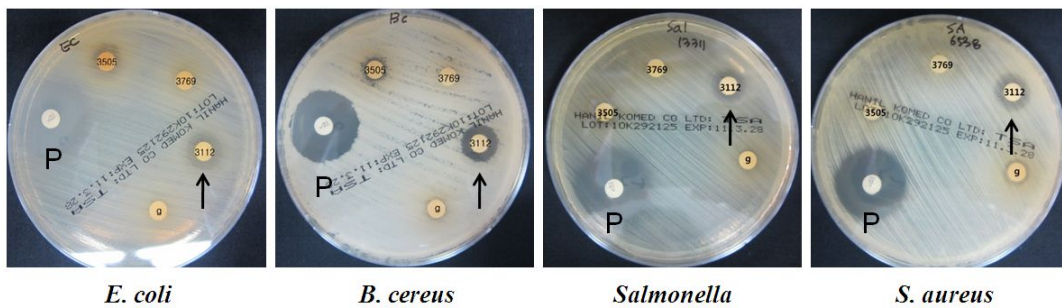


Fig. 47. Inhibition of microbial growth by fermentation products of lactic acid bacteria.

Phyto-antimicrobials의 *B. cereus* 증식에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 식품 분리주를 대상으로 고춧가루의 매운맛 성분인 capsaicin, 고춧가루 methanol 추출물 및 고춧가루 착즙액을 NB 배지에 첨가하여 증식 특성을 시험하였다. 실험은 capsaicin 0.5%, methanol 추출물 1mg/ml, 착즙액을 건조하여 건물량 기준으로 1mg/ml이 되도록 조제하여 시간별 *B. cereus* 수준을 평판 배양하여 계수하였다. 얻어진 시간별 *B. cereus* 수준을 Baranyi & Roberts model에 fitting 하여 maximum growth rate와 lag time을 산출한 결과 capsaicin 0.5% 처리에 의하여 maximum growth rate는 약간 감소하며, lag time은 약 5배 정도 증가하였다. 고춧가루 methanol 추출물 및 고춧가루 착즙액은 maximum growth rate와 lag time에 영향을 주지 않았다.

나. *B. cereus*와 온도 감수성

일반적으로 *B. cereus*는 온도에 민감한 것으로 알려져 있다. 이에 표준균주 (*B. cereus* 21772, 14579)와 식품분리주를 이용하여 10°C와 30°C에서 배양하면서 시간별 균수를 측정

하고 growth kinetics를 분석하였다. 그 결과 10℃에서는 표준균주 14579를 제외하고는 모두 성장하지 않고 약간 감소하였다.

Table 52. Growth Kinetics of *B. cereus* at 10℃ and 30℃

Temp (°C)	Isolates	Initial value (log CFU/ml)	Maximum growth rate (log CFU/ml/hr)	Final value (log CFU/ml)	R ²	
30	Food isolate A	3.5	0.40	8.3	0.962	
		5.1	0.36	7.9	0.997	
	Food isolate B	2.9	0.58	7.2	0.998	
		4.4	0.46	7.2	0.986	
	21772	3.3	0.63	7.7	0.996	
		5.0	0.35	7.5	0.989	
	14579	3.4	0.68	8.0	0.996	
		4.9	0.58	7.9	0.997	
	10	Food isolate A	3.6	-0.012	-	0.827
			5.6	-0.010	-	0.643
Food isolate B		2.9	-0.002	-	-	
		4.8	-0.033	-	0.925	
21772		3.5	-0.004	-	0.313	
		5.5	-0.006	-	0.078	
14579		3.4	0.012	-	0.593	
		5.2	0.013	-	0.742	

(1) 초기 균수를 달리하여 접종한 *B. cereus*의 10℃에서의 성장

이에 *B. cereus*의 온도 감수성을 확인하기 위하여, TSB에서 2번 이상 계대배양하여 충분히 활성화한 *B. cereus*를 Nutrient broth에 초기 균수를 달리하여 접종하고, 10℃에서 13일을 배양하면서 균수 변화를 분석하였다 (Fig. 48). 배양 4일 (96시간) 후 1 log CFU/ml 정도 감소하였고, 7일 (168시간) 후에는 2 log CFU/ml 정도 감소하였으며, 이후에는 거의 변화가 없었다. 이와 같이 *B. cereus*는 다른 균에 비해 온도에 민감한 것을 확인하였으며, 10℃에서 7일 이상 배양 후 2 log CFU/ml 수준 감소되는 결과를 얻었다.

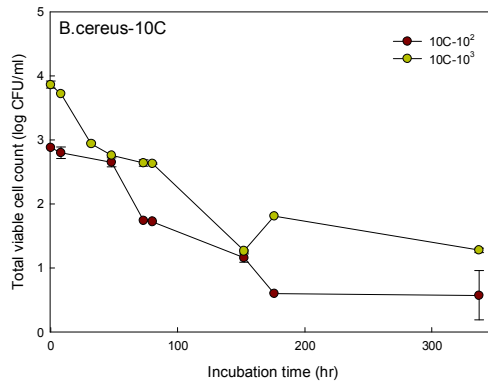


Fig. 48. Change of *B. cereus* isolate from red pepper for 15 days at 10°C.

(2) 온도 변화에 따른 *B. cereus* 성장의 변화

*B. cereus*의 저온 (10°C)에서의 온도 영향을 확인하기 위하여, 고추에서 분리되는 *B. cereus* 2 종과 표준균주 등 3종의 균주를 이용하여, 온도 변화에 따른 *B. cereus*의 성장특성을 추적하였다.

B. cereus strain 3종을 TSB에서 충분히 활성화시킨 후, 10°C에서 5일 간 배양한 결과, 3개의 strain 중 2개의 strain은 2 log CFU/ml 정도 감소하였으며, 1개의 균주는 1 log CFU/ml 정도 감소하는 것을 확인하였다. 저온에서 억제된 균주를 다시 30°C에서 배양하면 모든 균주의 균수가 급격하게 증가하였다. 30°C에서 약 8 log CFU/ml 정도로 증가한 이들 균주를 다시 10°C에서 5일 배양하면 다시 3 log CFU/ml 정도가 감소하는 것을 확인하였다 (Fig. 49).

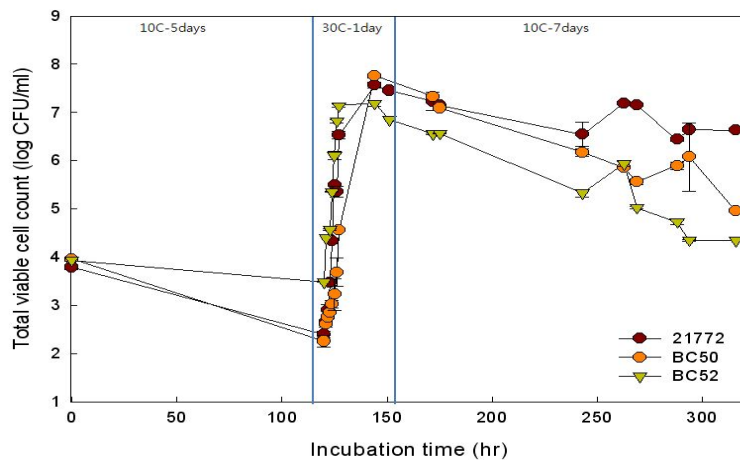


Fig. 49. Growth of *B. cereus* isolated from red pepper powder at fluctuated temperature.

이와 같이, 고춧가루에서 분리된 *B. cereus*는 온도, 특히 저온에 민감한 것을 확인할 수 있었다. 저온에서 억제된 균을 다시 최적 온도로 옮겼을 때, 빠르게 성장하였으나 다시 저온에서 배양하면 균수가 감소하는 결과는 식품의 저장 온도 조절을 통한 *B. cereus*의 저감화 가능성을 시사한다.

(3) *B. cereus*를 접종한 고춧가루의 저온 저장 영향

배지 상 결과로부터 저온 처리 시 *B. cereus*의 오염수준이 감소하였기에, 실제 고춧가루에서 저온 처리 효과를 확인하였다. 2011년산 포장 고춧가루를 구입하여 활성화된 *B. cereus*를 5.5 log CFU/g 이 되도록 접종하고 5°C와 30°C에 9일간 저장하면서 총균수와 *B. cereus* 변화를 분석하였다. 전 저장 기간 동안 고춧가루에서 총균수는 큰 변화가 없었다. 특히 30°C에서는 거의 변화가 없었으며, 5°C 구간에서는 저장 4일 이후 미미하지만, 약간의 감소하는 경향을 보여주었다 (Fig. 50).

고춧가루 자체의 높은 미생물 오염도 (5 log CFU/g 수준)로 인해, *B. cereus*의 정량적 분석이 어려웠으며 저장 기간 중 선택 배지 상에서 *B. cereus*의 정량적 변화는 확인하지 못했다. 그러나 정성적으로 확인했을 때 저장 4일 후에는 제일 낮은 희석배수에서도 선택배지 하에서 균이 검출되지 않아, 고춧가루의 낮은 수분활성도 등으로 인해, 접종한 *B. cereus*의 성장이 제한된 것으로 추정되었다. 따라서, 고춧가루에 추가로 오염되는 *B. cereus*는 고춧가루 환경 내에서 성장이 거의 어려우며, 특히 저장 온도가 낮은 경우에는 *B. cereus*의 성장이 일어나지 않거나 사멸하는 것으로 예상되었다.

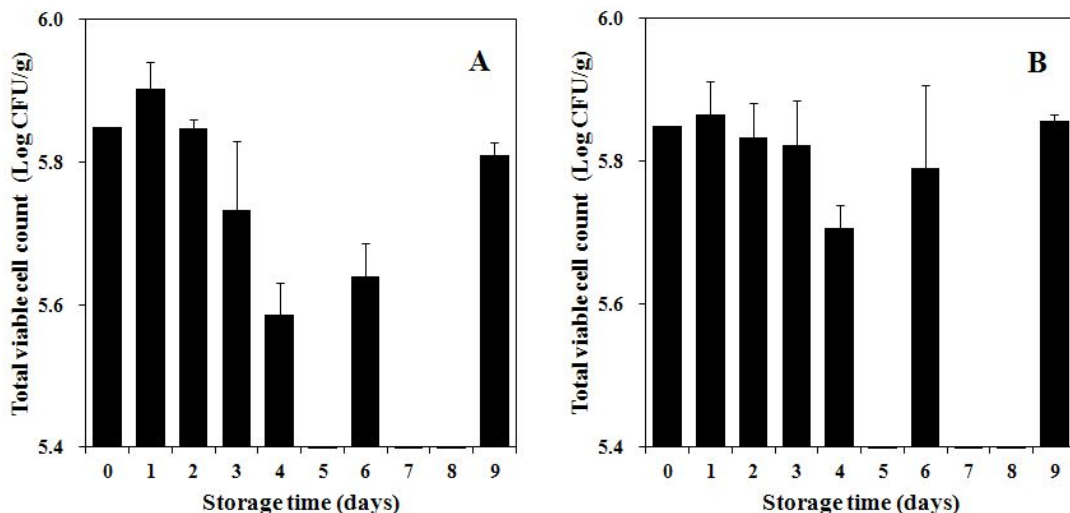


Fig. 50. Change of total viable cell count in red pepper powder inoculated with *B. cereus*.

다. 세척 방법에 따른 미생물의 변화

고춧가루로 제조된 후 *B. cereus*는 온도를 낮춤으로서 부분적으로 제어 가능성이 있으나 고춧가루 자체에 오염된 미생물은 제어되지 않았다. 따라서 고춧가루의 미생물 오염도를 제어하기 위해서는 원초인 고추의 미생물 오염도를 낮추는 것이 필요하다고 판단되었다.

고춧가루 미생물 오염원인 원초의 세척 방법을 달리하여 미생물의 변화를 분석하였다. 이를 위해 멸균된 스테인레스통에 생고추 약 20g과 고추 무게의 9배에 해당하는 멸균 증류수를 넣은 후 두 가지 방법으로 체적한 후 세척액으로 제거되어 나온 총균수를 분석하였다. Shaking (90rpm) 와 sonicator를 이용하여 세척한 후, 시간별로 세척액을 취하여 총균수의 변화를 비교하였다. Table 53에서 보는 바와 같이 세척 방법간 차이는 없어 충분한 shaking 만으로도 충분한 세척이 가능함이 예상되었으며, 세척 시간도 10배의 물로 5분이면 충분한 것으로 분석되었다.

Table 53. Change of total viable cell count in cleansing water

Time (min)	Total viable cell count (log CFU/ml)	
	Shaking (90 rpm)	Sonication
0	4.5±0.01	4.6±0.12
1	5.3±0.44	5.3±0.26
5	5.5±0.40	5.5±0.35
10	5.6±0.42	5.5±0.20
20	5.7±0.41	5.5±0.02

라. 유기산 처리 효과

고춧가루의 미생물을 효율적으로 저감화하기 위해, 건조 전 원료의 세척이 필요하며, 고추에 10배의 세척수를 넣고 5분간 shaking함으로써 효과적인 세척이 가능함을 확인하였다. 살균 효과를 통해 세척수에 분리된 균이 생고추에 재오염되는 것을 막고 세척의 효율을 높이기 위해 항균 스펙트럼이 넓은 acetic acid와 ascorbic acid를 이용하여 세척액의 살균 효과를 측정하였다.

시중에서 홍고추를 구입하여, 가능한 무균적으로 세절한 후 멸균된 백에 세절 고추 10g 씩을 넣고, 활성화된 *B. cereus* ATCC 21772를 접종하여 충분히 혼합하였다. 5% acetic acid와 ascorbic acid 수용액 20 ml을 각각 첨가하고, 30℃에서 180rpm으로 shaking 하면서, 시간대별로 *B. cereus*와 총균수의 변화를 분석하였다. 이 때 모델시

스탬의 *B. cereus* 접종 수준은 최종 세척액 기준 3 - 4 log CFU/ml이 되도록 하였다. *B. cereus*는 포자 생성균으로 균의 상태에 따른 살균제 감수성이 달라질 수 있어 두 가지 phase (대수증식기, 정지기)로 접종하여 실험하였다.

Ascorbic acid 5%를 첨가한 세척액에서 *B. cereus* 접종구 모두 30분 후부터는 *B. cereus*가 검출되지 않아서, 사멸이 되었을 것으로 예상되었으나, 총균수는 거의 변화가 없었다. 즉, 5% ascorbic acid로 *B. cereus*는 사멸이 일어나지만, 고추의 상재균에 대해서는 거의 살균효과는 없는 것으로 사료되었다 (Table 54). 5% Acetic acid를 첨가한 세척액의 경우 처리 30분 후 부터는 *B. cereus* 모두 검출되지 않았다. 표준 평판 배지에서도 처리 30분 후부터 어떤 균도 검출되지 않아 acetic acid는 *B. cereus*와 고추의 상재균에 대해서도 살균효과가 있었다 (Table 54). Table 54는 대수 증식기의 *B. cereus*를 접종한 실험 결과를 나타내었으며 정지기의 경우도 같은 결과를 얻었다.

Table 54. Level of *B. cereus* in cleansing solution of red pepper inoculated with exponential phase culture of *B. cereus*

Time (min)	<i>B. cereus</i> (cfu/ml of cleansing solution)		
	Distilled water	Acetic acid	Ascorbic acid
0	4.1×10^4	4.1×10^4	4.1×10^4
30	3.4×10^4	<250	<250
60	3.6×10^4	<25	<25
90	6.6×10^4	<25	<25

시판 고춧가루의 미생물학적 품질을 분석한 결과 위해미생물인 *Salmonella* spp., *S. aureus*, *L. monocytogenes* 아플라톡신 생성 곰팡이 등은 검출되지 않았다. 하지만, 분석한 31개 시료중 38%가 넘는 12개의 시료에서 *B. cereus*가 검출되었으며, 고춧가루의 93% 이상은 총균수가 5 log CFU/g 이상의 수준이었다. 고춧가루의 최근 개정된 식품위해요소 중점관리기준에 의하면 *B. cereus*등 병원성 미생물이 원료에서 음성이어야 한다고 제시하고 있어, 고춧가루에서 *B. cereus* 오염에 대한 예방 및 제어기술이 개발될 필요성을 보여준다.

이를 위해 본 연구에서는 고춧가루에서 분리된 *B. cereus*의 성장 특성을 분석하여, *B. cereus*가 온도에 민감하여 10°C 이하의 저온에서는 거의 성장을 하지 못하거나 사멸됨을 확인하였다. *B. cereus*을 인위적으로 오염시킨 고춧가루를 5°C와 30°C에서

9일간 저장하면서, *B. cereus* 및 총균수의 변화를 추적한 결과, 30℃ 저장구에서는 총균수의 변화가 거의 없었으며, 5℃ 구간에서도 저장 4일 이후 미미하지만 총균수가 감소하는 경향을 보여주었다. *B. cereus*의 경우는 고춧가루 자체의 미생물 수준이 5 log CFU/g 정도로 높아서, 선택배지 하에서 *B. cereus*의 정량적 분석은 매우 어려웠다. 하지만 저장 4일 후부터는 모든 저장구에서 *B. cereus*가 검출되지 않아 고춧가루의 낮은 수분활성도 등으로 인해 집중된 *B. cereus*의 성장이 제한되거나 사멸한 것으로 예측되었다. 따라서, 고춧가루에 추가로 오염되는 *B. cereus*는 고춧가루 내에서 성장이 거의 어려우며, 특히 저장 온도가 낮은 경우에는 *B. cereus*의 성장이 일어나지 않거나 사멸될 가능성이 있었다. 하지만 온도를 낮추는 것만으로는 고춧가루의 미생물 수준을 낮추기가 어려웠으며 고춧가루 상태에서는 선택 등 제품의 성상을 유지하면서 미생물의 제어가 매우 어렵기 때문에 원초의 미생물학적 오염도를 낮추는 방안을 검토하였다.

원초의 세척 방법으로 sonicating과 shaking 두 가지 방법을 이용하여, 세척액의 미생물의 변화를 분석한 결과, shaking 만으로도 충분한 세척이 가능했다. 따라서, 고추 수확 후 생고추 상태일 때 shaking을 하면서 5분간 세척을 하면, 고춧가루의 균수가 감소될 수 있음을 확인 하였다. 또한 고추 세척 시 재오염을 방지하기 위한 방법 중 하나로 천연물이면서 *B. cereus*에 대한 항균효과가 있는 acetic acid와 ascorbic acid를 세척액에 첨가하여 총균수 및 *B. cereus*의 영향을 확인하였다. Ascorbic acid는 *B. cereus* 제어에는 효과적이지만 고추 상재균은 제어하지 못했고, acetic acid는 *B. cereus*외에 기타 고추의 상재균에도 효과가 있음을 확인하여 원초의 세척 시 acetic acid 첨가가 물만을 이용한 세척보다 효과적일 것으로 예측되었다. 결론적으로 고춧가루의 미생물을 제어하기 위해서는 원초의 효율적인 세척을 통한 미생물 저감화가 반드시 요구되며, 또한 제조된 고춧가루는 적절한 저온 처리/보관을 통하여 *B. cereus* 오염도를 낮출 수 있을 것으로 예상된다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

년도	세부연구목표	평가의 착안점 및 척도	목표 달성도	관련분야 기여도
1차년도 (2009)	정량적 위험분석 모델 개발을 위한 주요 인자 도출 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 주요 인자 도출 및 분석 여부 ▪ 공정 및 환경 인자 2종 이상 	100%	높음
	고춧가루 미생물 위해인자 도출을 위한 미생물 프로파일링	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 미생물 프로파일링 여부 ▪ 미생물 위해인자 5종 이상 	100%	높음
2차년도 (2010)	고추 가공공정에 대한 정량적 위험분석 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 정량적 위험분석 모델 개발 여부 ▪ 위험분석 모델 2종 이상 	100%	높음
	오염지표 미생물 및 잠재위해미생물 성장특성 연구	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 미생물 성장 특성연구 여부 ▪ 대상 미생물 2종 이상 	100%	높음
3차년도 (2011)	정량적 미생물 위험분석 결과의 현장 모델 적용 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 모델 적용기술 개발 여부 (오염원 추적) ▪ 현장 적용 미생물 제어 시스템(안) 1종 이상 	100%	높음
	현장적용 미생물 제어 시스템 연구	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 미생물 제어시스템 연구 여부 ▪ 생육곡선 2종 이상 	100%	높음

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

본 연구를 통하여 우리나라 주요 농산물이며 대표적인 다소비 식품인 고추의 안전성 확보와 국내 고추가공업체의 경쟁력 확보를 위하여 고추 가공공정 및 제품의 잠재적 위해인자를 구명하고 정량 위험분석 모델을 개발하여 안전관리 옵션에 대한 과학적 근거를 제공하였다. 아울러 고춧가루 제품 중 미생물을 제어하기 위해서는 최종 제품, 원료, 제조 공정 라인 중 오염된 미생물을 제어함으로써 원료에서 이행하거나 교차오염을 예방하는 것이 효과적임을 확인하였다. 또한 고춧가루 원료, 공정 및 제품 단계에서 물리적, 화학적, 생물학적 제어 기술의 적용 가능성을 분석하고 비교하여 안전한 고춧가루 생산을 위한 안전관리 시스템(안)을 제안하였다. 도출된 연구 결과의 일부는 특허출원, 학술지 게재 및 학술 발표하였다. 앞으로 관련 기술의 해외 홍보를 위해 국내외 전문 학술지 게재 및 특허출원을 추가로 진행할 예정이다. 본 연구에서 수행된 고춧가루 제조와 관련된 물리화학적 및 미생물 위해인자의 위험분석 결과와 고춧가루 유래 위해미생물의 증식, 감수성 및 제어 특성 연구 결과는 산지형 고추가공업체에서 안전성이 확보된 고춧가루 제조 시 지침으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 한편 고추에서 분석된 *B. cereus*의 경우 토양 등 환경에서 유래되는 특성이 있으므로 향후 고추 또는 고춧가루 제품 중 *B. cereus* 정량기준 설정 등의 연구가 필요할 것으로 예상되며 본 연구 결과는 이에 활용될 수 있을 것이다. 아울러 고추는 쌀과 함께 우리나라 주요 농산물로 국내 고추가공업의 경쟁력 확보를 위한 정부의 안전관리 옵션 개발 등에 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

본 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보는 다음과 같다. 22차 International Committee on Food Microbiology and Hygiene, FoodMicro 2010는 The Danish Center for Advanced Food Studies (LMC), Lund University 및 the Swedish Society for Microbiology 가 주관하여 덴마크 코펜하겐 소재 벨라 센터에서 개최되었으며 52개국에서 600명 이상이 참가하였다. 연구주제는 크게 I. Fermentation (microbial behaviour, metabolites), II. Risk assessment (pathogenesis, predictive microbiology, risk assessment, resistance), III. Primary production and food processing (microbial behaviour in intestinal tract, food production, human response to gut microbiota, probiotics) 등으로 구성되어 있다.

주요 발표 주제는 Microbial behaviour in food fermentation and spoilage / Functional starter cultures / Microbial metabolites / Food microbiology in food safety / Microbial behaviour in adverse environments / Microbial behaviour in risk assessment / Microbial pathogenesis / Predictive microbiology / Microbial resistance / Risk assessment / Microbial behaviour in primary production and food processing / Microbial behaviour in the intestinal tract / Food production / Human responses to gut microbiota / Food preservation / Probiotics and intestinal interaction과 같다.

기조연설 중 위해평가 및 병원성 미생물 제어와 관련된 내용을 일부 소개하면 다음과 같다. 병원성 미생물은 일부분 또는 극미량 오염된 상태에서도 증식을 통해 병원성을 일으킬 수 있으며 역으로 미량 오염된 경우 제품 조성이 약간만 변화되어도 증식이 억제되어 결국 병원성을 일으키지 않는 경우도 있어 전반적으로 리스크를 예측하기 어려운 요인이다. 병원성 미생물과 상재미생물간의 비율도 병원성 미생물 증식에 큰 영향을 주는 등 광범위한 인자에 대해 영향을 받으므로 이와 같은 인자들을 모두 고려한 복잡한 모델이 필요하나 많은 예산과 시간이 필요하므로 목적에 맞는 수준의 예측 모델을 개발, 적용하는 것이 오히려 현실적임을 제시하였다. 아울러 식품 중 병원성 미생물 제어와 관련하여 과일, 채소, 육류는 생산-소비 중 여러 단계에서 병원성미생물에 오염될 가능성이 높은 식품군으로 이 중 육류의 경우 주요 오염원인과 저감화 방안에 대한 연구가 많이 이루어졌으나 과일이나 채소에 대한 연구는 미흡한 실정임을 소개하였다. 이와 관련하여 식품 생산 중 병원성 미생물

오염을 감소시킬 수 있는 방안은 생산단계에서 환경 중 위해인자에 대한 노출을 원천적으로 감소시키거나 일단 오염된 미생물이 소비단계까지 이행되는 것을 막는 방법으로 나누어 소개하였다. 식품 생산단계에서 병원성 미생물 저감화 방안은 한두 가지 단편적인 방법으로 해결하기 보다는 전체 프로세스를 고려하고 위해인자를 파악한 후 적절한 제어법을 적용하는 전체적인 접근법이 바람직한 것으로 제안하여 본 연구개발 수행 시 방향성을 얻을 수 있었다.

말레이시아국제식품료전시회 (Malaysian International Food & Beverage Trade Fair, MIFB 2011) 전시장 및 쿠알라룸푸르 시내 Parkson 백화점 슈퍼마켓에서 판매되고 있는 조미 향신료 제품의 소비자 포장을 살펴보면, 대부분 고추 조미료 또는 고춧가루 제품의 포장재로서 유연성 플라스틱 필름 봉투나 파우치를 사용하거나, 강성 재질로서 소형 병 형태의 플라스틱이나 유리 용기를 가장 많이 사용하는 것으로 파악되었다. 일부 소수의 해외 가공제품에서는 금속 캔을 포장재로 사용하는 경우도 있고, 유연성 플라스틱 필름으로 내포장한 후 종이 상자나 스탠딩 팩을 외포장재로 사용한 상품도 찾아볼 수 있었다. 이러한 조미 향신료 소비자 포장 제품은 건조 분체로서 포장재를 통한 내부로의 흡습을 최대한 차단하는 것이 유통판매 중 상품 내용물의 품질유지 측면에서 매우 중요하며, 아울러 상품의 위변조 방지를 위한 적절한 포장재질과 포장방법이 적용되어야 하는 점을 인식할 필요가 있다.

고추 조미료 또는 고춧가루 상품에 사용되는 유연성 플라스틱 필름의 재질로는 기계차단성이 높은 Ny/PE, PET/Al-foil/PE 또는 PET/Al-증착/PE 재질이 주류를 이루고, 강성 용기로는 주로 유리재질이 고급제품에, PP 재질이 저급제품에 많이 사용되고 있다. 다만 일부의 저가제품에 대해서는 두께가 두꺼운 PE 단일재질을 사용하는 경우도 있으나, 일반적인 소비자 판매용 포장재로는 사용빈도가 떨어지는 편이다. 고추분말 또는 고추 조미료 상품의 위변조 방지를 위해 활용하는 일반적인 포장시스템은 유연성 플라스틱 필름을 내포장재로 사용할 경우 종이 상자나 스탠딩 팩, 혹은 금속성 캔을 외부 포장재로 사용하여 고의적인 상품의 내용물 훼손을 억제할 수 있으며, 유리병과 같은 강성 용기를 포장재로 사용할 경우에는 플라스틱이나 금속성 마개로 밀봉한 후 용기와 마개 부분을 함께 열수축성 필름으로 단단히 고정하는 방식이 통용되고 있다. 미국에서 판매되고 있는 국내산 고춧가루 제품과 과 말레이시아 MIFB 2011 전시장내 향신료, 건고추, 고추조미료 상품은 다음과 같다.



미국 시장에서 판매되고 있는 국내산 고춧가루 제품 (LA/한남마켓, 볼티모어/롯데플라자)



말레이시아 MIFB 2011 전시장내 향신료, 건고추, 고추조미료 상품



말레이시아 시장에서 판매되고 있는 국내외산 고춧가루 상품 (Kuala Lumpur Parkson 백화점)

제 7 장 참고문헌

김광일, 김홍태, 경기성, 진중우, 정찬희, 안명수, 심석원, 윤상순, 김윤정, 이광구, 이기두, 이원재, 임정빈.: 충북지역 산지고추와 유통 고춧가루 중 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가. *Korean J. Pesticide Sic.* 10(1) 15-21.

농림수산식품부.: 2008년도 채소류 가공현황, <http://www.mifaff.go.kr>, 2009

농림수산식품부.: 2007 채소류 생산실적, 2008

농수산물 유통공사, 2006 - 주요채소류 소비패턴, 2006

박정숙, 나환식.: 농산물 중의 미량금속함량 분석. *한국식품영양학회지.* 13(6):595-601, 2000

박재복, 고춧가루 가공공장의 자동화시스템 개발, *한국식품연구원*, 1999

식품의약품안전청, 경상북도 보건환경연구원.: 대구, 경북지역에서 생산 유통되는 고춧가루제품의 품질 모니터링 및 관리방안 연구, 2007

식품의약품안전청, 식품의 기준 및 규격중 개정, 식품의약품안전청 고시 제 2007-68호, 2007

식품의약품안전청, 식품위해요소 중점관리 기준, 식품의약품안전청 고시 제2008-18호, 2008

식품의약품안전청, 식품의 농약 잔류허용기준(MRLs for pesticides in Foods), 품목별 부적합 농약성분 검출내역, 농식품 안심 안전서비스, <http://www.safeq.go.kr>, 2009

오금순, 서정혁, 소유섭, 박성수, 최우정, 이종옥, 김희연, 우건조.: 식품중 총 아플라톡신의 노출량 평가, *Korean Journal of Food Science and Technology*, 39(1):25-28, 2007

이철규, 전효택, 정명채.: 다덕광산주변 농경지의 비소 및 중금속 오염과 계절적 변화, *한국자원공학회지*, 37(1):55-66, 2000

전인경, 이연경, 학교급식소의 HACCP 시스템 적합성 검증(II)-비가열조리 공정을

중심으로, 한국식품영양과학회지, 33(7):1154-1161, 2004

정구민, 이종화., 이미경., 이서연.: 고춧가루 제조·유통중 위해인자의 분석 및 관리기준 설정연구, 농림부, 2001

정진웅, 생(풋 및 홍)고추의 저장성 및 활용도 증진을 위한 반건조 절단고추 및 다진 생고추 제조 기술개발, 농림수산식품부, 2009

조성애, 김은희, 김경식, 김정현, 박석기.: 저장온도와 기간에 따른 고춧가루 중 농약의 잔류량 변화. *Korean J. Pesticide Sic.* 13(3) 127-202. 2009

천석조, 고춧가루제조·가공업소 HACCP적용 일반모델 개발, 식품의약품안전청, 2005

한국농촌경제연구원, 농업관측정보센터, 소비자 조사결과, 2004

한응수, 고추와 고춧가루의 품질관리체계 연구개발., 농산물가공기술연구소, 1996

American Spice Trade Association, <http://www.astaspice.org>

AOAC. Official Method of Analysis of AOAC Intl. 16th ed. Method 991.43. Association of Official Analytical Communities, Arlington, VA, USA, 1995

G.J. Bahk., C.H. Hong., D.H. Oh., S.D. Ha., K.H. Park.: Modeling the level of contamination of staphylococcus aureus in ready-to-eat kimbab in Korea. *J. Food Prot.* 69:1340-1346, 2006

N. Bemrah., H. Bergis., C. Colmin., A. Beaufort., Y. Millemann., B. Dufour., J.J. Benet., O. Cerf., M. Sanaa.: Quantitative risk assessment of human salmonellosis from the consumption of a turkey product in collective catering establishments. *International Journal of Food Microbiology*, 80:17-30, 2003

S.H. Cho., C.H. Lee., M.R. Jang., Y.W. Son., S.M. Lee., I.S. Choi., S.H. Kim., D.B. Kim. :Aflatoxins contamination in spices and processed spice products commercialized in Korea, *Food Chemistry*, 107:1283-1288, 2008

C. Choma., T. Clavel., H. Dominguez., N. Razafindramboa., H. Soumille., C. Nguyen-the., P. Schmitt.: Effect of temperature on growth characteristics of

Bacillus cereus TZ415, *Int. J. Food Microbiol*, 55:73-77, 2000

E. Choo., S.S. Jang., K. Kim., K.G. Lee., S. Heu., S. Ryu.: Prevalence and genetic diversity of Bacillus cereus in dried red pepper in Korea. *J. Food Prot*, 2007

E. Chorin., D. Thuault., J.J. Cléret., C.M. Bourgeois.: Modeling Bacillus cereus growth *Int. J. Food Microbiol*,38(2):229-234, 1997

H.E. Clough., D. Clancy., N.P. French.: Quantifying exposure to Vero-cytotoxigenic *Escherichia coli* O157 in milk sold as pasteurized: A model-based approach. *Int J. Food Microbiol*, 131:95-105, 2009

CODEX. Principles and Guidelines for the conduct of microbiological risk management(MRM), CAC/GL 63-2007, 2007

HG. Daood., J. Kapitany., P. Biacs., K. Albrecht.: drying temperature, endogenous antioxidants and capsaicinoids affect carotenoid stability in paprika(red pepper spice), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2006

Y. Hara-Kudo., L.K. Ohtsuka., Y. Onoue., Y. Otomo., I. Furukawa., A. Yamaji., Y. Segawa., K. Takatori.: Salmonella prevalence and total microbial and spore populations in spices imported to Japan. *J. Food Prot*, 2006

ISO. ISO 21528-2: Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal methods for detection and enumeration of Enterobacteriaceae. International Organization for Standardization, 2004

D.H. Kim., H.S. Jang., Y.M. Kim., J.S. Ahn.: Survey for contamination and study for reduction of Ochratoxin A and aflatoxin in red pepper. *Journal of Food Hygiene and Safety*, 24(4):299-306, 2009

Korea Health Industry Development Institute. Report on 2005 Natural Health and Nutrition Survey (Dietary intake survey, in Korean). Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea, 2005

Korea Food and Drug Administration, Analytical method for pesticides residue in foods (in Korean). Korea Food Code, <http://www.foodnara.go.kr>, 2011

Korea Food and Drug Administration, Food Code. 10-3-1-43. Korea Food and Drug

Administration. Seoul, Korea, 2009

Korea Food and Drug Administration, Maximum Residue Limits in pesticide (in Korean). Pesticide Residue Database, <http://fse.foodnara.go.kr/residue>, 2011

Korea Food and Drug Administration, Study on body weight and food intake among the exposure factors for risk assessment in Korean. In *the Annual Report of KFDA 8(1)*., 2004

I. Leguérinel., O. Couvert., P. Mafart.: Modelling the influence of the incubation temperature upon the estimated heat resistance of heated *Bacillus* spores. *Applied Microbiology*, 43(1):17-21, 2006

R. Lindqvist., M. Lindblad.: Quantitative risk assessment of thermophilic *Campylobacter* spp. and cross-contamination during handling of raw broiler chickens evaluating strategies at the producer level to reduce human campylobacteriosis in Sweden. *Int J. Food Microbiology*, 121:41-52, 2008

R. Lindqvist., S. Sylvéna., I. Vågsholm.: Quantitative microbial risk assessment exemplified by *Staphylococcus aureus* in unripened cheese made from raw milk. *Int J. Food Microbiol.*, 78:155-170, 2002

J.M. Membre., B. Leporq., M. Vialette., E. Mettler., L. Perrier., D. Thuault., M. Zwietering.: Temperature effect on bacterial growth rate: quantitative microbiology approach including cardinal values and variability estimates to perform growth simulations on/in food. *Int. J. Food Microbiol.*, 100:179-186, 2005

M.I. Mínguez-Mosquera., A. Pérez-Gálvez., J. Garrido-Fernández.: Carotenoid Content of the Varieties Jaranda and Jariza (*Capsicum annuum* L.) and Response during the Industrial Slow Drying and Grinding Steps in Paprika Processing., *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 2000

National Agricultural Products Quality Management Service. 2008 Monitoring of residual pesticides in agricultural products (in Korean), <http://www.safeg.go.kr>, 2011

M.J. Nauta., A.H. Havelaar.: Risk-based standards for *Campylobacter* in the broiler meat chain. *Food Control*, 19:371-381, 2008

- H.E. Ok., H.J. Kim., W.B. Shim., H. Lee., D.H. Bae., D.H. Chung., H.S. Chun.: Natural occurrence of aflatoxin B1 in marketed foods and risk estimates of dietary exposure in Koreans. *J.Food Prot*, 70(12):2824-2828, 2007
- H.K. Olmez., N. Aran.: Modeling the growth kinetics of *Bacillus cereus* as a function of temperature, pH, dosium lactate and sodium chloride concentrations. *Int. J. Food Microbiol*, 98(2):135-143, 2005
- T.P. Oscar.: A quantitative risk assessment model for *Salmonella* and whole chickens. *Int J. Food Microbiol*, 93:231-247, 2004
- M.J. Rho, D.W. Schaffner.: Microbial risk assessment of staphylococcal food poisoning in Korean kimbab. *Int J. Food Microbiol.*, 116:332-338, 2007
- T. Ross., S. Rasmussen., A. Fazil., G. Paoli., J. Sumner.: Using a quantitative risk assessment to mitigate risk of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat meats in Australia. *Food Control*, 20:1058-1062, 2009
- J.P. Sutherland, A. Aherne, A.L. Beaumont.: Preparation and validation of a growth model for *Bacillus cereus*: the effects of temperature, pH, sodium chloride and carbon dioxide. *Int. J. Food Microbiol*, 30(3):359-372, 1996
- M. Uyttendaele., K. Baert., Y. Ghafir., G. Daube., L. De Zutter., L. Herman., K. Dierick., D. Pierard., J.J. Dubois., B. Horion., J. Debever.: Quantitative risk assessment of *Campylobacter spp.* in poultry based meat preparations as one of the factors to support the development of risk-based microbiological criteria in Belgium. *Int J. Food Microbiol.*, 111:149-163, 2006
- M. Valero., P.S. Fernández., M.C. Salmerón.: Influence of pH and temperature on growth of *Bacillus cereus* in vegetable substrates, *Int. J. Food Microbiol*, 82(1):71-79, 2003
- M. Valero., S. Leontidis., P.S. Fernández., A. Martínez., M.C Salmerón.: Growth of *Bacillus cereus* in natural and acidified carrot substrates over the temperature range 5 - 30°C, *Food Microbiology*,17(6):605-612, 2000
- A. Vega-Gálvez., R. Lemus-Mondacaa., C. Bilbao-Sáinz., P. Fitoc., A. Andrés.: Effect of air drying temperature on the quality of rehydrated dried red bell

pepper (var. Lamuyo)., *Journal of Food engineering*, 2008

A. Yamamoto., J. Iwahori., V. Vuddhakul., W. Charernjiratragul., D. Vose., K. Osaka, M. Shigematsu., H. Toyofuku., S. Yamamoto., M. Nishibuchi., F. Kasuga.: Quantitative modeling for risk assessment of *Vibrio parahaemolyticus* in bloody clams in southern Thailand. *Int J. Food Microbiol*, 124:70-78, 2008

부록

고춧가루에 대한 식품위해요소중점관리기준

구분 순위	평 가	내 용
	내 용	기 준
1	원료 및 부원료의 입고대장기록을 관리하고 있으며, 검사관리 기준에 의하여 적절히 납품처 검사성적서 확인 또는 자체검사를 정기적으로 실시하고 있는가?	<ul style="list-style-type: none"> - 원료 및 부원료관리기준 : 기록 확인 - 검사성적서 확인 <ul style="list-style-type: none"> · 수분함량 : 15% 이하 · 병원성미생물 : <i>B. cereus</i> 등 음성 · 잔류농약 - 관능검사(색택·풍미·이물 등) : 기록 확인
2	원료 및 부원료의 보관은 적절히 관리하고 있는가?	<ul style="list-style-type: none"> - 보관온도 및 습도 : 기록 확인
3	포장재·기구 및 용기 등 부자재에 대한 검사성적서를 공급업체로부터 받으며, 정기적으로 자체검사를 실시하고 있는가?	<ul style="list-style-type: none"> - 부자재 등 관리기준 : 기록 확인 - 검사성적서 확인 - 표시사항·이물 등 육안검사 : 기록 확인
4	원재료 투입 공정은 적절히 관리되고 있는가?	<ul style="list-style-type: none"> - 원재료 운반카트 청결상태 : 기록 확인 - 투입기 호퍼의 청결상태 : 기록 확인 - 원재료 투입실 청결상태 : 기록 확인
5	세척 및 선별 공정은 적절히 관리되고 있는가?	<ul style="list-style-type: none"> - 세척공기의 흡·배기압 : 기록 확인 - 여과망 점검 및 교환 : 기록 확인 - 증기압 및 증기온도 (증기 사용시) : 기록 확인 - 선별실 청결상태 : 기록 확인 - 세척 및 이물 혼입 여부 : 기록 확인
6	분쇄 공정은 적절히 관리되고 있는가?	<ul style="list-style-type: none"> - 분쇄기 청결상태 : 기록 확인 - 분진설비 상태 : 기록 확인 - 금속제거기 관리 : 기록 확인 - 이물혼입 : 육안확인
7	입도해체·선별 공정은 적절히 관리되고 있는가?	<ul style="list-style-type: none"> - 해체기 내부 청소상태 및 잔존물 확인 : 기록 확인 - 입도망의 청소상태 및 잔존물 확인 : 기록 확인
8	건조 공정은 적절히 관리되고 있는가?	<ul style="list-style-type: none"> - 건조기 내부 청소상태 및 잔존물 확인 : 기록 확인 - 건조 온도 및 시간 : 기록 확인 - 수분함량 : 기록 확인
9	금속제거 공정은 적절히 관리되고 있는가?	<ul style="list-style-type: none"> - 자석1회전시 자석표면 청소상태 : 기록 확인 - 금속제거기 정상작동 여부 : 기록 확인 - 금속이물 혼입 여부 : 육안확인

구분 순위	평 가 내 용	
	내 용	기 준
10	살균 공정은 적절히 관리하고 있는가?	- 살균 장치의 정상작동 확인 : 육안 확인 - 살균 온도 및 접촉시간 : 기록 확인
11	계량·포장은 적절히 관리하고 있는가?	- 계량기 정도관리 및 교정 : 기록 확인 - 포장기의 위생상태 : 기록 확인 - 금속검출기의 감도 및 작동상태 : 기록 확인 (설치된 경우에 한한다)
12	보관 및 출하공정에 관한 사항	- 완제품 보관온도 : 기록 확인 - 보관실 및 차량청결 상태 : 기록 확인
13	기타 필요하다고 인정되는 사항	

출처 : 식품의약품안전청고시 제2008 - 18호 (2008. 04. 28) 고춧가루에 대한
식품위해요소중점관리기준」

고춧가루 제조 공정 중 발생 가능한 생물학적 위해인자

구분	위해요소	발생원인	위해요소평가		위해요소여부	예방조치방법
			심각성	발생가능성		
원료						
건고추	일반세균, 황색포도상구균, 대장균(군) <i>B. cereus</i> , 곰팡이 등	원료 및 제조 · 가공 시 주위환경으로부터 오염 (사람 및 공기 중, 물 등에서 발생. 사람 및 동물의 분변에서 발생. 재배과정 중 비위생적 관리, 작업자의 위생 불량, 건조불량 및 취급부주의.)	보통	보통	No Hazard	· 입고검사 · 협력업체 위생 지도
용수	<i>Salmonella spp.</i> , <i>Y. enterocolitica</i>	원수로부터 오염	보통	낮음	No Hazard	· 용수검사 · 살균공정관리
공정						
원료 보관	일반세균 대장균(군), 총란	원료 및 보관 시 환경으로부터 오염	보통	높음	Hazard	· 보관관리
용수 보관	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> 등 병원성 미생물	용수 저장탱크의 관리 미흡으로 인한 교차오염 및 증식	보통	보통	No Hazard	· 용수 저장탱크 세척 및 소독 관리 · 살균 공정관리
포장재 보관	일반세균 대장균(군), 곰팡이	보관 시 포장재 파손으로 인한 오염 및 증식	낮음	낮음	No Hazard	· 보관관리
전처리 (꼭지 제거)	일반세균, 대장균(군) 포도상구균	작업도구 및 작업자, 주위 환경으로부터 오염	보통	보통	No Hazard	· 작업도구 세척 및 소독관리 · 작업장 관리 · 개인 위생관리
원료 투입	일반세균 대장균(군) 포도상구균	작업도구 및 작업자, 주위 환경으로부터 오염	낮음	보통	No Hazard	· 작업장 관리 · 개인 위생관리
에어 브러쉬 세척	일반세균 대장균(군)	주위 환경으로부터 오염	높음	보통	Hazard	· 작업장 관리 · 청소관리
스팀 세척	일반세균 대장균(군) 곰팡이	스팀 온도 / 시간 이탈로 인한 증식 오염된 물로 인한 증식	보통	보통	No Hazard	· 용수관리 · 용수 저장탱크 세척 및 소독 관리 · 스팀공정관리
이물질 선별	일반세균, 대장균(군) 포도상구균	작업자, 주위 환경으로부터 오염	보통	보통	No Hazard	· 작업장 관리 · 개인 위생관리

구분	위해요소	발생원인	위해요소평가		위해요소여부	예방조치방법
			심각성	발생가능성		
열풍건조	일반세균 대장균(군)	열풍건조기 온도, 시간 이탈로 인한 증식	보통	보통	No Hazard	· 열풍건조기 관리 · 작업장 관리
냉각	일반세균 병원성 미생물	온도 상승으로 인한 증식, 냉각기 관리 미흡으로 주변으로부터 오염	낮음	낮음	No Hazard	· 온도 관리 · 냉각 공정관리 · 응축수 제거 · 청소철저
과피 종자 분리	일반세균, 곰팡이	분리기 및 주위 환경으로부터 오염	높음	낮음	No Hazard	· 과피종자분리기 세척 및 소독 관리 · 작업장 관리
종자 파쇄	일반세균, 곰팡이	파쇄기 및 주위 환경으로부터 오염	낮음	낮음	No Hazard	· 과피종자분리기 세척 및 소독 관리 · 작업장 관리
과피 파쇄	일반세균, 곰팡이	분리기 및 주위 환경으로부터 오염	낮음	낮음	No Hazard	· 과피종자분리기 세척 및 소독 관리 · 개인 위생관리
혼합 분쇄	일반세균, 곰팡이	분쇄기에서 열 발생 혼합기 및 주위 환경으로부터 오염	보통	높음	Hazard	· 혼합기 세척 및 소독 관리 · 설비의 정기적인 점검
입도 해체	일반세균, 대장균(군), 곰팡이	기계·설비, 주위 환경으로부터 오염	낮음	낮음	No hazard	· 설비 세척 및 소독관리 · 작업장 관리
입도 선별	일반세균, 곰팡이	기계·설비, 주위 환경으로부터 오염	보통	낮음	No hazard	
리턴 분쇄	일반세균 대장균(군), 곰팡이	기계·설비, 주위 환경으로부터 오염	낮음	낮음	No hazard	· 설비 정기적인 점검 · 살균 공정
분말 건조	일반세균 대장균(군), 곰팡이	기계·설비 및 작업자, 주위환경으로부터 오염	보통	높음	Hazard	· 설비 세척 및 소독관리 · 작업자 관리 · 작업장 관리
금속 제거	일반세균 병원성 미생물	기계 · 설비, 주위 환경으로부터 오염	보통	낮음	No Hazard	· 설비 세척 및 소독 관리
살균 (자외 선 O ₃ 등)	일반세균, 곰팡이 병원성 미생물	기계 · 설비, 주위 환경으로부터 오염 살균력 저하	높음	보통	Hazard	· 설비 세척 및 소독 관리 · 작업장 관리 · 살균기 정기적인 점검
내포장	L. monocytogenes, S. aureus 등 병원성 미생물	포장기 및 작업자의 오염, 밀봉강도 부족으로 인한 오염	낮음	낮음	No Hazard	· 포장기세척 및 소독 관리 · 작업장 관리 · 육안확인 /밀봉 강도 검사

구분	위해요소	발생원인	위해요소평가		위해요소여부	예방조치방법
			심각성	발생가능성		
금속 검출기	일반세균 포도상구균 병원성 미생물	컨베이어 벨트로부터 오염 작업자, 주위환경 으로부터 오염	낮음	낮음	No Hazard	· 청결상태 관리 철저 · 작업장 관리 · 작업자 교육
박스 포장	일반세균 대장균(군), 곰팡이		보통	낮음	No hazard	· 포장기세척 및 소독 관리 · 작업장 관리
보관	일반세균 대장균(군), 곰팡이	보관 시 온도상승 으로 인한 증식	보통	낮음	No hazard	· 보관창고 관리
출고	해당사항 없음				해당사 항 없음	

- * 출처 : 고춧가루제조·가공업소 HACCP 적용 일반모델 개발, 식품의약품안전청 연구보고서 (2005)
- * 위해요인 및 위해성 평가는 각사의 위생수준에 따라 달라질 수 있으므로 충분한 검토가 필요함.

고춧가루 제조 공정 중 발생 가능한 화학적 위해인자

구분	위해요소	발생원인	위해요소평가		위해요소여부	예방조치방법
			심각성	발생가능성		
원료						
건고추	잔류농약	과다한 농약 사용으로 인한 잔류	높음	낮음	No Hazard	· 입고검사 · 협력업체 위생 지도
	곰팡이독소 (Aflatoxin)	독소생성 곰팡이 오염 및 증식으로 인한 오염	높음	낮음	No Hazard	· 입고검사 · 협력업체 위생 지도
	알러지 유발	고춧가루 매운냄새	낮음	보통	No Hazard	· 입고검사 · 표시관리
용수	비식용 화학물질	원수로부터 오염	보통	낮음	No Hazard	· 용수검사
포장재 (PE,PP)	잔류용제 중금속	제조 · 가공 시 오염	보통	낮음	No Hazard	· 입고검사
공정						
원료 보관	곰팡이 독소	보관 시 독소생성 곰팡이의 증식으로 인한 오염	높음	아주 낮음	No Hazard	· 보관관리
포장재보관	탈색 및 변형	보관 시 주위 환경으로부터 오염	낮음	낮음	No Hazard	· 보관관리
전처리 (꼭지제거)	해당사항 없음				해당사항 없음	
원료 투입	해당사항 없음				해당사항 없음	
에어 브러쉬세척	오일, 구리스	제조시설의 오일 누출로 인한 오염	낮음	보통	No Hazard	· 설비 세척 및 소독 관리
스팀 세척	해당사항 없음				해당사항 없음	
이물질 선별	해당사항 없음				해당사항 없음	
열풍 건조	해당사항 없음				해당사항 없음	
냉각	곰팡이 독소	냉각 부족으로 인한 수분 발생으로 독소생성 곰팡이 오염 및 증식으로 인한 오염	보통	낮음	No Hazard	· 냉각 공정관리
과피 종자 분리	해당사항 없음				해당사항 없음	

구분	위해요소	발생원인	위해요소평가		위해요소여부	예방조치방법
			심각성	발생가능성		
종자 파쇄	해당사항 없음				해당사항 없음	
과피 파쇄	해당사항 없음				해당사항 없음	
혼합 분쇄	오일, 구리스	제조시설의 오일 누출로 인한 오염	낮음	낮음	No Hazard	· 설비 정기적인 점검
입도 해체	해당사항 없음				해당사항 없음	
입도 선별	해당사항 없음				해당사항 없음	
리턴 분쇄	오일, 구리스	제조시설의 오일 누출로 인한 오염	낮음	낮음	No hazard	· 설비 세척 및 소독관리
분말 건조	오일, 구리스	제조시설의 오일 누출로 인한 오염	낮음	낮음	No hazard	· 설비 세척 및 소독관리
금속 제거	해당사항 없음				해당사항 없음	
살균 (자외선 O ₃ 등)	해당사항 없음				해당사항 없음	
내포장	납, 카드뮴 등 중금속, 잔류용제	비닐성분으로부터 용출, 비닐에 인쇄된 잉크로부터 용출	보통	낮음	No Hazard	· 포장재 시험 성적서 수령
금속 검출기	해당사항 없음				해당사항 없음	
박스 포장	해당사항 없음				해당사항 없음	
보관	해당사항 없음				해당사항 없음	
출고	해당사항 없음				해당사항 없음	

* 출처 : 고춧가루제조·가공업소 HACCP 적용 일반모델 개발, 식품의약품안전청 연구보고서 (2005)

* 위해요인 및 위해성 평가는 각사의 위생수준에 따라 달라질 수 있으므로 충분한 검토가 필요함.

고추 (건조) [Green & Red pepper (Dried)] 중 잔류농약 허용기준

농약명 (국문)	농약명 (영문)	잔류허용기준 (mg/kg)
아세타미프리드	Acetamiprid	10
아진포스-메틸	Azinphos-methyl	1.0
아зок시스트로빈	Azoxystrobin	7.0
비펜스린	Bifenthrin	3.0
카벤다짐	Carbendazim	15
클로르헨나피르	Chlorfenapyr	5.0
클로르피리포스	Chlorpyrifos	1.0
클로로타로닐	Chlorothalonil	15
크로치아니딘	Clothianidin	10
싸이할로쓰린	Cyhalothrin	2.0
싸이퍼메쓰린	Cypermethrin	1.0
다이아지논	Diazinon	3.0
디크로프루아니드	Dichlofluanid	5.0
디에토펜카브	Diethofencarb	3.0
폴펫	Folpet	25
이미다크로프리드	Imidacloprid	3.0
인독사카브	Indoxacarb	5.0
이프로디온	Iprodione	15
루페누론	Lufenuron	2.0
메타락실	Metalaxyl	5.0
메소밀	Methomyl	5.0
메톡시페노자이드	Methoxyfenozide	5.0
마이클로부타닐프로시	Myclobutanil	5.0
미돈	Procymidone	15
피라크로포스	Pyraclifos	5.0
터부코나졸	Tebuconazole	5.0
테트라코나졸	Tetraconazole	3.0
트리클로폰	Trichlorfon (DEP)	0.02

출처 : 식품의 농약 잔류허용기준 (2009) 식품의약품안전청

지역별 고추 생산 및 가공 현황

시도별	생산량 (톤)	가공제품	가공량 (톤)		
			2003	2004	평균
서울	2,693	고춧가루	-	733	366.5
부산	30,413	고춧가루	-	80.0	40.0
대구	11,522	고춧가루	25.0	30.0	27.5
인천	10,440	고춧가루	7	8	7.5
광주	3,377	고춧가루	125.0	300.0	212.5
대전	1,167	고춧가루	18.0	-	9.0
울산	3,976	고춧가루	-	-	0.0
경기	98,552	고춧가루	190.0	335.0	262.5
강원	32,466	고춧가루	714.0	720.0	717.0
충북	47,272	고춧가루	2,544.0	2,129.0	2,336.5
충남	115,520	고춧가루	3,885.0	3,797.0	3,841.0
전북	97,016	고춧가루	1,330.0	226.0	778.0
전남	1,019,182	고춧가루	801.0	993.0	897.0
경북	306,902	고춧가루	3,756.0	4,095.0	3,925.5
경남	302,871	고춧가루	35.0	68.0	51.5
제주	155,505	고춧가루	8.0	10.0	9.0
계	2,238,874	고춧가루	13,437	13,524	13,480.5

출처 : 채소류 가공현황 조사보고 (2008) 농림수산식품부,
2007 채소류 생산실적 (2008) 농림수산식품부

제외국 7종 농산물 납, 카드뮴 기준 현황

(단위 : mg/kg)

식품명	Codex ¹⁾	
	납	카드뮴
양파	0.1	0.05
마늘		
부추		
당근	0.1	0.1
고추	0.1	0.05
오이		
참깨	-	-

※ 1) EU는 codex와 동일한 수준이며, 우리나라, 미국, 일본 등은 기준이 없음