

발 간 등 록 번 호

11-1543000-001260-01

보안과제 (      ), 일반과제 ( O )

과제번호 : 114151-1

국내 농산물을 이용한 중국 수출용 생식 제품의  
현지 규격 적합화를 위한 방사선 조사 살균 기술의 개발

Development of Radicidation Condition to Saengshik for  
Chinese Food Standard

(주)이룸

농 립 축 산 식 품 부

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “국내 농산물을 이용한 중국 수출용 생식 제품의 현지 규격 적합화를 위한 방사선 조사 살균 기술의 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2016년 1월 31일

주관연구기관명 : (주)이룸

주관연구책임자 : 홍성길

연 구 원 : 정지상

연 구 원 : 이강형

연 구 원 : 서주영

연 구 원 : 김다솜

# 요 약 문

## I. 제 목

국내 농산물을 이용한 중국 수출용 생식 제품의 현지 규격 적합화를 위한 방사선 조사 살균 기술의 개발

## II. 연구성과 목표 대비 실적

평가의 착안점	개발목표	달성율(%)	개발결과
중국 고체음료 규격에 적합한 생식 살균 조건 설정 <sup>1)</sup>	최적 조사선량 설정	100	최소 조사선량 확인 중국 규격 적합성 확인
최대 살균 한계량 설정	4종 미생물에 대한 한계량 설정	100	미생물 종별 선량별 살균 효과 검 완료
원료별 최대 살균 한계량의 설정	4종 이상 원료에 대한 한계기준 설정	100	오염도별 최대 조사선량 확인
조사 후 품질유지기한 증대 여부	조사 공정 후 8개월	100	품질유지기한 8개월 확보
중국 규격 적합성 여부	적합	100	중국 정식 통관

## III. 연구개발의 목적 및 필요성

- 중국은 전세계적으로 고소득층의 증가와 노령화 사회의 영향으로 건강지향식품의 시장 성장세가 가장 크며, 2020년에 약 80조에 달할 것으로 예상되고 있으며, 최근 들어 한류 열풍에 따라 한국산 프리미엄급 제품에 대한 높은 기대감으로 한국 농산물을 기반으로 하여 한국에서 제조된 제품에 대한 시장 진입 및 성장 가능성은 매우 높음
- 생식은 국내 농산물을 이용하여 제조된 한국만의 독특한 상품으로 국내에서 약 500억원 규모의 시장을 형성하였고, 생식의 건강에 대한 유용성이 다수의 논문에 의해서 규명되고 있어 중국내에서 시장 성장 가능성이 매우 높은 편이나, 비가열식품의 특성상 중국의 미생물 규격을 만족할 수 없어 중국내 시장 진출이 용이하지 않은 상황임
- 본 연구개발을 통해서 비가열 살균 기술인 방사선 조사 살균 기술 공정을 적용하여 중국내 미생물 규격을 만족할 수 있을 경우 중국 시장에서의 높은 경쟁력을 확보하여 중국내 한국 건강식품의 수출 침범의 역할을 할 수 있을 것으로 기대됨

#### IV. 연구개발 내용 및 범위

- 1) 생식 살균에 적합한 최적 선량의 결정
- 2) 결정 선량에서 중국 규격에 적합한 살균 효과를 얻을 수 있도록 최초 생식 제품의 미생물 상한 한계 기준의 설정
- 3) 조사 살균 처리된 생식 제품의 품질 유지 기한 저하를 억제할 수 있는 조건의 개발
- 4) 방사선 조사 살균 처리 후 생식의 중요 영양소 및 기능성분의 소실 검증

#### V. 연구개발결과

- 생식 제품의 중국 규격에 적합한 최소 조사 선량의 설정  
: 생식 제품의 오염도별 조사선량을 조사하여 최적 조사 선량을 확정하였음
- 해당 조사 선량에서 최대 미생물 오염도 한계기준의 확인 및 제조 공정의 개선  
: 조사선량별 미생물 오염도의 저감화를 정도를 확인하고, 최대 오염도를 설정 하였으며 이를 위해 생식 제조 공정을 개선을 통하여 미생물 오염도의 최고 수준을 준수 할 수 있도록 함
- 조사 제품의 유통기한 확인 및 개선  
: 개발제품의 천연항산화제 첨가시 1개월 정도의 유통기한 증대가 가능한 것으로 판단되어, 배합비를 개선하여 최대 8개월의 품질 유지기한을 확보함
- 방사선 조사에 의한 영양성분의 변화량 확인  
: 당 연구결과에서 결정된 조사선량에 대한 비타민 등의 영양소 변화는 미미한 것으로 추정됨

상기의 결과를 통하여 최종적으로 중국 규격에 적합하면서 8개월 이상의 유통기한을 가진 생식 제품의 조사살균 기술을 개발 완료하였으며, 2016년 1월 정상적으로 중국 수출을 완료하였음

#### VI. 연구성과 및 성과활용 계획

- 본 연구개발을 통해서 비가열 살균 기술인 방사선 조사 살균 기술 공정을 적용하여 중국 내 미생물 규격을 만족할 수 있을 경우 중국 시장에서 유통이 가능함
- 생식 제품은 국내 농산물을 이용하여 제조하기 때문에 본 연구개발을 통하여 개발 된 제품이 중국 시장에 성공적으로 진출할 경우 국내 우수한 농산물의 위상 확립 및 농산물의 판로 확대에 기여할 수 있음

- 특히, 생식은 친환경 이상의 농산물을 주성분으로 하기 때문에 국내 유기농 농산물 농가를 포함한 국내 농가의 판로 확대 및 수입 증대에도 크게 기여할 수 있는 제품으로 발전할 수 있는 기틀을 마련하였음
- 특히, 당연구개발을 통하여 2016년 1월 중국에 약 7만불 정도의 수출을 성공적으로 수행하였으며, 이후 다양한 제품을 통하여

# 목 차

## 제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과목표

- 1절 연구개발의 필요성
- 2절 연구개발의 목표 및 내용

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

- 1절 생식 살균에 적합한 최적 선량의 설정
- 2절 방사선 조사 살균 된 제품의 품질 유지기한 저하 억제
- 3절 생식 제품의 방사선 살균 시 미생물 상한 한계 기준의 설정
- 4절 방사선 조사 살균에 따른 영양소 및 기능성분 소실 검증

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

## 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

## 제 7 장 연구시설·장비 현황

# 제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과목표

## 1절 연구개발의 필요성

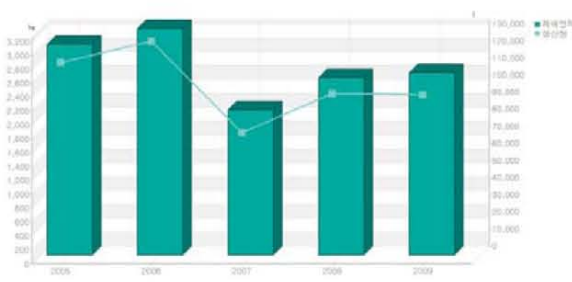
### < 국내농산물 사용 실태 및 고부가가치 식품 개발의 필요성 >

- 우리나라의 식량자급율은 약 26% 수준으로 해외의존도가 매우 높으며 최근 유럽 등 농업 비교 우위국가들과의 FTA 협정으로 인한 농업 시장 강압력은 국내 농업 산업에 대한 심각한 위협으로 다가오고 있음
- 국내 농산물의 총수입액은 농촌경제연구소의 통계 수치에 따르면 2003년도 84억달러에서 2005년 98억달러, 2007년에 149억달러로 급증한 반면에, 농축산물의 수출액은 2003년도 18억달러에서 2005년 21억달러, 2007년에 28억달러로 큰 변화를 보이지 않고 있으며, 수입농산물의 급증은 국내 농산물의 입지 축소를 나타내고 있는 것으로 보임
- 특히, 우리나라의 주식인 벼의 재배량을 살펴보면 재배면적이 2005년도 967에서 2009년도 918로 감소하였고, 주야채중 하나인 당근의 재배면적 역시 약 3,200ha에서 2009년 약 2,700ha로, 오이 재배면적은 2005년 약 5,000ha에서 5,100ha로 감소하는 등 전반적인 농업 재배면적의 축소 경향을 보이고 있음

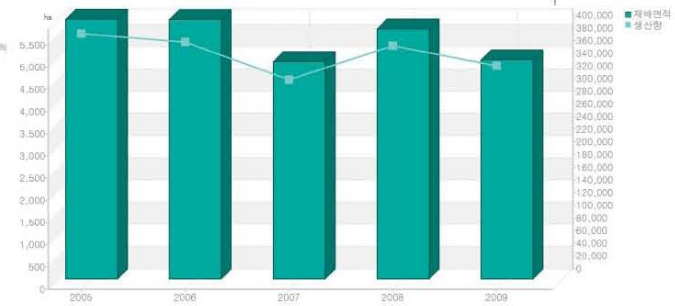
< 표 - 국내 벼 재배면적 및 생산량 추이 >

연도	재배면적	생산량
2005	967	4,735
2006	945	4,659
2007	942	4,389
2008	928	4,825
2009	918	4,899

(농촌경제연구원 통계자료)



< 당근 생산 면적 및 생산량 변화 >



<오이 재배면적 및 생산량 변화>

- 이러한 재배면적의 감소는 국내 양곡의 소비추세에서도 더 확실하게 나타나는데 주곡인 쌀의 경우 1인당 소비량이 2005년 80.4kg에서 2009년 74.0kg으로 감소하였고, 콩은 9.3kg에서 8.0kg으로 감소하고 있음. 그러나 수입이 주를 이루고 있는 밀의 경우는 2005년 33.2kg에서 2009년 33.4kg으로 큰 변화를 나타내고 있지 않아 국내 농업에서 수입의 비중이 상대적으로 크게 작용하고 있는 것으로 판단할 수 있음
- 이러한 국내 농업 산업의 위축을 타파하기 위하여 국내 농산물의 부가가치화가 필요하나 농산물을 직간접적으로 이용하고 있는 음식료품의 부가가치 창출 부분에서도 2004년 11조 5400억원에서 2009년 12조 3400억원으로 5년간 약 7% 성장하는데 그쳐 음식료품의 고부가가치화가 빠르게 진행 되지 않음을 알 수 있으며, 음식료품의 고부가가치화의 한계는 농업 산업의 활력을 증진시켜 농업 생산성을 증대시키는데 장애요인으로 작용하고 있다고 판단됨
- 또한, 국내 농산물 및 농산물 가공 식품의 해외 수출을 위해 경쟁력을 확보할 필요가 있으나 일부 식품군에서는 해외에서 활발한 영업 활동이 수행되고 있음에도 불구하고 국내 농산물을 주원료로 사용하면서 해외에서 성공적으로 진입한 제품은 아직까지 두드러지지 않고 있는 형편임
- 따라서, 국내 농산물의 고부가가치화 및 국제적 경쟁력 확보를 통한 수출의 증대를 위하여 국내 농산물을 사용한 식품 개발 및 수출 대상국의 규격을 만족할 수 있는 공정 및 제품의 개발은 농업 산업의 활력을 위해 절대적으로 필요한 사항이며, 특히 최근의 한류열풍과 더불어 한국 식품에 대한 해외의 높은 기대감과 수요를 고려할 때 국산 농산물을 이용한 고부가가치 식품이 해외 시장 진출을 위한 수출 대상 국가에 대한 현지화가 절대적으로 필요한 상황임

< 국내 농산물 기반의 수출용 고부가가치 식품으로서 생식의 장점과 문제점 >

- 국내에서 개발되어 세계 최초로 상용화된 생식 제품은 통곡류, 엽채류, 버섯류, 구근류 등의 농산물을 비가열 상태에서 건조하여 얻은 건조물을 분말화 한 것을 주원료로 하여 제품화한 것으로 1990년대 초반까지는 일부 매니아들이 스스로 제조하여 섭취하거나 소규모로 제작하여 판매하는 형태로 유통되었으나, 1990년대 후반부터 건강에 대한 사회적 관심이 증가하면서 '생식'이라는 상품으로서의 시장이 본격적으로 형성되었으며, 2004년도 식품위



생법상의 '생식' 카테고리가 설정됨으로서 일반식품으로서 자리잡게 분류되었음

- 2004년도에 개정된 식품위생법상의 [생식]은 비가열 또는 60℃ 이하의 건조 방법으로 건조하여 최소한의 가공만을 거친 제품으로 정의하고 있으며 이러한 생원료의 함량이 50%~80%까지를 생식함유식품, 80% 이상일 경우 생식 제품이라는 제품의 유형으로 정의되어 있음

## 생식(生食, Raw Food)

### ■ 식품위생법상의 생식류 식품 정의

: 생식류라 함은 동/식물성 원료를 주원료로 하여 건조 등 가공 처리하여 분말/과립/바/페이스트/겔상/액상 등으로 제조한 것으로, 이를 그대로 또는 물 등과 혼합하여 섭취 할 수 있도록 한 것을 말한다.

### ■ 제조/가공 기준

: 생식제품의 원료 건조는 영양소의 파괴, 효소의 불활성화, 전분의 호화 등이 최소화 되도록 동결건조, 자연건조, 60도 이하의 송풍 건조 등으로 하여야 한다.

### ■ 생식제품의 유형

생식제품 : 생식 원료가 80% 이상 함유되도록 가공한 제품

생식함유제품 : 생식 원료가 50% 이상 80%미만 함유하도록 가공한 제품

- 생식은 2000년대 들어서 사회에 불기 시작한 웰빙 문화는 건강 지향적인 식품과 국산 농산물에 대한 소비자의 욕구를 만족시키기 위하여 생식 제품의 대다수는 외산 농산물이 아닌 국내산 농산물만을 사용하는 형태로 상품화가 시행되었으며, 그 결과 국내 농산물의 판로 확대 및 고부가가치에 크게 기여하여 왔으며, 특히, 본 연구개발의 주관기업은 생식 시장을 통해서 2010년에 800 ton 정도의 국내 농산물을 사용하고 있어 국내 농산물 중요한 소비처로서 역할을 수행하였으며, 미국, 중국 등의 시장 개척을 통해서 국내 농산물의 해외 판로 확보에도 기여하고 있음
- 비가열/최소가공 식품인 생식 또는 생야채의 섭취에 의한 유용성은 국내를 비롯한 해외에서 다수의 연구 결과에 의해서 GI(혈당지수)가 낮은 Low GI 식품으로서의 당뇨에 대한 유용성, 고지혈증 개선, 항암 효과, 소화기계암 발병 억제 효과, 장염 등의 소화기계 염증 개선 효과 등이 동물 및 임상실험을 통해 보고되어 있어 우수한 건강 지향적 식품으로서 가치를 확인할 수 있어 웰빙 문화에 적합한 우수한 건강지향형 식품으로 인식되고 있음
- 또한 유럽을 중심으로 한 건강 지향적인 식문화 운동으로서 슬로우푸드 운동이 확산됨에 따라서 국내의 생식 개념과 유사한 Raw Replacement Meal 개념의 제품이 다수 선을 보

이면서 시장에서 좋은 평가를 받고 점차 시장이 확산되는 추세를 보이고 있어 생식을 기반으로 한 건강지향적 웰빙 식품의 개발은 국내뿐만 아니라 국제적으로도 고부가가치 식품으로서의 자리매김의 가능성은 매우 높으며, 이를 통해 국내 농산물의 국제화 경쟁력을 확보할 수 있는 좋은 제품으로서 판단됨

- 그러나 생식 제품의 건강 지향적인 유용성과 국내 농산물의 중요한 소비 상품으로서의 위상에도 불구하고 농산물을 열처리하지 않고 동결건조한 건조물 사용에 따른 미생물 제어 문제로 인하여 해외의 수출시에 현지 국가의 미생물 규격을 만족시키지 못하는 경우가 빈번하게 발생하고 있음
- 생식의 미생물 규격은 국내에서는 비가열 공정의 특성을 반영하여 식품위생법상에서 타 식품과의 차별화 된 미생물 규격이 설정되어 있어 생식 제품으로서의 국내 판매에는 문제가 없으나 생식 규격이 별도로 설정되지 않은 국가로의 수출이나 국내에서 생식을 응용한 다양한 고부가가치 제품의 개발에 있어서 제약사항이 되고 있음
- 따라서, 생식을 기반으로 한 식품 개발은 생식의 건강지향적 특징을 살리면서 수출 대상국의 미생물 기준 규격을 만족시킬 수 있는 살균 기술을 개발함으로써 국내 농산물을 이용한 고부가가치 식품인 생식 제품의 국제적 경쟁력을 확보할 수 있으며, 이를 통해 수출 전략 상품으로 육성이 가능할 것으로 판단됨

#### < 생식 제품의 중국 수출 현황 >

- 중국은 시장의 개방 이후 10억 이상의 인구와 1억 이상의 고소득층을 중심으로 하여 다수의 고부가가치 식품들의 큰 시장으로서 성장하였으며, 최근 들어 한류 열풍을 타고 한국 제품에 대한 높은 관심을 가지고 있는 것이 현실임
- 특히, 중국역시 우리나라와 마찬가지로 노령화 사회로 진입하면서 60세 이상의 노인 인구에게서 질환 발병율이 50%를 넘을 것으로 예상되고 있어 건강지향식품의 소비가 지속적으로 급증할 것으로 예상되고 있으며, 이에 맞추어 중국의 보건식품 시장은 2010년 1300억 위안(약 24조원)에서 202년에는 4500억위안 (약 81조원)으로 급성장을 할 것으로 예상되고 있음
- 따라서, 이런 급성장하고 있는 중국내 건강지향식품 시장을 선점을 통한 국내 농산업의 발전을 위하여 국내 농산물을 중심으로 한 건강 지향 식품의 중국 수출을 위하여 국내 제품의 중국 현지화가 절대적으로 필요하다고 판단됨
- 생식은 2003년 주관기관에서 처음으로 중국으로 수출을 개시한 이후 다수의 생식 제조 업체가 중국 진출을 위한 시도를 지속적으로 수행하여왔으며, 주관기관은 2003년도 1억원에서 시작하여 2010년도 10억, 2012년도 17억원의 수출로 증가하고 있는 상태임
- 생식은 국내에서는 식품위생법상 [생식] 제품으로 카테고리가 규정되어 있으나 해외에서는 특정하게 별도의 카테고리가 형성되어 있지 않고 생식의 섭취 특성에 맞는 분말음료류 또

는 생식의 원료 특성에 적합한 곡물가공품으로 분류가 되어 있으며, 중국에서는 생식의 섭취형태가 커피와 유사하다 하여 커피의 유형인 [고체음료] 규격으로 허가가 되어 있는 상태임

○ 생식의 국내 규격과 중국의 [고체음료]의 미생물 및 일반 규격은 아래와 같음

< 생식 및 중국의 고체음료 표준 비교 >

	한국 생식 규격 (식품위생법)	중국 고체음료 규격
수분	8% 이하	5% 이하
총세균수	-	30,000 이하
대장균군	-	90 이하
대장균	불검출	-
진균류	-	50 이하
<i>Shigella</i>	불검출	불검출
<i>Salmonella</i>	불검출	불검출
<i>Staphylococcus aureus</i>	불검출	불검출

○ 상기의 고체음료 규격에 대하여 현재 생식의 분석 현황은 다음과 같음

	중국 고체음료 규격	생식 현황
수분	5% 이하	3~5%
총세균수	30,000 이하	10,000 ~ 100,000
대장균군	90 이하	10 ~ 1000
대장균	-	불검출
진균류	50 이하	0 ~ 200
<i>Shigella</i>	불검출	불검출
<i>Salmonella</i>	불검출	불검출
<i>Staphylococcus aureus</i>	불검출	불검출

○ 생식은 비가열 식품의 특성상 세균수와 대장균군, 진균류에 있어서 국내에서는 식품 규격에서 제외되고 있으나 중국의 [고체음료] 규격에서는 그 기준을 정하고 있으며, 현재 생식의 미생물 현황상 만족하기 상당히 어려운 상황임

○ 현재 중국내에 점차적으로 시장을 넓혀가고 있는 생식의 중국으로의 안정적인 수출 판로를 확보하기 위하여 생식 제품의 미생물 현황을 개선하고자 비가열 살균기술에 대해서 다각적인 검토를 진행하여 왔으나 아직까지 생식의 특성을 살리면서 중국내 미생물 규격을 만족 시키기에는 미진한 상황임

- 주관 기관에서는 이러한 미생물 규격의 개선을 위하여 중국내 바이어의 요청에 일부 제품에 대해서 개별적으로 소량으로 분할하여 수출하거나 또는 중국내 바이어의 에이전트를 통하여 통관하는 방법으로 수출을 하고 있으며, 일부 제품에 대해서는 바이어의 요청에 따라서 방사선 조사 살균을 시행하고 있는 상황임

< 방사선 조사 살균에 의한 생식의 품질 저하 >

- 방사선 조사는 고에너지의 감마선 조사를 통해서 미생물을 살균하는 기술로서 현재까지 알려진 살균 기술중 가장 효율적이며, 안전한 기술로서 규명되어 있으나 국내에서는 소비자의 인식상의 문제로 실제 상품화가 진행되는 경우가 거의 없으며, 그에 따라 식품의 방사선 조사 살균 기술의 연구 개발도 진척이 더딘 편으로 판단됨
- 방사선 조사 살균 기술은 현재 국내에서도 상업화 된 3개 업체가 영업을 수행하고 있으며, 방사선 조사 살균 비용은 분말 제품의 경우 대체적으로 1 kg 당 200~300원으로 생식 제품의 방사선 조사 살균시에 제품 원가의 1~2%정도로 원가상승요인이 거의 없어 다른 어떠한 살균기술에 비하여 비용적으로 높은 경쟁력이 있는 살균 방식임
- 방사선 조사는 필연적으로 생식 제품의 품질 저하를 발생하고 이에 대해서 3가지 조건(25℃, 75% R.H. / 35℃, 90% R.H. / 60℃, 60%)으로 Q10 값에 의한 품질 유지 기한에 대한 시행을 한 결과 다음과 같은 결과를 얻었음

시료	품질유지기한	감소율
시판 생식 제품 (주관기관 제조)	12.6 개월	-
방사선 멸균 (10kGy)	5.8 개월	57%

- 10kGy를 조사한 제품은 조사하기 전 제품이 12.6개월의 품질유지기한을 가진 반면 방사선 조사를 실시하였을 때는 약 5.8개월로 55%정도의 품질유지기한 감소를 나타내었으며, 품질 저하가 가장 많이 나타나는 요소는 맛과 향에서 가장 큰 차이를 나타내었는데, 맛에서는 지방의 산패에 의한 과도한 산패취로 인하여 섭취가 불가능한 수준까지 품질적 저하가 나타나는 것을 확인하였음
- 따라서, 중국 수출용으로 방사선 조사가 실시되는 생식 제품에 대해서는 10kGy의 조사선량에서는 과도한 품질저하로 인하여 품질유지기한이 6개월 정도로 한정됨에 따라 실제 생산 후 중국으로의 이동/통관 과정상에서 소요되는 1~2개월 정도의 시간을 제외한다면 실제 유통기간과 섭취간의 합이 3~4개월정도로 유통이 어려운 것으로 판단되어 이보다 낮은 선량에서의 방사선 조사 살균 조건의 수립이 절대적으로 필요한 상황임
- 따라서, 본 연구 개발에서는 방사선 조사 살균 기술을 이용하여 국내산 농산물 이용 생식 제품의 중국 현지 규격에 적합한 미생물 분포를 얻고자 하며, 이를 위해서 1) 생식 살균에 적합한 최적 선량의 결정, 2) 결정 선량에서 중국 규격에 적합한 살균 효과를 얻을 수 있도록 최초 생식 제품의 미생물 상한 한계 기준의 설정, 3) 조사 살균 처리된 생식 제

**품의 품질 유지 기한 저하를 억제할 수 있는 살균 방법의 개발, 4) 방사선 조사 살균 처리 후 생식의 영양학적 소실 검증**를 목표로 하여 본 연구 개발을 수행하고자 함

- 생식은 건강 개선 기능이 검증된 웰빙형 식품이며, 국내 농산물을 기반으로 하여 국내 농산업 및 식품 업계의 발전에 기여할 수 있는 제품임에도 불구하고 비가열 식품의 특성상 해외 식품 규격에 적합성을 얻기가 어렵기 때문에, 이를 극복하여 중국 수출을 위한 생식의 방사선 조사 살균 기술을 개발함으로써 국내 농산물의 해외 수출에 대한 판로를 확대하고 이를 통한 국내 농업의 국제 경쟁력 강화 및 국내 농가의 농산물 판로 확대 및 수익 안정화에 크게 기여할 수 있는 기술 개발로 판단됨

## 2절 연구개발의 목표 및 내용

### 가. 연구개발의 최종목표

- 생식은 국내 농산물을 기반으로 한 건강 지향 식품의 대표 식품으로서 국내에서는 크게 시장을 확대/형성 하였으나, 비가열 식품이라는 한계로 인하여 해외 시장 진출에 어려움을 겪고 있음
- 생식의 규격에 적합하도록 된 비가열 살균기술은 국내 및 해외에서 많은 연구가 이루어지고 있으나 아직까지 산업적으로 적용하기에는 비용적인 부분과 시설적인 측면에서 어려움이 있으나 방사선 조사에 의한 살균 기술은 국내에서 저렴한 비용으로 효율적인 살균 효율을 얻을 수 있다는 장점이 있는 반면 고에너지 광선에 의하여 품질적 열화를 촉진한다는 단점이 있음
- 본 연구에서는 방사선 조사 살균 기술을 이용하여 중국 수출용 생식 제품이 중국 현지 규격에 적합한 제품으로 될 수 있도록 최적의 방사선 살균 조건의 확정 및 방사선 조사 살균 방법의 최대 살균력을 확인함으로써 수출용 생식 제품의 미생물 규격 상한 한계 기준을 설정하고 하며, 이를 위하여 다음과 같은 세부 연구개발 목표를 통해 연구를 진행하고자 함
  - 1) 생식 살균에 적합한 최적 선량의 결정
  - 2) 결정 선량에서 중국 규격에 적합한 살균 효과를 얻을 수 있도록 최초 생식 제품의 미생물 상한 한계 기준의 설정
  - 3) 조사 살균 처리된 생식 제품의 품질 유지 기한 저하를 억제할 수 있는 조건의 개발
  - 4) 방사선 조사 살균 처리 후 생식의 영양소 및 기능성분의 분석 및 검증
- 생식의 중국내 현지 규격에 적합하도록 방사선 조사를 통한 살균 기술의 개발은 1) 생식과 같은 비가열 식품의 방사선 조사 살균에 대한 기준선을 제시하고, 2) 방사선 조사 살균시 발생하는 품질 저하를 억제할 수 있는 방법의 개발을 중요 목표로 함
- 상기와 같은 목표 달성을 통해 국내산 생식 제품의 중국으로의 수출을 활성화 함으로서 국제적인 경쟁력 있는 식품 가공 기술을 확보함과 동시에 이를 활용한 생식 제품의 중국을 포함한 해외 수출 시장 개척을 달성할 수 있으며, 국내 식품 산업 및 농산업의 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 판단됨

## 나. 연구개발의 내용

### 1) 생식 살균에 적합한 최적 선량의 결정

- 1~10kGy에서 방사선 조사 선량에 대한 일반세균, 대장균(군), Bacillus cereus 및 진균류에 대한 살균 효과 검증
- 각 방사선 조사 살균 조건 하에서 최초 관능적 변화 관찰
- 생식 완제품 및 중요 원료에 대한 방사선 조사 살균 효과의 선량별 검증  
: 중요 원료로서 현미, 보리(곡류), 케일, 새싹(엽채류), 감자(구근류)에 대한 살균 효과 분석

### 2) 결정 선량에서 중국 규격에 적합한 살균 효과를 얻을 수 있도록 최초 생식 제품의 미생물 상한 한계 기준의 설정

- 미생물 고오염 시제품을 이용하여 각 선량에서 미생물 살균 효과의 검증
- 중요 원료별 미생물 오염도 파악 및 세척 공정에 의한 미생물 감소량 검증
- 원료별 살균 시 중요 원료별 살균 최적 선량 결정
- 최대 살균 능력을 결정 한 후 중국 수출용 생식 제품의 미생물 상한 한계 기준 및 중요 원재료의 미생물 한계 기준 설정

### 3) 조사 살균 처리된 생식 제품의 품질 유지 기한 저하를 억제할 수 있는 조건의 개발

- 방사선 조사 살균 식품의 최초 관능 검사 및 가혹조건하에서 3개월 반복 시험
- 항산화제 첨가에 따른 품질 저하 억제 효과의 확인  
: 천연 식품 첨가 항산화제 첨가에 따른 품질 변화 확인
- 포장재에 따른 살균 기능 변화 검증  
: 종이, AL, PE 등 포장재질에 따른 살균 기능 변화 검증

### 4) 방사선 조사 살균 처리 후 생식의 중요 영양소 및 기능성분의 소실 검증

- 방사선 조사에 따른 중요 비타민의 변화를 관찰
- 방사선 조사에 따른 일반 이화학 성분에 변화 관찰
- 방사선 조사에 따른 미네랄 함량에 대한 검증
- 방사선 조사에 따른 기능성분(클로로필) 함량에 대한 검증

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 가) 저온플라즈마를 이용한 살균 기술

- 플라즈마 살균 기술은 기존의 통상적인 방법에 의한 살균기작과 전혀 다른 기작으로 미생물을 사멸하고 있는데, 가스 플라즈마를 이용한 미생물 불활성화 기작에 대한 연구로 여러 종류의 기체를 사용하여 미생물의 살균이 가능하다는 결론을 얻고 있음
- 특히 감압플라즈마를 이용한 미생물 불활성화 기작에 관한 연구로 미생물은 감압플라즈마에서 발생하는 UV, 화학적 sputtering, 세포막 지질분자의 변형 등에 의해 불활성화 되고, 플라즈마에 의해 생성된 활성화 기체에 의해서 감압플라즈마 살균 기작인 것으로 나타나고 있음
- 산소, 질소, 아르곤 등을 이용한 가스방전플라즈마의 포장재에 대한 살균효과를 조사한 연구결과에서도 포장재의 미생물 사멸을 위한 플라즈마 발생의 최소 전압을 설정함으로써 산소와 아르곤 플라즈마에 의한 살균력을 나타내는 것으로 확인되었음

### 나) Aerosol 살균 효과

- 다양한 살균제를 aerosol 형태로 살균하는 것으로 농산물인 양상추에 병원성 미생물 *E.coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*를 접종하여 차아염소산나트륨을 분무 사이즈를 달리하여 살균처리한 결과 높은 살균 효과가 나타남을 확인하는 연구결과가 있었음
- 또한, 시금치에 병원성 미생물 *E.coli* O157:H7를 접종하여 allyl isothiocyanate, hydrogen peroxide, acetic acid, lactic acid를 aerosol 형태로 분무하였을 때 보다 높은 살균효과가 있음을 관찰할 수 있었으며, 이외에도 시금치, 상추, 등에 다양한 살균제의 적용에서 높은 살균 효과가 있음을 확인할 수 있었음

### 다) 전해수 세척 및 병용처리 살균 효과

- 전해수는 물의 전기분해를 통해서 얻을 수 있는 pH가 산성인 전해수를 이용하여 살균효과를 얻고자 하는 것으로 비가열 살균기술 개발에서 중요한 부분임
- 상추를 침지 시간, 온도, 산성에서 알칼리성까지 다양한 범위내의 pH측정 결과 2 log CFU/g 이상 감소시켜 미산성 저농도 전해수가 식중독 미생물 저감화를 측정된 결과 효능이 있는 것으로 알려져 있으며, 산성 전해수를 중온정도의 열처리와 병용처리 했을 때 당근 조각에서 미생물 저감화 효과를 확인할 수 있었다는 문헌을 통해 산성 전해수의 활용이 중요한 살균 방법으로 사용될 수 있을 것으로 판단됨



## 제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

### 1절 생식 살균에 적합한 최적 선량의 설정

#### 1) 제품별 방사선 조사 선량에 따른 살균 효율

- 본 연구에서는 방사선 조사 살균 기술을 이용하여 중국 수출용 생식 제품이 중국 현지 규격에 적합한 제품으로 될 수 있도록 최적의 방사선 살균 조건의 설정을 위하여 현재 국내에서 시판되고 있는 생식 제품에 대하여 조사 선량별로 미생물의 저감화를 확인하여 1차적으로 생식의 조사선량을 확인하고자 하였음
- 본 연구에서 목표로 하는 중국 수출용 생식은 중국내에서 생식의 통관시 사용될 규격으로 고체음료 규격을 설정하였으며, 그 규격은 다음과 같음

Table 1. 중국 고체음료 규격

	중국 고체음료 규격
수분	5% 이하
총세균수	$3.0 \times 10^4$ 이하
대장균군	90 이하
대장균	불검출
진균류	50 이하
<i>Shigella</i>	불검출
<i>Salmonella</i>	불검출
<i>Staphylococcus aureus</i>	불검출

- 상기 규격에 맞추어 일반 시판 되고 있는 생식 3종에 대해서 2014~2015년간 주관기관에서 생산된 생식 제품의 미생물 분석 현황은 다음과 같은 값을 보이고 있음

Table 2. 시판 생식 3종의 중국 고체음료 규격에 대한 적합성 분석

	중국 고체음료 규격	생식 A	생식 B	생식 C
수분	<b>5% 이하</b>	3.0~3.5%	3.0~3.5%	3.0~3.5%
총세균수	<b><math>3.0 \times 10^4</math> 이하</b>	$10^4 \sim 10^6$	$10^4 \sim 10^6$	$10^4 \sim 10^6$
대장균군	<b>90 이하</b>	$10 \sim 10^2$	$10^2 \sim 10^3$	$10^2 \sim 10^3$
대장균	<b>음성</b>	음성	음성	음성
진균류	<b>50 이하</b>	10 ~ 200	10 ~ 300	10 ~ 200
<i>Shigella</i>	<b>음성</b>	음성	음성	음성
<i>Salmonella</i>	<b>음성</b>	음성	음성	음성
<i>Staphylococcus aureus</i>	<b>음성</b>	음성	음성	음성

- 주관기관에서 생산하고 있는 생식 제품 3종의 미생물 규격에서 식중독균인 *Shigella*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* 3종 및 대장균은 모두 음성으로 확인되어 중국 고체음료 규격에 적합한 것으로 나타났으나, 총세균수와 진균류, 대장균군은 규격에 부적합한 것으로 확인되었음
- 당 연구에서는 중국 고체음료 규격에 적합하도록 생식의 미생물의 저감화를 위하여 방사선 조사 살균을 시행하였으며, 생식 3종에 대해서 방사선 조사 선량별 미생물 저감화 정도를 확인한 결과는 Table 3~5와 같음

Table 3. 시판 생식 제품(A)의 조사선량별 미생물 저감화 효과

Irradiation dose (kGy)	Microbes (log CFU/g)					
	총균수	Coliform group	진균류	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>E. coli</i>	<i>Bacillus cereus</i>
0	5.2±0.38	2.6±0.20	1.4±0.22	ND	ND	1.5±0.30
2.5	4.1±0.32	2.1±0.55	< 10	ND	ND	ND
5.0	2.4±0.40	1.0±0.27	< 10	ND	ND	ND
7.5	1.7±0.18	ND	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Table 4. 시판 생식 제품(B)의 조사선량별 미생물 저감화 효과

Irradiation dose (kGy)	Microbes (log CFU/g)					
	총균수	Coliform group	진균류	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>E. coli</i>	<i>Bacillus cereus</i>
0	6.2±0.48	3.5±0.41	2.2±0.37	ND	ND	1.9±0.17
2.5	4.1±0.35	2.8±0.35	1.3±0.20	ND	ND	1.1±0.07
5.0	2.7±0.30	2.4±0.59	< 10	ND	ND	ND
7.5	1.5±0.32	< 10	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Table 5. 시판 생식 제품(C)의 조사선량별 미생물 저감화 효과

Irradiation dose (kGy)	Microbes (log CFU/g)					
	총균수	Coliform group	진균류	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>E. coli</i>	<i>Bacillus cereus</i>
0	6.2±0.08	2.3±0.24	2.4±0.31	ND	ND	2.1±0.42
2.5	5.4±0.15	1.1±0.08	1.5±0.25	ND	ND	1.3±0.09
5.0	4.5±0.24	ND	< 10	ND	ND	ND
7.5	2.0±0.32	ND	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND	ND	ND

- 상기의 결과와 같이 시판 생식 3종에 대해서 생식의 중국내 현지 규격에 적합하도록 방사선 조사를 통한 살균 효율을 검토한 결과 10 kGy 이상의 조사선량에서는 모든 미생물이 음성 처리 됨을 확인할 수 있었으나, 생식의 종류에 따라서 5.0 kGy ~ 7.5 kGy의 조사선량에서 중국 수출을 위한 고체음료 규격에 적합한 미생물 수준을 보임을 확인할 수 있었음
- 특히, 정량 규격에서 진균류, 대장균군, 총균수는 5.0 kGy 수준에서 중국의 고체 음료 규격을 만족할 수 있는 정도의 수준으로 나타나나 미생물 분석의 오차 등에 따른 안정적인 선을 볼 때 7.5 kGy 이상의 조사 선량이 필요한 것으로 보임

2) 생식의 조사선량에 따른 관능적 변화 확인

- 상기 생식 3종에 대해서 방사선 조사 살균 후 색상, 향, 맛 및 종합적인 관점에서 관능평가를 실시하였으며, 그 결과는 Table 6과 같이 나타났다. 각 관능은 조사하지 않은 제품을 10점 만점으로 하였을 때 감소 되는 정도를 상대적으로 측정하여 나타내었음

Sensory test (point)						
Storage period (weeks)	Sensory test subsection	Irradiation dose				
		0 KGy	2.5 KGy	5.0 KGy	7.5 KGy	10.0 KGy
생식 A	Color	10.0±0.0	9.6±0.5	9.9±0.5	8.9±0.7	8.7±0.2
	Flavor	10.0±0.0	8.8±0.6	8.6±0.4	8.5±1.4	8.1±0.6
	Taste	10.0±0.0	9.1±0.8	9.4±1.5	8.7±0.5	8.1±0.6
	Total	10.0±0.0	9.0±0.9	8.5±0.8	8.0±0.9	7.5±1.1
생식 B	Color	10.0±0.0	9.4±0.3	7.4±2.0	7.8±1.2	3.1±1.1
	Flavor	10.0±0.0	9.5±1.0	8.7±0.4	8.7±1.8	7.8±1.2
	Taste	10.0±0.0	9.5±1.0	8.7±2.0	8.5±0.7	8.2±2.0
	Total	10.0±0.0	9.4±0.8	8.3±0.7	8.1±0.9	8.2±1.0
생식 C	Color	10.0±0.0	9.5±1.0	9.3±0.3	8.2±0.5	7.9±0.4
	Flavor	10.0±0.0	9.4±1.1	8.5±0.2	8.3±0.8	8.3±0.5
	Taste	10.0±0.0	9.2±1.2	9.0±0.9	8.2±1.0	8.0±1.3
	Total	10.0±0.0	9.1±1.6	9.2±1.4	8.4±1.0	8.1±0.5

- 상기의 관능 결과에서와 같이 3종의 생식 모두 방사선 조사에 의해서 관능적 변화가 나타나는 것으로 확인되었으며, 조사선량이 증가할수록 생식의 관능적 변화는 더욱 크게 나타나는 것으로 나타났음
- 특히, 미생물학적으로 안정적으로 중국 규격에 적합한 결과를 보인 7.5 kGy 이상에서는 관능적 변화가 다수 나타났으며, 대부분의 관능평가자가 변화를 감지할 수 있을 정도의 변화를 수반하였음
- 방사선 조사 시 관능적 변화와 더불어 품질의 열화가 나타나기 때문에 상기와 같이 7.5 kGy의 조사선량을 나타낼 경우 이후 저장성에서도 단점으로 작용할 가능성이 높아 최대한 방사선 조사선량을 낮출 수 있는 배합비율 및 미생물학적으로 제품의 저감화를 나타낼 환경의 조성이 필요할 것으로 판단됨

### 3) 원료별 방사선 조사 후 살균 효율 및 관능 변화의 확인

- 생식의 중요 원료이면서 상대적으로 미생물 오염도가 높은 현미, 보리, 케일 및 당근의 원료별 방사선 조사 살균 및 방사선 조사에 의한 관능적 변화를 관찰한 결과는 Table 7~10과 같음

Table 7. 동결건조 현미 분말의 조사선량별 미생물 저감화 효과

Irradiation dose (kGy)	Microbes (log CFU/g)					
	총균수	Coliform group	진균류	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>E. coli</i>	<i>Bacillus cereus</i>
0	4.5±0.2	1.4±0.2	2.3±0.3	ND	ND	2.5±0.7
2.5	3.5±0.4	< 10	1.6±0.3	ND	ND	2.1±0.2
5.0	2.7±0.30	ND	ND	ND	ND	1.5±0.4
7.5	1.5±0.32	ND	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Table 8. 동결건조 보리 분말의 조사선량별 미생물 저감화 효과

Irradiation dose (kGy)	Microbes (log CFU/g)					
	총균수	Coliform group	진균류	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>E. coli</i>	<i>Bacillus cereus</i>
0	5.5±0.5	2.2±0.3	< 10	ND	ND	1.4±0.3
2.5	4.1±0.1	1.4±0.1	ND	ND	ND	ND
5.0	1.4±0.4	ND	ND	ND	ND	ND
7.5	< 10	ND	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Table 9. 동결건조 케일 분말의 조사선량별 미생물 저감화 효과

Irradiation dose (kGy)	Microbes (log CFU/g)					
	총균수	Coliform group	진균류	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>E. coli</i>	<i>Bacillus cereus</i>
0	3.5±0.2	3.2±0.5	ND	ND	ND	3.1±0.4
2.5	2.6±0.4	2.0±0.4	ND	ND	ND	1.9±0.2
5.0	2.1±0.8	10 <	ND	ND	ND	1.1±0.1
7.5	ND	ND	ND	ND	ND	10 <
10	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Table 10. 동결건조 당근 분말의 조사선량별 미생물 저감화 효과

Irradiation dose (kGy)	Microbes (log CFU/g)					
	총균수	Coliform group	진균류	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>E. coli</i>	<i>Bacillus cereus</i>
0	6.2±0.9	3.0±0.2	ND	ND	ND	2.1±0.5
2.5	4.7±0.6	2.4±0.5	ND	ND	ND	10 <
5.0	3.3±0.4	2.1±0.8	ND	ND	ND	ND
7.5	1.5±0.2	< 10	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND	ND	ND

- 생식의 중요 원료인 현미, 보리, 당근, 케일의 4종에 대해서 방사선 조사 선량별 살균효과를 확인한 결과 원무별로 일정량 차이는 있으나 전체적으로 5.0 kGy에서 중국 수출 규격에 적합한 것으로 보이며, 7.5 kGy 이상에서는 안정적인 결과를 보일 수 있을 것으로 확인되었음
- 상기 4종의 원료는 주관기관이 생산하는 생식 제품에서 평균적으로 약 70~72%정도의 배합비율을 보이고 있어 상기 4종에 대한 미생물 제어가 시행 될 경우 전체 생식 제품의 조사 살균을 하지 않아도 되기 때문에, 상대적으로 유통기한에서 유리한 점이 있을 것으로 추정되어 해당 원료를 5.0 kGy 및 7.5 kGy로 살균한 원료를 혼합하여 최종 생식 제품을 제조한 후 해당 제품의 미생물 현황을 조사하여 중국 고체음료 규격에 대한 적합성을 분석한 결과는 Table 11과 같음

Table 11. 조사 살균 된 원료를 이용한 생식 제품의 미생물 분석 결과

	중국 고체음료 규격	5 kGy	7.5 kGy
수분	<b>5% 이하</b>	3.7%	3.6%
총세균수	<b>3.0 × 10<sup>4</sup> 이하</b>	4.2±0.6	3.5±0.3
대장균군	<b>90 이하</b>	2.0±0.4	2.2±0.1
대장균	<b>음성</b>	음성	음성
진균류	<b>50 이하</b>	1.4±0.7	10 <
<i>Shigella</i>	<b>음성</b>	음성	음성
<i>Salmonella</i>	<b>음성</b>	음성	음성
<i>Staphylococcus aureus</i>	<b>음성</b>	음성	음성

- 상기의 결과와 같이 일부 원료를 방사선 조사하여 생식을 최종 제조하였을 때 일반적인 생식 제품에 비하여 총세균수, 대장균군이 일부 저하 되는 것으로 확인되었으나 중국 생식 규격에는 최종 부적합한 것으로 나타났음
  
- 이와 같은 결과는 생식에 사용되는 다수의 동결건조 농산물 원료들이 전반적으로 미생물의 오염도가 높아 일부 원료만의 방사선 조사 살균으로는 중국 규격에 적합하도록 충분한 살균 효과를 내지 못하는 것으로 추정되며, 따라서 약 30여종의 동결건조 분말 및 다수의 원료가 사용되는 생식의 살균효과를 위해서는 각 원료의 개별 살균보다는 완제품을 통한 살균을 진행하는 것이 바람직한 것으로 추정됨

## 2절 방사선 조사 살균 된 제품의 품질 유지 기한 저하 억제

### 1) 방사선 조사 살균 된 생식 제품의 품질 유지 기한 분석

- 방사선 조사는 식품 성분에 에너지를 가함으로서 식품 성분의 변성을 유도하며, 이를 통해 식품의 품질적 열화가 촉진 되는 것으로 알려져 있음
- 생식에 방사선 조사를 시행할 경우 색상의 변화, 향의 변화 및 맛의 편패 등의 나타날 수 있는데 이는 색소, 지방산 등의 산화를 통해서 나타나는 대표적인 품질 변화라 할 수 있음
- 시판되고 있는 생식 1종에 대해서 Table 12와 같은 품질 한계 지표를 이용하여 품질유지 기한을 확인하고, 방사선 조사 살균을 각 2.5 kGy, 5.0 kGy, 7.5 kGy, 10.0 kGy를 이용하여 확인하였음

Table. 12 품질유지기한 산출을 위한 품질 한계 기준

Quality index		Quality limit
관능검사 (7점 척도)	Color	4
	Flovor	4
	Taste	4
	Total	4
색상 변화( $\Delta E$ )		4.6
Hexanal (ppm)		20
수분 (%)		8

- 각 조사선량별 시료의 보관은 25℃, 35% R.H., 35℃, 55%, R.H., 55℃, 65% R.H.에서 12주간 보관하며 4주, 8주, 12주에 시료를 추출하여 상기의 품질지표에 대한 조사를 실시하였으며, 아레니우스 식에 의하여 각 지표별 품질 유지 기한을 산출한 결과는 Table 13과 같음



Table. 13 방사선 조사 선량별 품질유지기한

품질유지기한 (개월)		Quality limit	0	2.5	5.0.	7.5	10.0
관능검사 (7점 척도)	Color	4	15.2	12.2	8.8	4.8	3.1
	Flovor	4	13.3	10.2	7.5	5.4	2.8
	Taste	4	14.1	13.0	8.0	5.4	3.5
	Total	4	14.4	10.8	7.1	4.7	2.4
색상 변화( $\Delta E$ )		4.6	13.6	10.2	9.8	6.1	3.9
Hexanal (ppm)		20	17.7	9.5	6.9	4.5	1.7
수분 (%)		8	57.4	58.3	61.4	60.5	56.9
예상품질유지기한		-	12.3	9.5	6.9	4.7	2.4

- 조사선량별 품질유지기한에서 생식의 방사선 조사 하지 않은 생식은 12.3개월로 이는 주로 제품의 향에서 품질 열화의 속도가 빠른 것으로 대부분 생식내에 포함된 지질의 산패와 연관이 되어 있는 것으로 추정되고 있음
- 방사선 조사시 2.5 kGy에서는 9.5개월로 조사하지 않은 것에 비하여 약 28%감소하였으며, 가장 먼저 열화 된 품질 지표는 산패취의 주성분으로 추정되는 Hexanal이며, 5.0 kGy에도 마찬가지로 Hexanal이 가장 빠른 품질 열화를보이며 6.9개월로 나타났음
- 7.5 kGy와 10 kGy에서도 가장 빠른 품질 열화를 보이는 지표는 hexanal과 종합 관능지표로 두 지표간에 품질유지기한의 차이는 크지 않았으며, 7.5 kGy의 4.7개월, 10 kGy는 2.4개월로 아주 짧은 품질유지기한을 나타내었음
- 실제 품질유지기한은 산출된 수치에서 안전계수를 설정하여야 하며, 현재 생식 제품의 안전계수는 10%로 자체적으로 설정하고 있으며, 이 경우 2.5 kGy는 약 8.4개월, 5.0 kGy는 6.2개월, 7.5 kGy시에는 4.2개월, 10.0 kGy에서는 2.2개월로 나타나 조사선량이 증가할수록 생식의 저장중 품질 열화는 가속되어 나타나는 것을 확인할 수 있었음
- 통상적으로 중국 수출을 위해서는 제조 후 수출/통관 과정에서 약 25일~30일정도가 소요되고 있어 품질유지기한 6개월로 가정시 소비자가 섭취하는 기간 1개월정도를 감안할 때 유통가능 기한이 약 3~4개월래 매우 짧게 나타나며, 이는 중국에서 신생 제품인 생식의 유통에서 치명적인 약점으로 작용할 수 있어 최소한 8개월정도의 유통기한을 가져야 할 것으로 판단됨

- 따라서, 이전 보고에서 생식의 미생물 오염도가 중국 수출에 가장 안정적인 조사선량은 7.5 kGy이나 7.5 kGy에서 품질유지기한이 4.7개월에 불과하여 실제 안정적인 유통 기한을 확보하지 못하며, 5.0 kGy 6.9개월로 생식의 방사선 조사시 품질의 열화를 억제할 수 있는 방법을 찾는다면 5.0 kGy에서 품질유지기한 8개월을 신출 할 수 있을 것으로 판단됨

2) 품질 저하를 억제할 수 있는 식품 첨가물의 선별 및 효능 분석

- 5.0 kGy에서 약 6.9 개월(안전계수 감안 시 6.2개월)의 품질 유지기한을 증가시키기 위해 서 5.0 kGy에서 품질의 열화가 가장 먼저 나타나는 지표인 hexanal 의 발생으로 인한 산패취의 억제를 할 수 있는 방안을 강구하였음
- Hexanal은 aldehyde 화합물로서 지방이 산화 된 이후 지방산 사슬이 분해되면서 나타나는 휘발성 향기성분으로 heptanal 등과 함께 식품 내 지방이 산패되어 일으키는 산패취의 주된 성분으로 산패취 증가에 따라 유의적인 비례관계가 성립되어 있는 것으로 보고되어 있음
- 따라서, hexanal의 생성을 억제하기 위해서는 항산화제 성분의 추가가 필요할 것으로 추정 되어, 식품 원료중 강력한 항산화제를 나타낼 수 있고, 향을 마스킹 할 수 있는 원료로 땃땃이나무 추출물, 허브복합추출물(등글레, 루이보스, 산수유 추출 복합물), 베리복합추출물(아사히베리, 블루베리 등 7종 베리 복합 추출물)을 선별하여 각 생식에 관능적으로 허용 될 수 있는 0.2 %를 첨가하였음
- 각각의 추출물을 첨가하 후 생식의 총항산화력 (TAS)를 측정한 결과는 다음과 같음

Table 14. 항산화 식품 원료를 첨가한 생식의 총항산화력 비교

시료	TAS (nmol Eq. Trolox)
생식 분말	223.6
생식 + 땃땃이나무 추출물분말 0.2%	238.5
생식 + 베리복합추출물분말 0.2%	246.0
생식 + 허브복합추출물분말 0.2%	272.4

- 상기의 생식 제품이 hexanal 발생의 억제 정도를 확인하기 위하여 상기 3종의 생식을 6 0°C에서 6주간 보관하면서 hexanal의 발생 정도를 확인한 결과는 Table 15와 같음

Hexanal content (mg/kg)				
storage period (weeks)	food additives			
	생식	댕댕이 추출물0.2%	허브복합 추출물0.2%	베리복합 추출물0.2%
0			8.42	
2	10.75	10.26	9.45	9.70
4	14.80	13.35	12.15	13.95
6	19.51	17.76	14.90	16.54

- Hexanal의 함량 변화에서 생식 제품은 고온에서 6주간 보관시 19.51 mg/kg까지 증가하였으나 각 항산화 추출물을 첨가하였을 때는 hexanal 함량이 모두 감소하여 항산화 활성을 가진 식품 원료를 이용함으로써 hexanal에 의한 산패취 발생을 감소 시킬 수 있는 가능성이 높은 것으로 판단되었음
- 특히, 항산화력이 가장 높았던 허브 복합 추출물은 6주 보관시 15.90 mg/kg으로 가장 낮은 hexanal 함량을 나타내었으며, 이를 통해 방사선 조사시에도 hexanal 함량 감소를 통한 유통기한 증대에 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 판단됨
- 상기와 같이 등글레, 루이보스, 산수유를 주성분으로 하여 제조된 복합허브추출부말을 첨가하였을 때 가장 높은 총항산화력을 나타내어 허브추출물분말을 가장 우선적으로 첨가할 항산화제로 선별한 후 5.0 kGy와 7.5 kGy에서 품질 유지 기한을 확인한 결과는 Table 16와 같이 나타났음

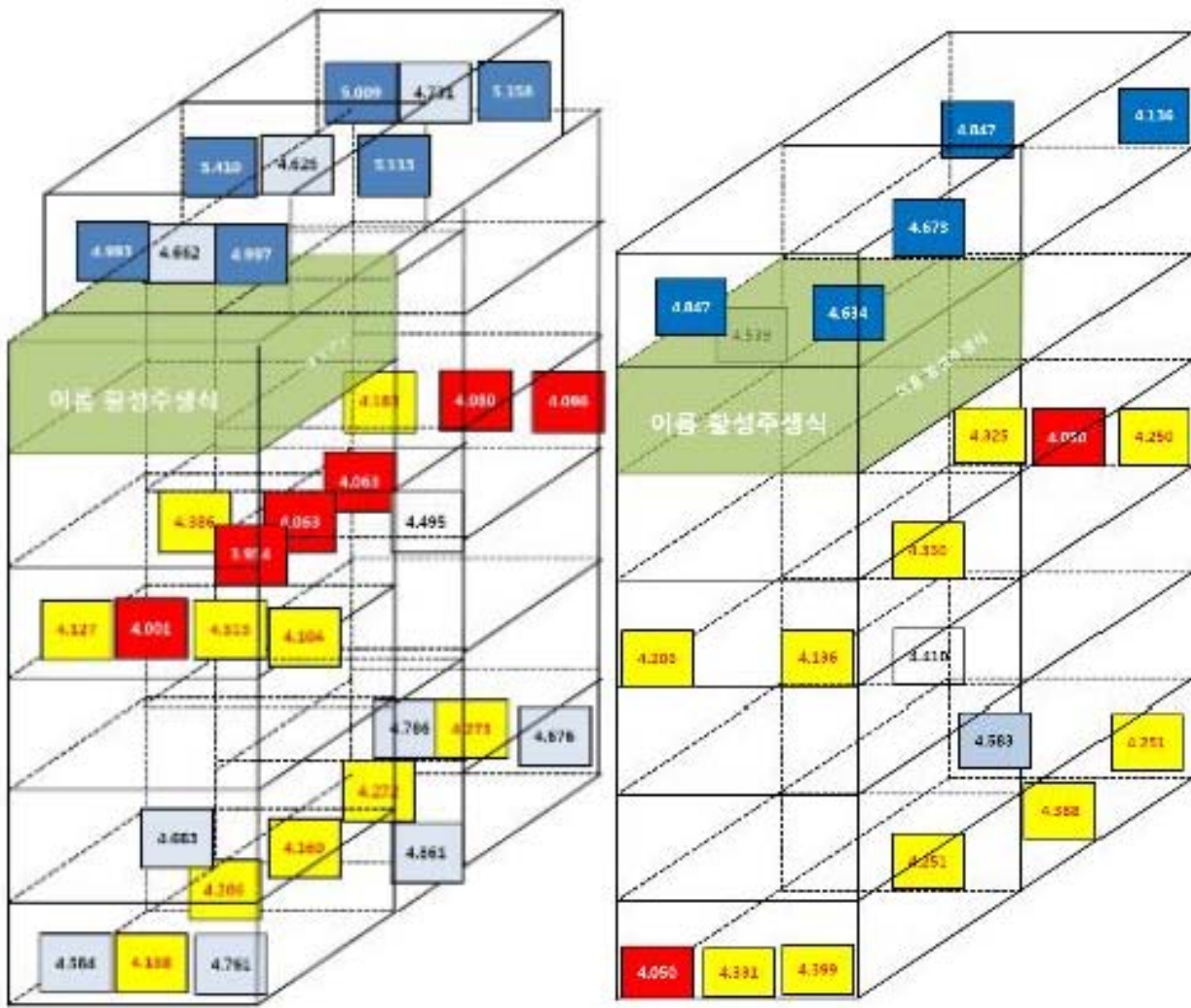
Table. 15 항산화력이 강화 된 생식 제품의 품질 유지 기한 변화

품질유지기한 (개월)	Quality limit	0	5.0.	7.5	
관능검사 (7점 척도)	Color	4	14.6	9.0	5.1
	Flovor	4	15.1	9.2	5.0
	Taste	4	14.0	10.1	6.2
	Total	4	15.2	9.5	5.4
색상 변화( $\Delta E$ )	4.6	14.5	9.8	5.0	
Hexanal (ppm)	20	18.0	8.6	5.0	
수분 (%)	8	64.8	55.2	60.4	
예상품질유지기한	-	14.0	8.6	5.0	

- 상기에서 선발 된 허브추출복합분말을 0.2% 첨가한 후 5.0 kGy와 7.5 kGy를 조사하 후 품질 유지기한을 관찰한 결과 .50 kGy에서는 8.6개월 7.5 kGy에서는 5.0개월을 나타내었 으며, 안전계수를 감안할 때 각각 7.9개월, 4.5개월로 나타났음
- 따라서, 생식을 방사선 조사 살균 후 중국에 수출시 수출기관과 현지 유통 기간, 그리고 소비자 섭취 기한을 감안하여 최소 8개월의 품질유지기한이 필요하였을 때 5.0 kGy로 방사 선 조사 살균시 허브추출물분말의 0.2% 첨가로 유통기한 증대 효과를 통해 수출시 상품으 로서의 적합할 것으로 판단되었음

3) 포장방법에 따른 품질유지기한의 차이 설정

- 포장재질에 따른 방사선 조사 살균 효과를 확인하기 위하여 Aluminum 층이 포함된 PE재 질의 포장재와 종이로 이루어진 종이 포장재간의 방사선 조사에 의한 차이점을 확인하기 위하여 상업적으로 방사선 조사를 실시하고 있는 여주의 업체에서 각 포장재를 살균기에 적재한 후 위치별로 조사 된 방사선의 양을 확인하였음
- 방사선양의 측정은 alanin 이 함유 된 probe를 각 포장재 넣은 후 5.0 kGy의 방사선 조사 를 실시하고 probe를 회수 한 후 첨단방사선연구소의 협조를 통해 조사선량을 확인하였으 며, 그 결과는 Fig. 1과 같음



< Aluminum 포장재 >

< 종이 포장재 >

Fig 1 포장재별 방사선 조사 선량의 측정

- 포장재별로 방사선 조사 선량을 확인 한 결과 위치별로 차이가 있으나 전반적으로 약 4.8 kGy에서 4.7 kGy로 실제 조사선량을 나타내고 있어, 포장재별로 차이는 없는 것으로 확인되었는데 이것은 방사선 조사 살균에 사용 되는 Co-60에서 유래 되는 감마 선의 무파괴력이 우수하여 포장재에 따른 차이는 없는 것으로 확인되었음
- 또한 포장재별로 피수 된 제품을 60℃에서 6주간 보관하며 hexanal 함량을 측정한 결과는 Table 16과 같이 나타났음

Table 16. 포장재에 따른 품질열화 속도의 비교

Hexanal content (mg/kg)		
storage period (weeks)	food additives	
	알루미늄 포장재	종이 포장재
0	9.62	
2	10.94	11.20
4	13.57	12.85
6	14.25	14.94

- 포장재에 따른 hexanal의 함량 차이는 미미한 것으로 나타났으며 이것은 포장재에 따라 품질유지기한의 차이가 나지 않는 것으로 판단되었으며, 산패 억제를 위해서 산소 투과가 어려운 알루미늄 포장재가 품질 유지기한 증대에 더 낫을 것으로 가설과는 반대되는 결과였으나, 장기적으로 알루미늄 포장이 산소 투과율이 낮을 것으로 판단되어 제품의 생산에는 알루미늄 포장재를 사용하는 것으로 결정하였음

### 3절 생식 제품의 방사선 살균시 미생물 상한 한계 기준의 설정

#### 1) 미생물 오염도 별 각 선량에서의 살균 효과 검증

- 생식의 총세균의 경우  $10^4 \sim 10^6$  정도로 다양한 오염도를 보이고 있으며, 또한 연간 수치 중 최고 수치의 경우  $10^7$ 에 달하는 경우도 있는데, 이 경우 생식에 사용되는 농산물 원료의 재배작황 등에 따라 다양한 경우를 보이는 것으로 판단됨
- 따라서, 중국 규격에 해당되는 균류를 배양한 후 생식 분말과 혼합하여 특정 농도의 오염도를 만들어 낸 후 선량별 살균 효과를 조사함으로써 방사선 조사 살균 선량의 최저 조건을 확인할 수 있을 것으로 판단됨
- 따라서, 생식으로부터 분리된 일반세균 1종, 대장균군 1종, 진균류 1종, *Bacillus cereus* 1종을 별도로 배양한 후 동결건조하여 분말화 하고, 해당 분말의 미생물 농도를 확인한 후 각 농도별로 생식에 혼합하여 총 4종의 시료를 제작하였으며 그 내용은 Table 17과 같음

Table 17. 각 농도별로 오염시킨 고오염 시료 및 고오염 시료의 분석 결과

오염시료	Microbes (log CFU/g)			
	총균수	Coliform group	진균류	<i>Bacillus cereus</i>
1	8.4±0.6	6.2±0.4	4.5±0.7	5.1±0.4
2	7.5±0.4	5.5±0.7	3.0±0.9	3.8±0.6
3	6.5±0.3	4.4±0.9	2.5±0.4	3.2±0.4
4	5.2±0.5	3.1±0.4	1.4±0.9	2.5±0.5

- 상기의 각 시료를 2.5 kGy, 5.0 kGy, 7.5 kGy, 10.0 kGy로 조사 처리한 후 미생물의 저감화 현상을 살펴본 결과는 Table 18~21과 같음

Table 18. 고오염 시료(1) 를 이용한 조사선량별 살균효과

Irradiation dose (kGy)	Microbes (log CFU/g)			
	총균수	Coliform group	진균류	<i>Bacillus cereus</i>
0	8.4±0.6	6.2±0.4	4.5±0.7	5.1±0.4
2.5	5.2±0.6	5.1±1.0	3.1±0.4	4.4±1.1
5.0	3.5±0.8	2.5±0.4	1.4±0.5	4.1±0.5
7.5	<b>1.4±0.1</b>	1.5±0.1	<b>ND</b>	2.1±0.9
10	<b>ND</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	ND

Table 19. 고오염 시료(2) 를 이용한 조사선량별 살균효과

Irradiation dose (kGy)	Microbes (log CFU/g)			
	총균수	Coliform group	진균류	<i>Bacillus cereus</i>
0	7.5±0.4	5.5±0.7	3.0±0.9	3.8±0.6
2.5	4.9±0.8	4.7±0.7	1.4±0.7	2.1±0.9
5.0	3.8±0.4	3.4±0.8	<b>&lt; 10</b>	1.6±0.4
7.5	<b>2.1±0.5</b>	1.9±0.4	<b>ND</b>	ND
10	<b>ND</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	ND

Table 20. 고오염 시료(3) 를 이용한 조사선량별 살균효과

Irradiation dose (kGy)	Microbes (log CFU/g)			
	총균수	Coliform group	진균류	<i>Bacillus cereus</i>
0	6.5±0.3	4.4±0.9	2.5±0.4	3.2±0.4
2.5	4.1±1.1	2.2±0.5	<b>&lt; 10</b>	2.1±0.9
5.0	<b>2.0±0.5</b>	1.7±0.1	<b>&lt; 10</b>	1.6±0.4
7.5	<b>&lt; 10</b>	<b>1.0±0.4</b>	<b>ND</b>	ND
10	<b>ND</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	ND



Table 21. 고오염 시료(4) 를 이용한 조사선량별 살균효과

Irradiation dose (kGy)	Microbes (log CFU/g)			
	총균수	Coliform group	진균류	<i>Bacillus cereus</i>
0	5.2±0.5	3.1±0.4	1.4±0.9	2.5±0.5
2.5	4.1±1.1	2.2±0.5	< 10	2.1±0.9
5.0	<b>2.0±0.5</b>	<b>1.2±0.1</b>	< 10	1.6±0.4
7.5	< 10	<b>1.0±0.4</b>	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND

- 고오염 시료를 이용한 살균 효율 시험 결과에서 일반세균 8 log, 대장균군 6 log 이상이 오염된 시료에서는 10 kGy의 조사선량에서 중국 수출용 생식 규격에 적합한 것으로 나타났으며, 반세균 7 log, 대장균군 5 log 이상이 오염된 시료에서는 7.5 kGy의 조사선량에서 안정적인 것으로 나타났음
- 비교적 저오염 시료인 일반세균 6 log, 대장균군 4 log 오염 시료에서도 안정적인 살균을 위해서는 7.5 kGy의 값이 필요하였으나, 일반세균 및 진균류 부분에서는 5.0 kGy에서도 안정적인 값을 나타내어 대장균군을 보다 저감화 할 수 있을 시 5.0 kGy에서도 충분한 살균 효과를 보일 수 있을 것으로 판단되었음
- 저오염 시료인 일반세균 5 log, 대장균군 3 log의 오염에서는 5.0 kGy에서도 중국 규격에 적합한 값을 보이는 것으로 나타내어 생식 제품의 최초 미생물 저감화시 5.0 kGy에서도 안정적으로 중국 수출에 대한 규격을 맞출 수 있을 것으로 판단되며, 2.5 kGy에서는 중국 규격에 적합하지 않아 생식 제품의 최소 조사 선량은 5.0 kGy 이상으로 설정하여야 하는 것으로 추정됨

2) 생식 제품의 상한 한계기준 설정을 위한 생식 제조 공정별 미생물 오염도 분석

- 생식 제품의 방사선 조사 살균을 위해서 조사 선량 중 낮은 선량으로 조사를 하여야 품질의 유지에 유리한 면이 있기 때문에 최소 선량을 조사하기 위해서는 생식 제품의 미생물의 오염 수준을 낮추어야 함
- 따라서, 생식 제조 공정 중 미생물을 저감화 할 수 있는 포인트를 확인하기 위하여 생식 원료의 동결건조 공정중의 미생물 오염 변화를 확인하고자, 생식 원료중 가장 많은 배합비율을 가진 현미 및 케일을 이용하여 제조 공정(Table 22)중의 오염도 변화를 측정한 결과는 Table 23~24와 같음

Table 22. 동결건조 분말 제조를 위한 생식의 제조 공정

제조 공정	제조 방법
원물	육안으로 이상이 없고, 해충의 침식이나 곰팡이가 슬지 않은 원료 선별
1차세척	원료를 흐르는 물에 5분간 세척
침지	곡류를 3배수의 물에 담그어 12시간 이상 침지 (곡류에 한함)
소독	침지수를 제거하고 150 ppm의 차아염소산나트륨으로 소독
2차 세척	흐르는 물에 5~10분간 세척 (차아염소산나트륨 제거)
동결건조	원물은 -20℃ 이하에서 동결한 후 18기간 동안 동결건조
분쇄	동결건조 된 원물을 분쇄기를 이용하여 60 mesh 이하로 분쇄

Table 23. 현미의 제조 공정중 미생물의 변화

제조 공정	Microbes (log CFU/g)		
	총균수	Coliform group	진균류
원물	$1.5 \times 10^7$	$6.7 \times 10^3$	$8.7 \times 10^3$
1차세척	$1.4 \times 10^7$	$6.0 \times 10^3$	$1.6 \times 10^3$
불림	$6.1 \times 10^7$	$3.1 \times 10^5$	$3.6 \times 10^2$
소독	$1.3 \times 10^6$	$1.9 \times 10^4$	$2.0 \times 10^2$
2차 세척	$2.7 \times 10^5$	$5.3 \times 10^3$	$2.0 \times 10^2$
동결건조	$1.2 \times 10^5$	$6.6 \times 10^3$	$1.8 \times 10^2$
분쇄	$1.7 \times 10^5$	$7.2 \times 10^3$	$2.4 \times 10^2$

Table 24. 케일의 제조 공정중 미생물의 변화

제조 공정	Microbes (log CFU/g)		
	총균수	Coliform group	진균류
원물	$6.5 \times 10^6$	$9.3 \times 10^4$	$8.7 \times 10^3$
1차세척	$4.9 \times 10^6$	$5.2 \times 10^4$	$1.6 \times 10^3$
소독	$1.3 \times 10^5$	$2.8 \times 10^3$	$2.0 \times 10^2$
2차 세척	$5.4 \times 10^5$	$5.4 \times 10^3$	$2.0 \times 10^2$
동결건조	$2.5 \times 10^5$	$3.3 \times 10^3$	$1.8 \times 10^2$
분쇄	$3.7 \times 10^5$	$1.2 \times 10^3$	$2.4 \times 10^2$

- 현미 분말의 생산공정상에서 일반세균수는 1차세척에 의해서 거의 변화가 나타나지 않았으며, 2차 차아염소산수에 의한 소독 과정에서 약 1 log 정도의 감소가 나타났고, 이후 2차 세척에서 1 log정도가 감소 되어 최초 원물대비 약 2 log 정도의 감소가 나타난 것으로 보이며 최종 균수는 중국 규격에 일부 상회 되어 부적합 함
- 대장균군의 경우 제조 공정 중 침지 공정에서 증가가 나타났으며, 소독/2차 세척 공정을 통해 최종적으로 2 log 정도의 숫자를 나타내어 역시 중국 규격에 부적합 한 상태였으며, 진균류 역시 중국 규격에 부적합 한 상황임
- 케일 분말의 생산공정상에서 현미와 동일하게 최종적으로 나타난 동결건조 분말의 경우 모두 중국 규격에 적합하지 않으며, 7.5 kGy 이상의 방사선 조사 살균이 필요한 미생물 분석 수치가 나타났음
- 인위적으로 오염 시킨 생식 제품의 방사선 조사의 결과와 같이 일반 세균은 약 5 log, 대장균군은 3 log 정도에서 5.0 kGy의 방사선 조사 살균에 유효한 것으로 나타났으며, 동결건조 현미의 제조 공정별 결과에서와 같은 숫자는 5.0 kGy에서는 유효한 살균 효과를 얻기가 어려울 것으로 판단되어 추가적으로 제조 공정상에서 5.0 kGy로 살균 효율을 얻을 수 있는 미생물 저감화 공정이 필요 할 것으로 판단되었음

3) 각 원료별 제조 공정에 따른 미생물 저감화

- 5.0 kGy에 적합하도록 미생물 수준을 낮추기 위하여 생식의 제조 공정에 따른 미생물 저감화 공정이 추가로 필요하여 전체 생식의 제조 공정 (Fig. 2)에서 미생물 저감화 공정이 가능한 공정을 추가로 검토하였음

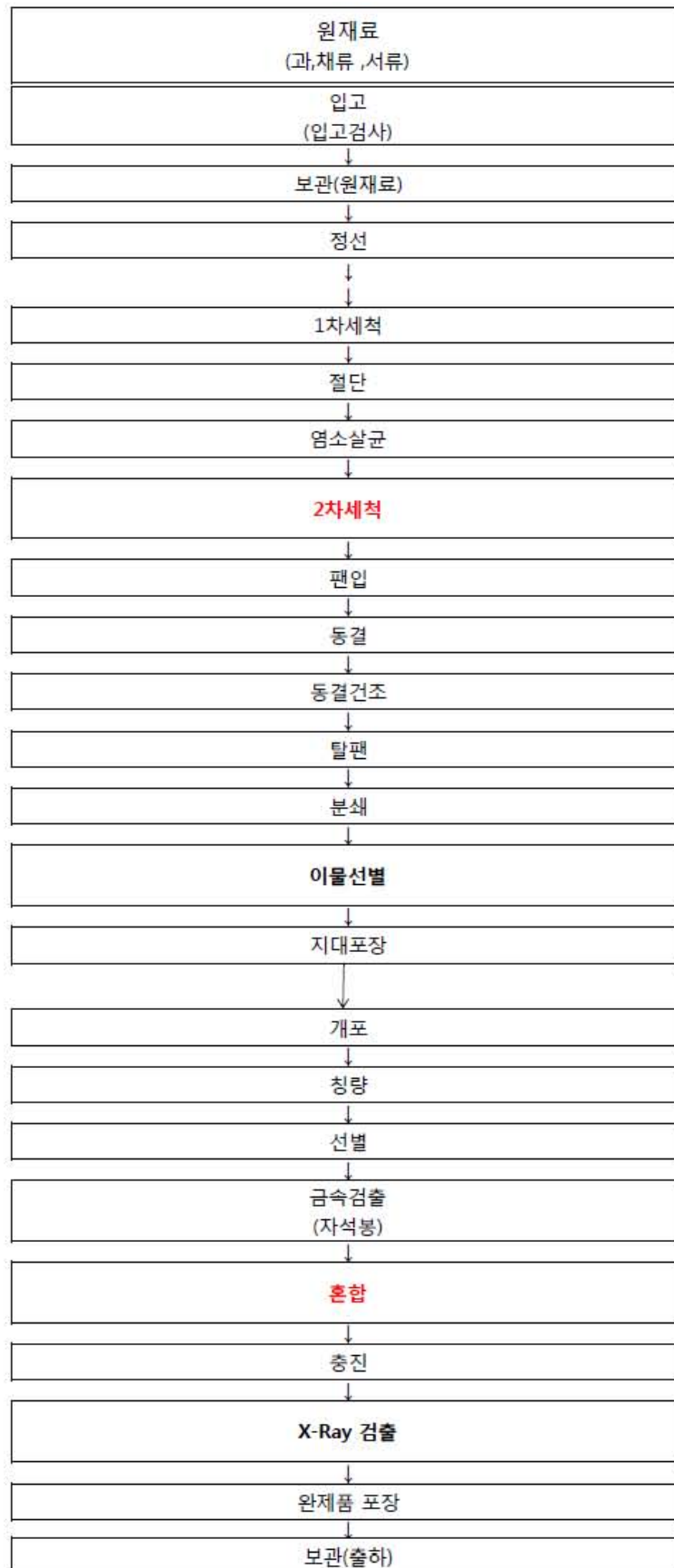


Fig 2. 생식의 전체 제조 공정

- 상기의 제조 공정 중 염소 살균을 제외하고 전체적으로 1-2 log의 미생물 감소를 위하여 제조공정중 2차세척의 강화와 혼합공정중 UV 살균에 대한 검증을 진행하여 미생물 감소를 위한 제조 공정을 설정하고자 하였음
- 현재 2차 세척은 5분정도 흐르는 물에 세척하는 것으로 설정 되어 있으나, 이는 염소 살균 후 잔류 염소를 제거하기 위한 공정으로 실제 미생물 저감화에 대한 기능은 사전 조사 결과에서 크지 않은 것으로 나타났음
- 현재 세척 공정에 의한 미생물 저감화는 배추 김치의 배추 세척 공정에서 적용되고 있으며, 미생물 저감화를 위하여 약 원물에 2~3배수의 흐르는 물로 세척하는 것으로 적용되고 있어, 이를 생식 공정에 적용하고자 하는 연구를 수행하였으며, 생식 제조 공정 중 2차 세척 공정에 대해서 투입 된 원물의 곡류는 1배~3배, 엽채류는 3배~9배까지의 유량계를 통하여 물을 흘리면서 미생물의 세척 효과에 대해서 검증한 결과는 Table 25~26과 같음

Table 25. 곡류 원료의 2차 세척 조건에 따른 미생물 저감화

원료명	세척조건	세척효과				
		총세균수	Coli form Group	진균류	<i>E.coli</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
현미 1차	세척전	$3.7 \times 10^6$	$3.7 \times 10^3$	$1.7 \times 10^3$	ND	ND
	1배	$2.6 \times 10^6$	$1.5 \times 10^3$	$6.4 \times 10^2$	ND	ND
	2배	$1.5 \times 10^5$	$6.2 \times 10^2$	$2.0 \times 10^2$	ND	ND
	3배	$1.8 \times 10^5$	$2.8 \times 10^2$	$1.5 \times 10^2$	ND	ND
현미 2차	세척전	$1.0 \times 10^5$	$2.4 \times 10^3$	$7.2 \times 10^2$	ND	ND
	1배	$2.1 \times 10^5$	$1.2 \times 10^3$	$3.5 \times 10^2$	ND	ND
	2배	$1.6 \times 10^4$	$3.6 \times 10^2$	$8.9 \times 10$	ND	ND
	3배	$1.2 \times 10^4$	$2.2 \times 10^2$	$5.5 \times 10$	ND	ND
보리 1차	세척전	$\leq 10^6$	$4.5 \times 10^4$	$5.2 \times 10^3$	ND	ND
	1배	$3.5 \times 10^6$	$6.0 \times 10^3$	$7.0 \times 10^2$	ND	ND
	2배	$5.7 \times 10^5$	$8.8 \times 10^4$	$4.8 \times 10^2$	ND	ND
	3배	$4.5 \times 10^4$	$4.6 \times 10^3$	$2.2 \times 10^2$	ND	ND
보리 2차	세척전	$\leq 10^6$	$7.4 \times 10^4$	$6.4 \times 10^3$	ND	ND
	1배	$3.5 \times 10^5$	$1.3 \times 10^4$	$1.0 \times 10^3$	ND	ND
	2배	$4.3 \times 10^4$	$4.2 \times 10^3$	$5.3 \times 10^2$	ND	ND
	3배	$1.8 \times 10^4$	$5.0 \times 10^2$	$4.6 \times 10^2$	ND	ND

Table 26. 엽채류 원료의 2차 세척 조건에 따른 미생물 저감화

원료명	세척조건	세척효과				
		총세균수	Coli form Group	진균류	<i>E.coli</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
케일 1차	세척전	$1.2 \times 10^4$	$2.9 \times 10^2$	$3.1 \times 10^2$	ND	ND
	3배	$2.8 \times 10^4$	$1.4 \times 10^2$	$4.4 \times 10^2$	ND	ND
	6배	$2.6 \times 10^3$	$7.8 \times 10$	$1.6 \times 10^2$	ND	ND
	9배	$1.2 \times 10^3$	$3.5 \times 10$	$1.2 \times 10^2$	ND	ND
케일 2차	세척전	$8.0 \times 10^5$	$5.7 \times 10^3$	$4.5 \times 10^2$	ND	ND
	3배	$2.0 \times 10^5$	$3.3 \times 10^3$	$1.9 \times 10^2$	ND	ND
	6배	$3.1 \times 10^4$	$7.0 \times 10^2$	$7.4 \times 10$	ND	ND
	9배	$3.0 \times 10^4$	$5.0 \times 10^2$	$4.5 \times 10$	ND	ND

- 상기의 결과에서 확인하였을 때 곡류, 엽채류 모두 2차 세척의 시간을 증대와 유량의 증가를 통해 미생물의 저감화 효과가 나타나는 것으로 확인되었으며, 반복 시험시 유사한 효과가 있는 것으로 나타났음
- 곡류의 경우 원물 투입량의 3배수를 투입하였을 때 1.0 ~ 1.5 log 정도의 미생물 저감화 효과가 관찰 되었으며, 이는 보리와 현미 모두에서 유사한 수치로 관찰 되었음
- 케일의 경우 6배수정도의 투입량을 하였을 때 총세균수, 대장균군, 진균류의 1 log 정도의 미생물 저감화 효과가 있는 것으로 확인되었으며, 9배수의 유량을 통과시켰을 때 6배수와 큰 차이가 나타나지 않는 것으로 확인되었음
- 따라서, 중국 수출용 생식의 미생물 저감화를 위해서 동결건조 원료의 제조시 곡류는 약 3 배수, 엽채류는 약 6배수의 물을 통한 세척을 통해 1 log 이상의 미생물 저감화 효과를 얻을 수 있을 것으로 보이며, 이후 동결건조-분쇄 공정에서 미생물의 변화가 거의 없는 것으로 판단할 때 본 공정을 적용함으로써 5.0 kGy로의 방사선 조사 살균에 유효한 미생물 수치를 얻는데 도움이 될 수 있을 것으로 판단됨
- 생식은 동결건조 원료 이외에도 외부로부터 상온건조, 열풍건조 된 원료의 혼합으로 제조되기 때문에 타 원료로부터 유래 되는 미생물의 영향이 있을 것으로 판단되어 추가적으로 생식 제조 공정 중 비가열 살균이 가능한 혼합공정중 혼합기에 UV 등을 설치하여 추가적으로 미생물 저감화 가능성을 확인하고자 하였음
- 주관기관에서 제조하고 있는 생식 제품 중 2종에 대해서 UV 조사에 의한 미생물 저감화

효과를 3반복으로 관찰한 결과는 Table 27~28과 같음

Table 27. 혼합 공정중 UV 조사에 의한 미생물 저감화 효과

B A T C H	조사 시간	조사효과 (log CFU)				
		Total Plate Count	<i>Coli from groaup</i>	진균류	<i>E.coli</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
1	0	5.7	3.7	2.5	ND	ND
	5	5.1	3.5	2.2	ND	ND
	10	4.9	3.1	2.3	ND	ND
	15	4.7	2.7	2.1	ND	ND
	20	4.7	2.8	2.1	ND	ND
2	0	5.7	3.7	2.5	ND	ND
	5	4.8	3.3	2.4	ND	ND
	10	4.8	2.6	2.1	ND	ND
	15	4.4	2.7	1.8	ND	ND
	20	4.4	2.7	2.0	ND	ND
3	0	5.7	3.7	2.5	ND	ND
	5	4.5	3.3	2.2	ND	ND
	10	4.2	3.0	2.1	ND	ND
	15	4.1	2.6	2.1	ND	ND
	20	4.1	2.9	1.9	ND	ND

Table 28. 혼합 공정중 UV 조사에 의한 미생물 저감화 효과

B A T C H	조사 시간	조사효과 (log CFU)				
		Total Plate Count	<i>Coli from groaup</i>	진균류	<i>E.coli</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
1	0	5.4	3.1	2.0	ND	ND
	5	5.1	2.7	1.6	ND	ND
	10	4.7	2.2	1.5	ND	ND
	15	4.4	2.3	1.7	ND	ND
	20	4.5	2.3	1.6	ND	ND
2	0	5.4	3.1	2.0	ND	ND
	5	4.9	2.5	1.5	ND	ND
	10	4.5	2.5	1.5	ND	ND
	15	4.2	2.6	1.5	ND	ND
	20	4.5	2.3	1.4	ND	ND
3	0	5.4	3.1	2.0	ND	ND
	5	4.8	2.8	1.8	ND	ND
	10	4.7	2.4	1.5	ND	ND
	15	4.2	2.4	1.3	ND	ND
	20	4.6	2.2	1.4	ND	ND

- 최종 혼합 되는 생식에서 UV 조사 살균에 의한 효능을 관찰한 결과 2종의 생식 모두에서 UV 조사 시간 5분에서 15분사이에 미생물의 저감화가 확인되었으며, 약 0.7 ~ 1.0 log 정도의 미생물이 저감화 될 수 있는 것으로 확인되었음
- 2종의 생식이 5.0 kGy 살균에서 최초 값은 대장균군 및 일반세균에서 5.0 kGy의 살균으로 충분한 효과를 낼 수 없는 수치이나 혼합 공정중 UV로 10분 이상 조사한 경우에는 5.0 kGy로 살균 효과를 낼 수 있는 수치로 나타나 UV 조사 살균 공정의 도입이 방사선 조사 선량을 낮출 수 있는 효과가 있는 것으로 최종 확인되었음
- 따라서, 중국 수출용 생식을 위해서 생식의 제조 공정 중 원물의 2차 세척 및 혼합 시 UV 살균을 포함하여 새로이 제조 공정을 확립하였으며, 그 세부적인 내용은 다음과 같음



## 4절 방사선 조사 살균에 따른 영양소 및 기능성분 소실 검증

- 살균을 위한 방사선 조사 시 방사선에 의한 에너지의 공급은 식품 성분들의 변성을 유도하며, 식품의 품질 열화를 촉진시키게 됨
- 특히, 방사선 조사는 산소에 에너지 준위를 높혀 산소를 활성화 시켜 활성산소종을 유도하고, 활성산소종은 지방산의 산패, 항산화 비타민의 감소 등을 유발시킴으로서 식품에 방사선 조사 시 식품 성분의 변화를 다양하게 유도할 수 있음
- 본 연구개발에서 방사선 조사 살균 시 나타나는 영양소의 파괴를 확인하기 위하여 최종적으로 결정된 조사 선량인 5 kGy하에서 생식의 중요 영양성분의 변화를 확인하여 생식의 품질 열화의 정도를 확인하였음
- 방사선 조사 살균 후 영양성분의 함량을 분석한 결과 5.0 kGy의 조사 후 비타민 성분등이 전반적으로 감소하는 모습을 나타내었으며, 이를 반영하여 차후 중국 수출용 생식 제품의 영양성분 강황에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단됨

Table 29. 방사선 조사 살균 후 영양성분의 변화

항목	단위	0 kGy 함량	5 kGy 함량
비타민A	ug RE	400.0	387.0
비타민E	mg $\alpha$ -TE	9.4.	8.5
비타민C	mg	55	50
철	mg	2.1	1.9
칼슘	mg	352.4	370.0
아연	mg	3.7	3.7
비타민B1	mg	0.1	0.1
비타민B2	mg	0.4	0.3
비타민B6	mg	0.3	0.3
나이아신	mgNE	8.8	8.4
엽산	ug	40.5	42.6
비타민D	ug	4.0	3.0
엽록소	mg/100g	6.40	5.90

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

평가의 착안점	개발목표	달성율(%)	개발결과
중국 고체음료 규격에 적합한 생식 살균 조건 설정 <sup>1)</sup>	최적 조사선량 설정	100	최소 조사선량 확인 중국 규격 적합성 확인
최대 살균 한계량 설정	4종 미생물에 대한 한계량 설정	100	미생물 종별 선량별 살균 효과 검 완료
원료별 최대 살균 한계량의 설정	4종 이상 원료에 대한 한계기준 설정	100	오염도별 최대 조사선량 확인
조사 후 품질유지기한 증대 여부	조사 공정 후 8개월	100	품질유지기한 8개월 확보
중국 규격 적합성 여부	적합	100	중국 정식 통관

## 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

- 본 연구를 통해 개발된 방사선 조사 살균 및 살균을 위한 생식 제품의 제조 공정의 개선 등을 통하여 중국의 식품 규격 체계하에서 국내 생식 제품의 방사선 살균을 통한 정식 통관의 성과를 이루었음
- 방사선 조사 살균시 중국 통관을 위해서 수반 되었던 유통기한의 감소를 극복하여 8개월 이상의 유통기한을 확보하여 중국내에서의 성공적인 유통이 가능하도록 함
- 차후 방사선 조사 살균 기술을 이용하여 중국내로의 다양한 생식 제품의 유통을 가능하도록 하였으며, 이외에도 미생물 규격으로 인하여 수출이 부진하였던 동남아 및 일본으로의 수출을 진행 할 수 있도록 본 연구개발의 성과를 활용할 계획임

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### 1. 중국의 식품 규격 체계

- 중국의 식품 규격 체계는 크게 1) 업체 표준, 2) 업계 표준, 3) 국가 표준의 3단계로 구성되어 있어 식품위생법 산하의 식품공전에 통일적으로 식품 규격이 정해진 국내와는 큰 차이를 보임
- 업체 표준은 각 생산 기업이 자체적으로 설정한 기준규격을 각 성의 위생국에 등록함으로써 설정되며, 대부분 국가 표준에 설정되어 있는 기준규격을 근거로 하여 변형된 식품 표준을 설정하는데 사용되고 있음
- 업체 표준의 등록은 각 성의 위생국이 전문가 및 자체 심의회를 거쳐서 허가되며, 허가된 표준은 중국 각 성내에 동일하게 적용되게 되나 국가간의 거래에는 적용되지 않는 중국 국내 기업에 대한 특혜성 기준 규격이라 할 수 있음
- 업계 표준에서 발전 된 것이 업계 표준으로 동종 산업계가 공동으로 발의하여 등록되는 것으로 중국 중앙의 위생국이 허가권을 가지고 있으며, 한정적으로 국가간 거래에 사용될 수 있는 기준임
- 주로 업계간에 형성된 협회나 협의회를 중심으로 발의되나 대기업의 경우 단독 발의로도 등록이 가능한 것으로 알려져 있음
- 국가표준은 국내 식품위생법의 식품공전에서 정의된 식품 규격과 같이 중국 전역내에 공통으로 적용되는 기준규격이며, 국가간 거래에도 이 기준규격을 기준에 대한 적합성 여부를 판단하게 됨
- 일반적으로 처음 발의에 의해서 국가 표준으로 등록 되기 어려우며, 대부분 업체 표준/ 업계표준 절차를 거쳐서 업계표준으로 등록된 이후 국가 표준으로 확장되는 형태로 진행되는 것이 일반적인 등록 절차임
- 국가표준/업계 표준 등록을 위해서는 해당 기준규격의 적합성과 더불어 안전성에 대한 자료가 제출되어야 하며, 제출된 자료는 각 성의 심의위원회에서 학계, 관계 전문가들에 의해서 심의되고 평가되어져 확정됨

## 2. 중국의 중금속 관리 체계 (동남아 포함)

- 중국의 식품내 중금속 관리 체계는 국내와 항목 설정은 유사하나 항목별 기준 수치의 차이가 일부 존재하고 있음
- 국내 업체에서 주의하여야 할 중금속 항목은 바로 구리(Cu)인데, 국내에서는 일반 영양소로 분류되어 상한선 설치가 되어 있지 않으나, 중국을 중심으로 한 화교권 국가에서는 구리를 중금속으로 분류하고 있으며, 보통 식품내 규격 상한선을 5 ppm으로 규정하고 있는 것이 일반적임
- 국내에서 생식 등 다수의 분말 가공 업체에서는 비타민과 미네랄의 함량을 보정하기 위하여 기 제조된 비타민&미네랄 프리믹스를 사용하는 경우가 많은데 중국 수출용 제작을 위해서 이 믹스내의 구리함량을 확인하여야 할 필요가 있음
- 특히, 생식과 원물로부터 다량의 미량 영양소가 발생하는 식품의 경우 비타민&미네랄의 함량 수치를 비타민&미네랄 믹스로부터 추산하여 최소 평가하는 경우가 많은데, 이 경우 구리 함량이 중금속 상한치를 넘을 수 있어 각별한 주의가 요구됨
- 생식의 경우 생식 자체의 구리 함량이 2~3ppm을 유지하고 있어 규격상 문제는 없으나 일반적인 비타민&미네랄 믹스의 사용시 5 ppm을 초과하는 경우가 발생하고 있어 중국 수출용 생식 제품 개발에는 구리가 제거된 별도의 믹스를 사용하고 있음

## 제 7 장 연구시설·장비 현황

해당 사항 없음

## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 수출전략기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 수출 전략기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.