

제 3차년도  
최종 보고서

전통나물 저장성 확보를 통한  
고품질 비빔밥 편의 제품 개발

Development of High Quality and  
Extended Shelf Life Ready-To-Eat Bibimbap  
through Innovative Namul Processing

주관연구기관  
CJ 제일제당

농림축산식품부

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “전통나물 저장성 확보를 통한 고품질 비빔밥 편의 제품 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2013 년 7 월 30 일

주관연구기관명 : CJ 제일제당

주관연구책임자 : 정 현 응

협동연구기관명 : 강원대학교

협동연구책임자 : 안 주 희

협동연구기관명 : (주) 다손

협동연구책임자 : 조 은 경

# 요 약 문

## I. 제 목

전통나물 저장성 확보를 통한 고품질 비빔밥 편의 제품 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

현재 전처리 식재료의 수요가 늘어나고 있으나 산업적으로 이용되고 있는 식품 보존성 향상을 위한 제어 요소(Time-temperature, pH, Aw, ionic strength, salt, preservative, etc.)만으로는 나물 등 채소 가공품의 고품질 구현에 한계가 있다. 나물 가공 제품의 고품질 구현을 위해서는 기존의 제어 요소 외에 압력(Pressure)을 중심으로 한 새로운 제어 요소가 필요하며 이러한 각각의 허들(Hurdle)을 넘기 위한 통합적 제어 및 관리가 필요한 시점이다.

신선함을 요구하는 소비자의 입장을 고려할 때, 초고압 가공기술(High Pressure Processing; HPP)은 비빔밥 재료의 저장기간의 연장, 고품질 구현 및 안전성 충족을 위한 새로운 가공 기술로 주목받고 있다. 이론적 정립 단계에 있는 초고압 가공 기술의 체계적인 적용 연구와 다양한 내외적 영향인자를 고려한 나물(채소) 가공 기술 확보를 통해 식품 산업 경쟁력을 확보하고자 한다.

또한 즉석에서 가열 취식이 가능한 냉장 유통의 고품질 비빔밥 편의 제품의 개발을 이 연구의 최종목표로 하고자 하였다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

앞의 연구 목표를 달성하고자 주요 나물 스크리닝 후 비빔밥용의 전통 나물 4종을 선별하여 비빔밥용 주요 나물들에 오염되어 있는 미생물을 탐색하였다. 또한 나물의 안전성 확보를 위한 제어 요소를 확립하기 위해 각 나물의 조리가공 방식에 따른 물리적, 미생물적, 관능적 변화를 파악하였으며 pH, 색변화, 수분활성도, 향미생물제를 통한 나물의 이화학적 제어 방법에 대한 실험이 진행되었고 추가적으로 포장방법과 포장 재질에 따른 나물의 저장성을 연구하였다.

Hurdle technology 확보를 통한 고품질 구현을 위해서는 Cook-chill, Sous-vide, Superheated Steam (SHS), High-pressure-processing (HPP)의 전처리 공정 처리를 통한 최적 나물 가공 공정을 연구하고 그에 따른 영양성분 및 품질 변화를 확인하였다. 더불어 Sous-vide & Cook-chill과 초고압 처리의 최적 Combination 조건을 설정하였으며 산도 조절제와 산화방지제, 데치기와 열탕 살균을 통한 나물 가공품의 연구를 진행하였다. 최종적으로 고품질 구현을 위한 최적 프로토콜을 확립하여 최종 Prototype 제품을 개발하고자 하였다.

## IV. 연구 개발 결과

고품질 비빔밥 편의제품 개발을 위해 전통나물의 저장성 확보에 대한 연구가 진행되었다. 현재 시

판되고 있는 비빔밥 편의제품들은 냉장유통제품들로 대부분 유통기한이 1주일 이내였다. 한국의 대표 웰빙 음식인 비빔밥은 한식 세계화를 선도하는 메뉴로 미국, 유럽, 중국, 일본 등의 여러 글로벌 시장에서 매출이 확대되고 있다. 그러나 주원료인 야채 나물류의 저장성 한계로 가공식품화 하기에 여러 애로점이 있어 글로벌 시장 확대에 한계가 있는 실정이므로 가공적성이 우수한 최적의 제조방안을 확보하는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 현재 가공야채의 제조공법은 관능품질 손상을 최소화 할 수 있는 약한 가열 및 건조, 냉동 처리에 한정되어 있다. 가열살균 방법으로는 100℃ 에서의 수습초간 블렌칭 또는 85℃ 후살균이 있는데 마일드한 조건이지만 열에 약한 야채 자체 특성으로 가열에 의한 품질 저하가 일어나고 또 내열성 균의 경우 효과적인 살균효과를 얻기 어려운 편이다. 현재 야채 베이스 가공식품의 가장 보편적인 장기 저장법으로 현재 널리 사용되고 있는 방법인 건조법이다. 상업적 건조법의 대표적인 예가 열풍건조인데 건조 후 맛, 향, 조직감, 색상 등의 관능품질 저하가 급격하고 또 물에서의 가열조리에 의한 복원이 필요한 경우가 많아 사용에 많은 제한이 뒤따른다. 열풍건조의 단점인 향성분의 휘발 또는 분해, 고온에서의 산화작용에 의한 갈변반응과 섬유질, 펙틴질의 상호결합에 따른 표면 변화 등의 화학적, 물리적 변화를 최소화 시킬 수 있는 건조법이 동결건조이지만 물에서의 복원이 꼭 필요하여 편리성이 떨어지며 제조비용도 고가라는 단점이 있다. 냉동야채의 경우도 해동 과정이 필요하고 또 해동시 품질 저하가 수반되며, 운반, 보관 등에서도 편의성이 떨어진다고 할 수 있다.

본 연구의 수행을 위해 나물류의 미생물 분석이 이뤄졌다. 가공나물에서 문제가 될 수 있는 미생물은 *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulism*, *Staphylococcos aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hydrophila*, *Escherichia coli* 0:157, *Bacillus cereus* 등이 있었다.

전통나물의 오염의 원인이 되는 균들을 저해하기 위해 조리방식에 따른 연구, 포장방법 등에 대한 제어 연구, pH 변화를 통한 제어, 갈변제어 등과 같은 이화화학적 저해법에 대한 연구가 진행되었다.

전통나물의 오염의 원인이 되는 균들을 저해하기 위해 전처리 방법, 초고압 살균이 나물의 살균에 주는 영향, 조리방식에 따른 연구, 포장방법 등에 대한 제어 연구, pH 변화를 통한 제어, 갈변제어 등과 같은 이화화학적 저해법에 대한 연구가 진행되었다.

나물의 원물감을 가장 많이 살리고 유통기한을 확보할 수 있는 연구방법으로 전처리를 통한 나물을 포장하여 비가열 초고압 살균을 처리하는 연구를 진행하였다. 전처리 방식으로는 나물을 완조미해서 포장 후 냉각하는 cook-chill방법과 나물을 세척 후 포장하여 열탕살균 하는 sous-vide 방식에 대한 연구가 진행되었다.

포장방법이 최대한 탈기를 많이 하여 진공에 가까워질수록 저해효과가 뛰어났으며 포장의 재질은 크게 영향을 미치지 않았다. pH가 낮을수록 미생물 안정성에 큰 효과를 나타냈으며 sodium ascorbate을 사용하여 갈변되는 것을 제어할 수 있었다. 또한 초고압 살균에 의해 나물의 미생물을 저해시킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 초고압의 적정 압력은 500MPa이 가장 적합했으며 3분 처리시 가장 큰 살균 효과를 보였다. 이 이상의 압력과 처리 시간을 넘어가게 되면 현재 상업적으로 이용되고 있는 초고압 설비의 내구성에 문제를 발생시키므로 적절한 방법이 아니라고 생각된다.

위에서 연구한 여러 가지 방법들은 각각의 장단점이 존재한다. 따라서 이를 적절하게 조화해서 제품을 완성하는 연구가 진행되었다.

가장 적합한 방법으로 나물을 완조미한 뒤 sous-vide 방식으로 1차살균을 진행한 뒤 비가열 초고압 살균을 500MPa에서 3분간 진행하는 방식이었다. 나물마다 그 유통기한이 다르지만 당근은 2주일 이상, 고사리, 시금치의 경우 1주일 정도의 냉장 유통기한을, 그리고 콩나물의 경우 3일 정도의 냉장 유통기한을 나타냈다. 고사리, 시금치, 당근의 경우 본 생산방식이 유통기한 연장에 도움을 줄 수 있었으나 콩나물의 경우 큰 효과가 없었다. 이러한 방식은 제품의 신선도는 최대한으로 유지시

켜 줄 수 있지만 고가의 초고압 설비를 사용하기 때문에 가공비가 많이 들어가서 제품의 단가가 올라가고 냉장 유통기한이 나물에 따라 1~2주정도로 장기유통은 불가능하다. 따라서 제품의 순환주기가 빠른 편의점용 제품에 적합하다고 할 수 있다.

콩나물과 숙주의 냉장유통 제품 개발을 위해 젖산을 활용하여 pH를 조정하고 sodium ascorbate를 활용하여 제품의 갈변을 방지하는 방법에 대한 연구를 진행하였다. 염수에 콩나물과 숙주를 데친 뒤 젖산과 sodium ascorbate를 첨가한 하여 85℃에서 20분간 열탕살균을 진행하였다. 그 결과 조직감이 유지되며 냉장 유통기한 2달이상의 제품을 개발할 수 있었다. 이 방식으로 고구마순과 표고버섯이 혼합된 제품을 개발할 수 있었다. 하지만 열채류의 경우 유통기한의 확보는 가능하나 85℃에서 20분간 살균이 진행되면서 갈변이 발생하여 적합한 생산방식이 아니었다. 이러한 방식은 초고압 제품 정도는 아니지만 조직감을 어느 정도 유지시켜 줄 수 있고 유통기한을 길게 가지고 갈 수 있고 특별한 설비가 필요하지 않아 가공비가 많이 들지 않는 장점이 있다. 하지만 pH가 낮아 최종 제품에 신맛이 발생할 수 있기 때문에 별첨 소스에 중화제가 필요하고 열채류의 가공이 불가능하다는 단점이 있다. 긴 유통기한을 고려할 때 대형마트 경로의 제품이 적합한 방식이라 판단되며 이러한 방식으로 생산된 나물은 비빔밥 등만 아니라 생채소 고품이 필요한 유통기한 두 달 이상의 냉장면 제품에도 포함될 수 있는 유용한 제품이라 생각된다.

나물은 그 각각이 물리·화학적으로 다양한 특성을 지니고 있다. 따라서 각 나물별로 적합한 살균 온도, pH, 초고압 조건 등을 설정하여 최고의 품질을 가진 제품을 생산하는 것이 무엇보다 중요하다 하겠다.

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 초고압 살균을 활용한 나물 생산방법 개발 완료  
산도조절제와 산화방지제를 활용한 나물 가공방법 개발 완료
2. 특허 2건 6월 내 출원 완료
  - 유통기한이 연장된 생나물 고품의 제조방법
  - 초고압을 이용한 야채류 식품의 살균방법
3. 논문 8건(SCI) 게재 완료
4. 본 기술을 활용하여 사업환경을 고려하여 상품화 진행 예정

# SUMMARY

## (영문 요약문)

### 1. Title

Development of High Quality and Extended Shelf Life Ready-To-Eat Bibimbap through Innovative Namul Processing

### 2. The purpose and need of research and development

At present, the demand of an increasing number of preprocessed food ingredients, but it is limited to realize such as high quality vegetables and herbs using control elements (Time-temperature, pH, Aw, ionic strength, salt, preservative, etc.) for improving food preservation.

Out of regard for view of consumers which require freshness, High pressure processing is regarded as new processing technique to provide fresh food with consumers.

The main purpose of this research is to develop high quality and extended shelf life ready-to-eat Bibimbap through Innovative vegetable and herbs processing.

### 3, Content and scope of research and development

After screening of the main herbs for traditional bibimbap, microbial contamination has been studied in herbs. According to the cooking method of herbs, Physical, microbiological and sensory changes were studied. For physicochemical control of the herbs, the study was conducted about pH, color change, water activity, antimicrobial, packing methods and packing materials.

To ensure optimum process, pretreatment process (Cook-chill, Sous-vide, Superheated Steam (SHS), High-pressure-processing (HPP)) was investigated. Processed herbs using pH control agents, antioxidants, blanching and water sterilization were investigated.

### 4. Results of research and development

The closer the vacuum packaging, microbial inhibition was superior and packaging materials were not an important factor. The lower the pH of product, it showed a significant effect on the microbial safety and using sodium ascorbate was able to control the browning effect.

This study was able to confirm that the high-pressure-processing was effect on microbial inhibition. Optimum condition, 3 minutes process time at 500MPa was applied during sterilization process of herbs. Two or more pressure and processing time, it was not adapted method because of problems with the reliability of equipment. Cooked with herbs and then complete sous-vide method, then proceed with non-heat-sterilizedultra-high pressure sterilization methods to proceed for 3 minutes at 500MPa was the most effective.

For the development of cold chain products sprouts, it was studied using lactic acid to adjust pH and sodium ascorbate to prevent browning effect. After blanching sprouts, boiling sterilization was performed for 20 minutes at 85°C by the addition of lactic acid and sodium ascorbate.

As a result, cold chain products which maintain texture before processing and have shelf life

more than two months could be developed.

Each herb has many characteristics of the physical and chemical. Therefore, It is important to set the processing conditions sterilization temperature, pH, and high perssure conditions of herbs by each.

# CONTENTS

## 1. Background and Purpose of the study

- A. The purpose and need for research and development-----11
- B. The content and scope of research and development-----11

## 2. According to processing aptitude screening of traditional herbs for Bibimbap

- A Screening of main herbs of Bibimbap for development of convenience product-----13
  - (1) Survey about regional and seasonal characteristics of herbs for Bibimbap-----13
  - (2) Industrial classification and recipe search about herbs for Bibimbap-----14
  - (3) Market research about product-----17
- B The domestic and foreign materials research on Food Service sector-----34
  - (1) Food Service System-----34
  - (2) Development of technology for mass production flow in Food Service sector-----34
  - (3) Survey of herbs processing technology-----37
- C. Survey of microorganisms contaminated with herbs for Bibimbap-----39
  - (1) Main microorganisms contaminated with fresh herbs-----39
  - (2) Main microorganisms contaminated with cooking herbs-----48

## 3. Establish control element for ensuring the safety of herbs for Bibimbap

- A. Control study on how the cooking process-----49
  - (1) Processing method selection of herbs for cooking bibimbap-----49
  - (2) Physical changes in the way of the cooking process-----55
  - (3) Mictobial changes in the way of the cooking process-----57
  - (4) Sensory changes in the way of the cooking process-----60
- B. Control study in accordance with packing method-----67
  - (1) Research on the selection of packaging materials for B2B herbs-----67
  - (2) Shelf life of herbs in accordance with general packaging and vacuum packaging-----69
  - (3) Shelf life of herbs in accordance with oxygen permeability of the packaging-----70
  - (4) Shelf life of herbs in accordance with moisture permeability of the packaging-----71
- C. Control study in accordance with Physico-chemical methods-----72
  - (1) Control of pH -----72
  - (2) Control of color change-----74
  - (3) Control of water activity-----84
  - (4) Control in according to use of antimicrobial-----89



#### **4. Implementation of high-quality product using Hurdle technology**

A. Research about manufacturing process of herbs in accordance with pre-process-----	98
(1) Cook-chill method-----	98
(2) Sous-vide method-----	105
(3) Superheated Steam (SHS) method-----	112
(4) High-pressure-processing (HPP) method-----	120
(5) Research about nutrition and quality changes in accordance with pre-process-----	139
B. Process development using hurdle technology of cooking processing method and high pressure-	143
(1) Changes of physicochemical-----	144
(2) Changes of Microbial-----	147
(3) Evaluation of microbial death in accordance with pH in high-pressure-----	148
(4) Effect of antimicrobial and acidic condition about microbial death by high pressure----	154
C. Establishment of optimum hurdle process using sous-vide, cook-chill and high pressure--	160
(1) Setting of high pressure-----	160
(2) Correlation of the composition of solution when it is filled with packaging and extension of the storage period by high pressure-----	165
D. Research of processed herbs by pH control agents, antioxidants, blanching, boiling water sterilization-	170
(1) Process conditions setting-----	170
(2) Process optimization-----	177

#### **5. Development industrialization process**

A. Establishment of the final protocol for the implementation of high-quality-----	179
(1) Hurdle process of cooking and high pressure sterilization of herbs-----	179
(2) Establishment of the optimum process by pH control agents, antioxidants and blanching-	183
B. Establishment of business promotion plan by the application of new technology-----	189

# 목 차

## 제 1 장 연구의 배경 및 목적

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성-----	11
제 2 절 연구개발의 내용 및 범위-----	11

## 제 2 장 가공적성에 따른 비빔밥용 전통나물 소재 선별

1. 편의 제품 개발을 위한 비빔밥용 주요 나물 스크리닝-----	13
가. 비빔밥용 주요 나물의 지역적, 계절적 특징 조사-----	13
나. 비빔밥용 전통 나물에 대한 산업적 분류 조리법 탐색-----	14
다. 시판중인 시제품에 대한 시장조사 -----	17
2. Food Service 분야에 관한 국내 외 자료 조사-----	34
가. Food Service System-----	34
나. Food Service 분야에서의 대량생산을 위한 기술 발전 흐름-----	34
다. 나물 가공기술 현황 조사-----	37
3. 비빔밥용 주요 나물들에 오염되어 있는 미생물 탐색-----	39
가. 생채나물의 주요 오염 미생물-----	39
나. 가공나물의 주요 오염 미생물-----	48

## 제 3 장 비빔밥 나물의 안전성 확보를 위한 제어요소 확립

1. 조리 가공 방식에 따른 제어 연구-----	49
가. 비빔밥용 나물의 조리 가공 방식 선정-----	49
나. 조리 가공 방식에 따른 물리적 변화-----	55
다. 조리 가공 방식에 따른 미생물적 변화 -----	57
라. 조리 가공 방식에 따른 관능 변화-----	60
2. 포장 방법에 따른 제어 연구 -----	67
가. B2B 나물용 포장 재질 선택에 대한 조사 -----	67
나. 일반 포장과 진공 포장에 따른 나물의 저장성 -----	69
다. 포장의 산소 투과율에 따른 나물의 저장성-----	70
라. 포장의 수분 투과율에 따른 나물의 저장성-----	71
3. 이화학적 방법에 따른 제어 연구 -----	72
가. pH 제어 -----	72
나. 색변화 제어-----	74
다. 수분활성도 제어-----	84
라. 항미생물제 사용에 따른 제어-----	89

## 제 4 장 Hurdle technology 적용을 통한 고품질 구현

1. 전처리 공정에 따른 최적 나물 가공 공정 연구 -----	98
가. Cook-chill method-----	99
나. Sous-vide method-----	105
다. Superheated Steam (SHS) method-----	112
라. High-pressure-processing (HPP) method-----	120
마. 전처리 공정에 따른 영양성분 및 품질 변화 연구-----	139
2. 조리 가공 방식과 초고압 처리의 Hurdle technology 를 통한 공정 개발-----	143
가. 이화학적 변화-----	144
나. 미생물학적 변화-----	147
다. pH의 영향에 따른 초고압하에서 미생물 사멸 평가-----	148
라. 초고압에 의한 미생물 사멸에 대한 항미생물제와 산성조건의 영향-----	154
3. Sous-vide & Cook-chill과 초고압 처리의 최적 Combination 조건 설정-----	160
가. 초고압 조건 설정-----	160
나. 포장시 충전되는 액의 조성과 초고압살균에 의한 저장기간의 상관관계-----	165
4. 산도조절제와 산화방지제, 데치기와 열탕살균을 통한 나물 가공품의 연구-----	170
가. 각 공정별 조건 설정-----	170
나. 공정 최적화-----	177

## 제 5 장 산업화 공정 개발

1. 고품질 구현을 위한 최종 프로토콜 확립-----	179
가. 나물 완조미와 초고압 살균의 병행처리-----	179
나. 산도조절제 및 산화방지제, 열탕살균을 병행처리한 최적공정-----	183
2. 확보기술을 응용한 사업 추진 계획-----	189

# 제 1 장 연구의 배경 및 목적

## 제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성

최근 우리 전통음식의 국제화에 대한 관심이 높아지면서 편의성을 가지는 비빔밥 제품에 대한 필요성이 높아지고 있다. 비빔밥 제품 개발의 가장 큰 관건은 나물의 저장성과 관능적인 특성에 있다. 현재 시중에 출시되어 있는 제품의 경우 동결건조나 냉동 상태로 유통이 되고 있으며 가열 조리된 제품은 거의 출시가 되지 않거나 유통기한이 2일 정도로 매우 짧다.

나물 가공 제품의 고품질 구현을 위해서는 압력(Pressure)을 중심으로 한 새로운 제어 요소가 필요하며 초고압 가공기술(High Pressure Processing : HPP)은 나물의 저장기간을 연장하고 고품질을 구현하여 비빔밥 편의제품 개발의 토대로 이용할 수 있다.

따라서 비빔밥 재료의 미생물 안전성 확보 및 품질 향상을 위한 새로운 가공 기술을 개발하고 이를 산업적으로 활용하여 고품질 비빔밥 편의제품을 구현하는 것이 연구개발의 주요내용이다.

## 제 2 절 연구개발의 내용 및 범위

앞의 연구 목표를 달성하고자 주요 나물 스크리닝 후 비빔밥용 나물로 고사리, 당근, 시금치, 콩나물을 선별하여 주요 오염 미생물을 탐색하였다. 또한 나물의 안전성 확보를 위한 제어 요소를 확립하기 위해 각 나물의 조리가공 방식에 따른 물리적, 미생물적, 관능적 변화를 파악하였으며 pH, 색변화, 수분활성도, 향미생물제를 통한 나물의 이화학적 제어 방법에 대한 실험이 진행되었고 추가적으로 포장방법과 포장재질에 따른 나물의 저장성을 연구하였다.

Hurdle technology 확보를 통한 고품질 구현을 위해서는 Cook-chill, Sous-vide, Superheated Steam (SHS), High-pressure-processing (HPP)의 전처리 공정 처리를 통한 최적 나물 가공 공정을 연구하고 그에 따른 영양성분 및 품질 변화를 확인하였다. 더불어 Sous-vide & Cook-chill과 초고압 처리의 최적 Combination 조건을 설정하였으며 최종 프로토콜로서 Sous-vide & 초고압 처리를 선택하였다. 미생물 제어가 특히 어려운 콩나물에 대해서는 산도 조절제와 산화방지제, 테치기와 열탕 살균을 통한 나물 가공품의 연구를 추가적으로 진행하였으며 전체적인 연구의 구성과 내용은 다음과 같다.

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2010)	“나물 미생물 생육, 품질 변화 기작 연구”	■ 비빔밥 편의 제품 개발을 위한 품질 요소 규명	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요 나물 스크리닝</li> <li>• 전처리 조건, 압력, 온도, 시간 등 공정 조건 연구</li> <li>• 초고압 실균과 일반 살균 공정 비교</li> </ul>
		■ 초고압과 조리 가공 방식에 의한 비빔밥 품질 변화 기작 연구	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나물 품질 지표 선정과 변화 요인 연구</li> <li>• 조리가공 기술 탐색과 적용</li> <li>• 초고압 가공에 의한 나물 저장성 연구</li> </ul>
		■ 잠재적 유해 미생물 탐색과 최적 사멸 조건 확립	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오염 미생물 탐색</li> <li>• 항미생물제와 산성조건에서의 초고압 살균 특성 연구</li> <li>• 초고압에 의한 미생물 사멸 특성 연구 (Raw &amp; Cooked vegetable)</li> </ul>
2차 년도 (2011)	“미생물 안전성, 고품질 구현을 위한 세부 기술 확보”	■ 미생물 사멸 영향인자 분석	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생채 나물의 주요 오염 미생물에 대한 파악 및 분석</li> <li>• pH의 영향에 따른 초고압 처리에 의한 미생물의 사멸을 평가</li> </ul>
		■ 나물 품질 변화 인자에 근거한 제어 기술 연구	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나물의 품질 보존을 위한 항 미생물 효과 평가 (nisin+allyl thiocyanate, AITC)</li> <li>• 초고압 처리에 따른 나물의 물리적 특성 변화 평가</li> </ul>
		■ 전처리(Pre-treatment), 포장 등을 포함한 최적 나물 가공 공정 연구	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비빔밥 주요 나물의 데치기, 볶기, 과열증기 (SHS) 처리에 따른 품질 제어 특성 탐구</li> <li>• 차별화된 조리가공 기술 적용을 위한 세부 기술 확보 연구 개발</li> <li>• 나물 제품에 맞는 최적의 포장 재질 탐색 및 NY/LLDPE 합성 포장 재질에 대한 평가</li> </ul>
3차 년도 (2012)	“제품 적용을 통한 산업화 공정 개발”	■ 기술 융합을 통한 최적 산업화 공정 확립	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산화방지제, 산도조절제를 활용한 냉장 유통 나물의 개발</li> <li>• 반건조 공정을 통한 이수현상 방지 효과 검증</li> <li>• 시금치 갈변 억제를 위한 첨가물 연구</li> <li>• 전통나물 사업계획서 작성</li> </ul>
		■ Prototype 제품 개발과 평가		
		■ 사업성 및 성공 가능성 평가		

## 제 2 장 가공적성에 따른 비빔밥용 전통나물 소재 선별

### 1. 편의 제품 개발을 위한 비빔밥용 주요 나물 스크리닝

#### 가. 비빔밥용 주요 나물의 지역적, 계절적 특징 조사

비빔밥의 조리법은 지역, 가정, 계절, 시대에 따라 매우 다양하여 각각의 특징을 모두 분석하기에는 시간, 자금, 노동의 양으로 볼 때 무리가 있지만, 현재 비빔밥으로 가장 유명하게 알려진 전주, 진주, 해주의 지역별로 나물 재료와 조리하는 방법으로 이를 요약해 볼 수 있다. 비빔밥에 들어가는 주재료인 나물들에 대한 객관적 자료 확보 및 추후 산업화 나물을 선정하기 위하여 지역 대표 비빔밥 나물 재료를 조사하여 사용 빈도가 높은 대표 나물을 분류하였다.(Table 1, 2)

Table 1. 지역 대표 비빔밥별 나물 재료

종류	나물 재료
전주비빔밥	도라지, 삶은 고사리, 애호박, 당근, 표고버섯, 콩나물, 미나리
평양비빔밥	숙주, 시금치, 도라지, 삶은 고사리, 당근
안동비빔밥	콩나물, 무, 얼갈이 배추, 삶은 고사리, 삶은 고사리, 삶은 토란대, 도라지
해주비빔밥	시금치, 콩나물, 도라지, 삶은 고사리, 삶은 토란대
진주비빔밥	숙주, 시금치, 무, 당근, 삶은 고사리
나주비빔밥	묵은 김치, 콩나물, 도라지, 삶은 고사리, 애호박, 당근, 무, 표고버섯
합평육회비빔밥	애호박, 콩나물, 상추, 깻잎

Table 2. 주요 나물별 사용되는 비빔밥

주요 나물	비빔밥 종류
삶은 고사리	전주비빔밥, 평양비빔밥, 안동비빔밥, 해주비빔밥, 진주비빔밥, 나주비빔밥
도라지	전주비빔밥, 평양비빔밥, 안동비빔밥, 해주비빔밥, 나주비빔밥
당근	전주비빔밥, 평양비빔밥, 진주비빔밥, 나주비빔밥
콩나물	전주비빔밥, 안동비빔밥, 해주비빔밥, 나주비빔밥, 합평육회비빔밥
시금치	평양비빔밥, 안동비빔밥, 해주비빔밥, 진주비빔밥
무	안동비빔밥, 진주비빔밥, 나주비빔밥

전주비빔밥에 들어가는 주재료는 콩나물, 청포묵, 찹쌀고추장, 쇠고기, 육회 (또는 육회 볶음), 미나리, 집장, 참기름, 달걀 등이며 계절마다 다른 부재료로는 깨소금, 마늘, 후추, 시금치, 고사리, 송이버섯, 표고버섯, 숙주나 무생채, 애호박 볶음, 오이채, 당근채, 파, 호도, 밤, 잣, 김, 취나물, 쑥갓, 상치, 은행 등이 쓰인다. 전주비빔밥은 밥을 지을 때 소뼈 육수를 쓰고 뜸을 들일 때 콩나물을 넣어서 콩나물밥을 지어 갖은 나물로 색스럽게 담아내고 황포묵과 육회, 오실과로 멋을 낸다. 곁들이는

국물로는 콩나물국을 쓰고 순창 지역의 찹쌀고추장으로 맛을 낸다. 진주비빔밥은 전주비빔밥과 들어가는 주재료 및 부재료가 비슷하지만 콩나물 대신 숙주나물을 쓰며 해초나물과 해물 보탕국, 그리고 소고기 생육회를 듬뿍 얹혀 내며 선지국물을 사용한다는 것에서 차이가 있다. 끝으로, 해주비빔밥의 주재료는 닭고기, 고사리, 도라지, 미나리, 숙주나물, 송이버섯, 김, 달걀이며, 겨울철 김장김치를 잘게 썰어 솥에 기름을 두르고 펴놓은 다음 쌀을 얹혀서 밥을 지어 양념간장에 비비고 여기에 돼지고기를 넣거나 연하고 살찐 콩나물과 함께 넣으며 국물은 무국을 쓴다는 것이 특징이다.

#### 나. 비빔밥용 전통 나물에 대한 산업적 분류 및 조리법 탐색

산업적 공정 연구개발 과정에서 맛과 품질 확보를 위한 기초 자료로 사용하기 위하여, 비빔밥의 주재료로 사용되는 전통나물들의 보편적인 조리법을 조사, 개선하여 (Table 3)에 정리하였다.

Table 3. 현재 비빔밥의 주재료로 사용되는 전통 나물들의 보편적인 조리법

○ 깻잎나물	
- 연한 들깻잎을 끓는 물에 소금을 조금 넣고 살짝 데쳐서 찬 물에 헹구어 물기를 꼭 짠다.	<b>원료</b> <b>g</b>
- 데친 깻잎에 양념을 넣고 조물조물 무친다.	들깻잎 400
- 달걀 흰자이에 기름을 두르고 양념한 깻잎을 넣어 천천히 볶다가 물을 조금 넣고 부드럽게 볶는다.	국간장 2큰술
* 물을 조금씩 뿌려가며 볶으면 다른 양념의 간이 잘 배어지고 촉촉해서 더 맛있다.	들기름 2큰술
	다진파 1큰술
	깨소금 1큰술
	다진마늘 1작은술
○ 시금치나물	
- 시금치는 다듬어 끓는 물에 소금을 넣고(0.5% 소금물) 뿌리부터 넣어 앞부분이 끓는 물에 잠겨 끓으면 한번만 뒤적여 바로 건진다.	<b>원료</b> <b>g</b>
- 재빨리 찬물에 넣어 식으면 물기를 대강 짜고 등분하여 가볍게 눌러 물기를 짠다.	시금치 300
- 데친 시금치에 나물 양념을 넣고 고루 무친 후 깨소금을 뿌린다.	소금 1
* 시금치를 데칠 때 소금을 조금 넣고 뚜껑을 연 채로 데쳐서 바로 찬물에 헹구야 푸른색이 변하지 않는다.	참기름 3
	다진파 5
	다진마늘 5
	깨소금 1/2큰술
○ 도라지나물	
- 도라지를 짧게 잘라서 소금을 버무리 바락바락 주무른 다음 찬물에 여러 번 헹구어 쓴맛을 빼고 끓는 물에 데친다. (끓는 물 90초)	<b>원료</b> <b>g</b>
- 데친 도라지를 찬물에 헹구어 물기를 짰 뒤 양념을 넣어 조물조물 무친다.	도라지 200
- 냄비에 기름을 두르고 양념한 도라지를 볶다가(90초), 60g의 물을 넣고 뚜껑을 덮어 2분 동안 잠시 익힌 다음 다시 한 번 참기름으로 맛을 낸다.	끓은소금 5
* 도라지는 특유의 쓴맛이 있기 때문에 조리하기 전에 소금으로 주무르거나 소금물에 담가둔다. 간은 주로 소금으로 한다.	다진파 5
	다진마늘 5
	물 60
	참기름 3
	소금 2.5
	식용유 4
○ 고사리나물	
- 24시간 불린 고사리를 끓는 물 50분 동안 삶고 찬물에 헹구어 물기를 꼭 짠다.	<b>원료</b> <b>g</b>
- 고사리에, 마늘, 간장, 파를 넣고 조물조물 무친 뒤 프라이팬에 기름을 두르고 고사리를 2분간 볶다가 물을 넣고 뚜껑을	삶은고사리 175
	국간장 6
	물 50

덮어 중약불로 2분간 뜸을 들인다.  
 - 뚜껑을 열고, 참기름과 소금을 넣고 버무려 준다.  
 \* 고사리는 비린 맛이 있어 다른 나물에 비해 마늘을 넉넉히 넣고 볶아야 한다. 불을 끈 다음에는 뚜껑을 덮어 5분쯤 뜸을 들여야 부드럽고 맛있다.

다진파	5
다진마늘	5
참기름	2
소금	0.5
식용유	5

○ 두릅나물  
 - 두릅은 연하고 도톰한 것으로 골라 준비한 후 껍질을 벗기고 깨끗한 물에 씻는다.  
 - 손질한 두릅의 끝부분에 열십자로 칼집을 넣고 소금을 약간 넣은 끓는 물에 삶아 건져서 물기를 뺀다.  
 - 파와 마늘은 곱게 다진 것으로 준비하고, 삶은 두릅이 굵기가 굵으면 길이로 2~3 갈래로 가른다.  
 - 분량의 재료를 한데 섞어 양념장을 만든다.  
 - 가늘게 가른 두릅에 양념장으로 고루 버무린다. 두릅 모양이 망가지지 않도록 손으로 조물조물 무친다.

원료	g
두릅	300
고추장	1큰술
식초	1/2큰술
설탕	1/2큰술
다진파	2작은술
다진마늘	1작은술
깨소금	1/2작은술
참기름	1/2작은술

○ 가지나물  
 - 가지를 적당한 크기로 자르고, 굵은 소금을 뿌리고 10분간 둔다.  
 - 물에 행구고, 물기를 짰다.  
 - 후라이팬에 기름을 두르고 가지를 넣고 1분 30초 볶은 후 다진 파, 마늘 넣고 3분간 볶는다.  
 - 다 볶은 후, 참기름을 넣고 다시 섞어 준다.  
 \* 가지나물은 2가지 방법 모두 공정상 상업화 하기 힘들.

원료	g
가지	100
소금	0.6
다진파	2.5
다진마늘	2.5
참기름	1

○ 오이나물  
 - 굵은 소금으로 문질러 씻는다. 가는 것은 등글게 0.3cm 두께로 얇게 썰고, 굵으면 반을 갈라서 사선으로 얇게 썰어 분량의 소금을 뿌려서 절인다.  
 - 실고추는 3cm 길이로 짧게 자른다.  
 - 오이가 절여지면 물에 살짝 행구어 행주에 싸서 물기를 꼭 짰다.  
 - 프라이팬을 달궈 참기름을 두르고 절인 오이를 넣고 볶다가 전체에 기름이 고루 돌면 다진 파, 마늘, 깨소금, 실고추를 넣어 재빨리 볶아서 넓은 그릇에 퍼서 식힌다.

원료	g
오이	300
소금	2작은술
다진파	1큰술
다진마늘	1/2큰술
참기름	1큰술
깨소금	1/2큰술
실고추	약간

○ 냉이나물  
 - 냉이는 불순물을 골라내고 다듬어 깨끗이 씻는다.  
 - 냉이를 끓는 물에 데쳐서 찬물에 행군 다음 물기를 꼭 짰다.  
 - 적당한 크기로 자른다.  
 - 분량의 재료를 잘 섞어 양념장을 만든다.  
 - 양념장에 버무린다.

원료	g
냉이	100
고추장	1/2큰술
설탕	1작은술
다진파	1큰술
다진마늘	1 1/2큰술
참기름	1작은술
깨소금	1작은술

○ 원추리나물  
 - 원추리는 손질해서 끓는 물에 소금을 넣어 데친다.  
 - 데친 원추리는 찬물에 재빨리 행군 다음 물기를 꼭 짰다.  
 - 소금, 참기름, 다진 마늘, 조미료, 깨소금을 넣어 나물을 무친다.

원료	g
원추리	100
소금	1/2작은술
참기름	1작은술
다진마늘	1/2작은술
조미료	1/4작은술
깨소금	약간

○ 머위나물  
 - 삶은 머위대는 껍질을 벗기고 5~6cm 길이로 자른다.  
 - 깎 새우살은 잡티를 제거하고 씻은 뒤 꺾통에서 썬 낸다.

원료	g
삶은 머위대	200
깎새우살	100



- 붉은 고추는 반으로 갈라 4cm 길이, 0.1cm 두께로 채썬다.
- 찹쌀가루에 물을 섞어 고르게 풀어서 들깨가루를 섞는다.
- 손질한 머위대는 갖은 양념을 하여 뜨겁게 달군 프라이팬에 볶다가 썬 새우살과 고추를 넣고 함께 볶는다.
- 찹쌀과 들깨가루 섞은 물을 넣고 눌러 불지 않도록 저어가며 섞는다. 반투명해지면 불을 끈다.

붉은 고추	5
찹쌀가루	2큰술
물	6큰술
들깨가루	1큰술
소금	1/2작은술
다진파	1/2작은술
다진마늘	1/4작은술
들기름	1/2작은술
깨소금	1/4작은술

○ 취나물

- 햇취는 역센 줄기는 잘라내고 소금물 1%에 1분간 데친다. 찬 물에 식히고 물기를 짠다.
- 데친 취를 불에 담고 참기름, 마늘, 된장을 넣고 고루 버무려 준다.

원료	g
취나물	100
다진 마늘	5
된장	10
참기름	5

○ 무나물

- 7cm 길이로 토막 내 겉대로 굵게 채썬다.
- 무채를 넣고 다진마늘, 물을 넣고 살살 버무린 후 약한 불에 올리고 20분간 뚜껑 덮고 끓인다.
- 뚜껑을 열고, 다진 파와 참기름을 넣고 버무린다.

원료	g
무	500
물	20
다진 파	5
다진 마늘	5
참기름	3
소금	3

○ 숙주나물

- 끓는 물에 35분 정도 삶는다.
- 양념장을 잘 넣고 버무린다.

원료	g
숙주나물	300
진간장	2/3작은스푼
소금	1/3작은술
통깨	1작은술
들기름	1작은술
새우가루	1작은술

○ 콩나물

- 냄비에 콩나물과 물을 넣고 중불에서 10분 가열 후 콩나물 익은 냄새가 나면 불을 끄고, 20분 뚜껑을 덮고 머리 부분을 냄비의 여열로 마저 익힌다.
- 양념을 넣고 조물조물 버무린다.

원료	g
콩나물	850
물	250
소금	5
마늘	10
참기름	15

○ 토란대

- 삶은 토란대는 먹기 좋은 길이로 잘라 양념을 넣고 조물조물 무쳐서 양념 맛이 폭 베게 한 다음, 팬에 기름을 두르고 볶는다.
- 들기름을 두르고 토란을 볶다가 육수를 넣고 부드럽게 될 때까지 볶아 준다.
- \* 물은 한 번에 넣어 주지 않고 조금씩 부어가며 볶는다.

원료	g
토란대	200
국간장	1/2큰술
마늘	1큰술
새우가루	1큰술
들깨가루	1큰술
깨소금	1큰술
후추	약간
육수	1컵

○ 고구마줄기나물

- 끓는 소금물에 고구마순을 살짝 데운 다음 찬물에 헹궈 물기를 빼고 적당한 크기로 자른다.
- 팬에 기름을 두르고, 고구마 순을 볶는다.
- 갖은 양념을 넣고 다시 한 번 볶는다.
- 볶은 고구마줄기에 깨를 뿌린다.

원료	g
고구마순	200
데침용소금	4
식용유	6ml
다진마늘	8
소금	4
참기름	4ml

○ 비름나물

- 굵은 줄기는 자르고 적당한 크기로 다듬는다.	<b>원료</b>	<b>g</b>
- 소금물에 살짝 데치고 양념장에 무친다.	비름 나물	3단
	고추장	4큰술
	고추가루	1.5큰술
	식초	6큰술
	설탕	3큰술
	마늘	1.5큰술
	쪽파	3큰술
	깨소금	1큰술
○ 참나물	<b>원료</b>	<b>g</b>
- 참나물 끓는 물에 소금을 넣고 데친다. 찬물에 헹구 꼭 짜고 자른다.	참나물	150
- 실과는 참나물 길이로 썰고 붉은 고추는 곱게 채 썬다.	"은 고추	1/2개
	실과	1뿌리
	갓가루	조금
	참기름	1/2큰술
	다진마늘	1/2큰술
	깨소금	1/2큰술
	소금	조금
○ 애호박나물	<b>원료</b>	<b>g</b>
- 애호박은 반을 잘라, 씨 부분을 파 낸 뒤 썰어 둔다.	애호박	300
- 기름을 두르고 가열한 뒤, 마늘을 넣고 살짝 익힌다.	식용유	6
- 호박과 파를 넣고 2분 정도 볶은 뒤, 불을 끄고 소금을 넣고 섞어 준다.	다진 마늘	5
- 참기름을 두르고 섞어 준다.	다진 파	6
	소금	2
	참기름	2

위탁급식경영업체 5개사와 국내 한식당에서 사용되는 비빔밥 주요 재료로써 쌀, 시금치, 당근, 콩나물, 고사리, 도라지, 무, 우민찌, 대란 순이었으며, 다양한 연령층의 객체에 대해 설문조사를 해 본 결과 숙채류 중 고사리, 당근, 시금치, 콩나물의 인지도가 90% 이상인 것으로 나타났다 (Kyung-Soo Han, et al., 2008; 이주화 & 한영실, 2005).

비빔밥 재료 나물들의 색채범위를 분석하여 메뉴북에 인쇄되어지는 재료별 색채 범위에 대한 연구가 이루어졌을 정도로 비빔밥에서 색이 주는 의미는 크다. (In-Hwa Kim & Kyung-Mi Seo, 2007) 나물들의 색과 국내 유통 중인 비빔밥에 쓰이는 나물들의 사용 빈도에 대한 연구를 통하여 비빔밥용 가공 나물을 선정하였다 (Table 4).

Table 4. 색과 사용빈도를 고려한 1차년도 실험을 위한 전통 나물 선정

녹색	시금치, 청경채, 피망, 오이, 브로콜리, 쑥갓, 애호박
백색	콩나물, 무, 도라지
적색	당근
흑색	고사리, 표고버섯

다. 시판중인 시제품에 대한 시장 조사

제품으로 포장되어 나오는 시판제품으로는 주로 냉동이나 동결건조 제품이 주를 이루며 데친 상태(열탕 처리)로 포장되어 나오는 제품은 거의 없는 것으로 확인되었으며, 있다 하더라도 쉽게 구입하기 어렵다. 편의점 식품의 경우 다른 살균 방법이 적용되지 않은 단순 조리 제품이기 때문에 유통기한이 최대 2일로 짧으며 시기마다 비빔밥 제품이 출시되지 않는 경우도 있기 때문에 수요를 충족시키기에 어려움이 있다. 프렌차이즈의 경우 Take-out이 가능하고 즉석에서 조리를 해주는 장점이 있으나 다른 제품에 비해 가격이 비싸고 매장의 분포도가 낮다.

결론적으로, 따로 해동처리가 필요하지 않으며 유통기한이 긴 비빔밥 제품이 출시된다면 수요가 늘 것이라 판단된다. 또한 데친 상태로 포장되는 제품의 경우 마트나 편의점에서 손쉽게 구입이 가능하게 된다면 현재 타겟층으로 정한 ‘간편함과 웰빙을 동시에 추구하는 주부나 혼자 사는 회사원’에게 판매될 가능성이 보인다.

다음은 비빔밥과 채소를 이용한 제품들을 정리한 것이다.

### 1) 비빔밥 제품

#### ① 저장 상태에 따라 분류한 제품들

현재 시판되고 있는 제품들을 저장되어 유통되는 형태에 따라 분류한 것이다. 동결건조 방법을 이용하여 제작된 제품의 종류가 가장 많았으며 나물의 특성상 냉장상태로 유통되는 제품은 드물고, 냉장제품의 경우에는 판매되면 곧바로 소비되었다.

Table 5. 냉동상태로 유통되는 비빔밥 제품




업체명	제품명	제품 형태	주요 나물	제품 특징
즉석컵밥	산나물컵밥		쌀밥 56%, 비빔장 9%, 콩나물8%, 당근채 8%, 취나물 6%, 시금치 5%, 고사리 3%, 도라지 3%	기존 냉동 방식이 아닌 고온처리 급냉방식으로 신기술 개발(물성향존기술)
한솔 (언제나 봄날)	냉동 데친 고사리, 시금치, 고구마줄기, 시래기, 우거지, 얼갈이, 물미역, 콩나물, 다시마		고사리, 시금치, 고구마줄기, 시래기, 우거지, 얼갈이, 물미역, 콩나물, 다시마 등 4kg 파우치에 포장 판매	HACCP, ISO9001, GAP 인증 제 2 공장 시설 현황 참조
천일냉동 (refrigerated-food /frozen-instant)	산채비빔밥		시금치, 고사리, 당근, 지단, 도라지 등	해외 수출용 제품

Table 6. 냉장&냉동상태로 유통되는 비빔밥 제품

업체명	제품명	제품 형태	주요 나물	제품 특징
진주비빔밥(주) (고려자연식품 자매회사)	비빔밥 3종 비빔밥 나물 3종 Bulk 제품 7종 반찬용 나물 1종	 컵제품, 트레이 제품, 파우치 제품으로 모두 다름	진주비빔밥 - 콩나물, 무우채, 도라지, 시금치, 고사리, 표고버섯, 김, 당근, 비빔밥용 야채 고추장, 참기름	냉장&냉동 식품

Table 7. 건조상태로 유통되는 비빔밥 제품

업체명	제품명	제품 형태	주요 나물	제품 특징
더온	김치 비빔밥 치킨 비빔밥 해물 비빔밥 불고기 비빔밥		건조미, 김치맛 후리가케, 갈비맛 쇠고기 후레이크, 계란 후레이크, 동결건조 혼합 야채, 참기름	별도로 분리되어 있는 발열팩이 있어 식품 삼입 부분에 식품을 넣어 발열시키는 방법
바로 비빔밥	비빔밥 김치, 버섯, 쇠고기		동결건조 김치, 알파화미, 지단 후레이크, 어묵, 시금치, 배추, 미역 외 스프, 된장국, 고추장, 참기름	동결건조 제품으로 물만 부어서 준비
블로 비빔밥	김치비빔밥 쇠고기 비빔밥 야채 비빔밥		바로 비빔밥과 유사	동결건조 제품

② 유통 업체에 따른 비빔밥 제품의 종류

편의점 제품의 경우 단기적으로, 매년 종류가 다른 비빔밥을 출시하는 경우가 대부분이다. 재출시될 경우 물가에 따라서 제품의 가격이나 중량의 변화가 있다. 일반적인 형태의 경우 플라스틱의 동그란 모양의 케이스에 칸칸이 여러 종류의 나물이 담겨있고, 가운데 소스가 별도로 첨부되어 있다. 간혹 네모난 소형 파우치에 고추장과 참기름이 따로 첨부되어 있는 경우도 있다. 유통기한의 경우 조리되어 바로 유통, 소비하는 형태이기 때문에 최대 2일밖에 되지 않으므로 열탕&초고압 제품이 관능적, 미생물적 측면이 충족 된다면 업체측의 수요가 증가할 것으로 보인다.

Table 8. 편의점에서 유통 비빔밥 제품



브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
GS 25	2012 야채듬뿍불고기 비빔밥	쌀, 참깨소스, 숙주나물, 시금치, 참나물, 오이, 비프불고기분쇄, 양파, 대두유, 상추, 진간장, 참기름, 다진 마늘, 식초, 볶음 참깨 정제염(중량 미기재)	3,000원	(주) 후레시 서브 경기도 오산시	2일



브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
세븐일레븐& 바이더웨이	2012 열무보리비빔밥	총 400g 쌀48.86%, 열무김치12.64%, 압맥9.77%, 고추장, 계란지단, 오이, 적채, 볶은 당근, 무우, 설탕, 청상추, 참기름, 화이트 식초, 참깨	3,000원	(주)롯데후레쉬텔 리카 경기도 용인시	2일



브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
세븐일레븐& 바이더웨이	2012 전주식 전통비빔밥	총 325g 쌀58.22%, 콩나물5.01%, 당근4.15%, 계란지단3.73%, 표고버섯3.47%, 돼지호박3.32%, 도라지2.50%, 소고기2.30%, 취나물2.30%	3,000원	(주)롯데후레쉬텔 리카	1~2일



브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
GS 25	2012 불고기 비빔밥	총 300g 소고기4.14%, 쌀, 참나물, 콩나물, 표고버섯, 당근, 주키니호박, 팽이버섯, 양파, 양념장, 참기름 별도	2,800원	(주)삼영텔레리카후 레시	2일



브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
패밀리마트	2012 햇살 좋은 비빔밥	총 310g 쌀24.58%, 고명지단, 소고기, 당근, 시금치 무침, 무나물, 콩나물무침, 무초절임, 고사리	3,000원	-	2일



브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
세븐일레븐& 바이더웨이	2011 열무보리비빔밥	총 325g 쌀48.75%, 열무김치15.6%, 압맥9.75%, 고추장, 계란지단, 오이, 적채, 볶은 당근, 무우, 설탕, 청상추, 참기름, 화이트 식초, 참깨	3,000원	(주)롯데후레쉬텔 리카	2일



브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
세븐일레븐& 바이더웨이	2011 참치야채비빔밥	총 325g 쌀25.87%, 전주비빔소스10.77%, 참치6.15%, 오이6.15%, 당근5.23%, 양배추3.69%, 깻잎0.62%	2,500원	(주)롯데후레쉬텔 리카	1~2일



브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
패밀리마트	2011 전통비빔밥	총 320g 쌀25.19%, 전주비빔소스9.97%, 콩나물4.25%, 시금치4.2%, 고사리4.04%, 무3.98%, 김표고버섯3.98%, 당근볶음3.9%	2,500원	(주)패밀리에프엔 비	2일



브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
패밀리마트	2011 전통소고기비빔밥	총 260g 쌀29.19%, 고명지단4.49%, 소고기3.82%, 시금치, 고사리, 무, 당근, 비빔소스 32g별도, 참기름 별도	3,000원	(주)원푸드림	2일



브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
세븐일레븐	2011 산채북비빔밥	총 361g 쌀52.26%, 도토리묵6.79%, 당근3.69%, 콩나물3.34%, 도라지2.23%, 참나물2.14%, 표고버섯1.54%, 취나물1.43%	2,800원	-	1~2일



브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
GS 25	2010 한복선비빔밥	당근볶음, 도라지나물, 호박나물, 표고버섯볶음, 콩나물무침, 시금치나물, 고추장 별도	2,500원	-	1~2예상



브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
GS 25	2010 양구산채비빔밥	총 290g 고사리7.92%, 취나물7.00%, 시래기7.00%, 당근볶음, 무우, 계란지단, 양념장 별첨	2,500원	-	1~2 예상





브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
세븐일레븐	2010 미니비빔밥	총 230g 도라지, 시금치, 콩나물, 당근, 버섯, 오이, 계란지단, 양념장	2,000원	-	1~2예상



브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
세븐일레븐	2009 진주비빔덮밥	총 280g 당근볶음, 계란지단, 호박, 소고기, 도라지, 표고버섯, 시금치, 콩나물, 볶음고추장	2,500원	-	1~2예상



브랜드	종류	재료 및 중량	가격	제조 공장	유통기한
세븐일레븐	2009 열무보리비빔밥	상추, 무침콩나물, 오이, 계란지단, 당근볶음, 무우채, 열무김치, 고추장 (중량 미기재)	2,500원	-	1~2 예상

### ③ 비빔밥 프렌차이즈

#### ○ 비비고(CJ)

메뉴선택 → 밥선택 → 토핑선택 → 소스선택 순으로 메뉴를 주문한다. Quick Service Menu와 Casual Dining Menu로 나뉘어 단품이나 코스로 주문이 가능하며 Take-out도 할 수 있다.

○ 본비빔밥(본)

Take-out이 가능한 비빔밥 전문점으로 가격은 6,000~9,000원 사이이다. 종류는 크게 비빔밥, 돌솥비빔밥, 야채비빔밥으로 나뉘며 전체적으로 20개 정도의 메뉴가 있다.

○ 밥이 답이다(아워홈)

한식 패스트푸드 테이크아웃 전문점으로 비빔밥은 한 종류이나 소스를 달리하여 주문이 가능하다. 소스의 종류는 매운 고추장, 구수한 강된장, 담백 간장으로 종이박스에 담겨 판매가 되며 가격은 5,500원이다.

2) 절임채소, Flesh Cut 채소 제품

① 절임채소

절임채소의 경우 김밥용으로 제작되는 단무지나 우영, 당근 등이 가장 대표적이었으며 피클과 같이 초절임한 제품이 많았다.

Table 9. 절임 채소 제품의 특성

업체명	CHOICEL(초이스엘)
제품명	우영과 단무지
제품 형태	
식품의 유형	절임류/살균제품
내용량	200g
구입날짜/유통기한	2013.01.09 / 2013.03.28
보관 방법	냉장보관 (0~10°C)
염도(%)	단무지 : 1.73%, 우영 : 1.25 %
pH	단무지 : 3.47, 우영 : 4.46
일반세균/대장균(cfu/unit)	단무지 : ND / ND, 우영 : ND/ ND

업체명	한성기업
제품명	우영 플러스 단무지 골드
제품 형태	
식품의 유형	절임류/살균제품
내용량	250g
구입날짜/유통기한	2013.01.09 / 2013.05.08
보관 방법	냉장보관 (0~10°C)
염도(%)	단무지 : 1.59%, 당근 : 0.87%, 우영 : 2.53 %
pH	단무지 : 3.56, 당근 : 4.21, 우영 : 4.02
일반세균/대장균(cfu/unit)	단무지 : ND / ND, 당근 : ND / ND, 우영 : 1.5×10 <sup>1</sup> / ND

업체명	풀무원
제품명	찬마루 새콤하고 달콤한 삼색 야채 절임
제품 형태	
식품의 유형	절임류/살균제품
내용량	69g
구입날짜/유통기한	2013.01.10 / 2013.03.05
보관 방법	직사광선을 피하여 실온 보관
염도(%)	단무지 : 2.46%, 우영 : 3.30 %
pH	단무지 : 3.56, 우영 : 4.02
일반세균/대장균(cfu/unit)	단무지 : 2×10 <sup>1</sup> / ND, 우영 : ND / ND

업체명 / 제품명

폴무원/찬마루3색야채절임

제품 형태



총중량

450g

원료

삼색야채절임60%(절임무 국산 61.0%, 절임우영 중국산 22%, 절임당근 국산 17.0%) 고과당, 식염, 단무지조미액베이스, 가쓰오조미액, 콩발효 농축액, 폐각발효칼슘, 효소처리스테비아, 카라멜색소, 자몽종자추출물, 구연산, 염화칼슘, 5'-이노신산이나트륨, 밀분해추출물, 치자황색소, 영양강화제

제조일자/ 구입일자 / 유통기한

2013.01.03제조 / 2013.01.24구입 / 2013.04.02까지

제조공장

(주) 으뜸농장 / 충남 천안군 비봉면

보관 방법

냉장보관 (0~10°C)

유통 가격

3,950

염도(%)

단무지 : 2.02%, 당근 : 1.65%, 우영 : 2.68 %

pH

단무지 : 3.35, 당근 : 3.66, 우영 : 4.20

업체명 / 제품명

폴무원/우리아이꼬마김밥

제품 형태



총중량

96g

원료

삼색야채절임80,01%(절임무 국산 40.0%, 절임우영 중국산 35%, 절임당근 국산 25%) 정제수, 정백당, 양조간장, 소맥, 고과당, 발효식초, 단무지조미액베이스, 식염, 가쓰오엑기스, 콩발효농축액, 자몽종자추출물, 구연산, 효소처리스테비아, 치자황색소, 밀분해추출물, 5'-이노신산이나트륨, 염화칼슘, 카라멜색소, 폐각칼슘, 과일야채발효당, 영양강화제

제조일자 / 구입일자 / 유통기한

2012.12.15제조 / 2013.01.24구입 / 2013.02.12까지

제조공장

(주) 으뜸농장 / 충남 천안군 비봉면

보관 방법

냉장보관 (0~10°C)

유통 가격


4,500

염도(%)

단무지 : 1.95%, 당근 : 0.87%, 우영 : 2.36 %


pH

단무지 : 3.23, 당근 : 4.21, 우영 : 4.28

업체명 / 제품명	폴무원/찬마루 야채꼬마김밥세트
제품 형태	
총중량	141g
원료	삼색야채절임80.01%(절임무 국산 40.0%, 절임우영 중국산 35%, 절임당근 국산 25%) 정제수, 정백당, 양조간장, 소맥, 고과당, 발효식초, 단무지조미액베이스, 식염, 가쓰오엑게스, 콩발효농축액, 자몽종자추출물, 구연산, 호소치리스테비아, 치자황색소, 밀분해추출물, 5'-이노신산이나트륨, 염화칼슘, 카라멜색소, 폐각칼슘, 과일야채발효당, 영양강화제
제조일자 / 구입일자 / 유통기한	2013.01.02제조 / 2013.01.24구입 / 2013.03.02까지
제조공장	(주) 으뜸농장 / 충남 천안군 비봉면
보관 방법	냉장보관 (0~10도)
유통 가격	3,700
염도(%)	단무지 : 2.23%, 당근 : 0.91%, 우영 : 3.10%
pH	단무지 : 3.15, 당근 : 4.24, 우영 : 3.48

업체명 / 제품명	폴무원/찬마루참치 꼬마김밥세트
제품 형태	
총중량	141g
원료	삼색야채절임80.01%(절임무 국산 40.0%, 절임우영 중국산 35%, 절임당근 국산 25%) 정제수, 정백당, 양조간장, 소맥, 고과당, 발효식초, 단무지조미액베이스, 식염, 가쓰오엑게스, 콩발효농축액, 자몽종자추출물, 구연산, 호소치리스테비아, 치자황색소, 밀분해추출물, 5'-이노신산이나트륨, 염화칼슘, 카라멜색소, 폐각칼슘, 과일야채발효당, 영양강화제
제조일자 / 구입일자 / 유통기한	2012.12.21제조 / 2013.01.24구입 / 2013.02.18까지
제조공장	(주) 으뜸농장 / 충남 천안군 비봉면
보관 방법	냉장보관 (0~10°C)
유통 가격	4,500
염도(%)	단무지 : 2.89%, 당근 : 0.85%, 우영 : 2.61 %
pH	단무지 : 3.39, 당근 : 4.26, 우영 : 4.24

업체명 / 제품명	진소스/당근파프리카피클
제품 형태	
총중량	320g
원료	당근 국내산 60%, 파프리카 국내산 26% 식초 미국산, 정제수, 주정, 정백당, 식염, 과당
제조일자 / 구입일자 / 유통기한	2012.12.28제조 / 2013.01.24구입 / 제조일로부터 60일
제조공장	(주) 파아란인터내셔널
보관 방법	냉장보관 (0~10°C)
유통 가격	16,500
염도(%)	1.04%
pH	3.62

업체명 / 제품명	진소스/양배추깻잎채소피클
제품 형태	
총중량	280g
원료	양배추 국내산 51%, 깻잎 국내산 25%, 홍고추, 당근, 식초, 정제수, 주정, 정백당, 식염, 과당
제조일자/ 구입일자 / 유통기한	2012.12.28제조 / 2013.01.24구입 / 제조일로부터 60일
제조공장	(주) 파아란인터내셔널
보관 방법	냉장보관 (0~10°C)
유통 가격	16,500
염도(%)	1.27%
pH	3.38

②Flesh cut 채소 제품

일반적으로 샐러드용 어린잎 채소나 집에서 직접 조리를 할 때에 사용하기 간편하게 조리방법별로 준비되어 판매되는 제품의 종류가 많았다.

Table 10. Flesh cut 채소 제품의 특성

업체명 / 제품명	초이스엘/ 묹음맘용모듬야채	
제품 형태	 	
총중량	200g (3~4인분)	
원료	국산 100% ( 감자, 양파, 애호박, 당근)	
구입날짜 / 유통기한	약 1주일	
유통 가격	2,500	
보관 방법	0~10°C 이하 냉장보관 (반드시 한번 씻어서 조리 후 섭취)	
염도(%)	0.30%	
pH	4.92	
일반세균/대장균 (cfu / unit)	일반세균 : $6.15 \times 10^5$ , 대장균 : $1.0 \times 10^1$	

업체명 / 제품명

(주)신금/간편야채(된장찌개용)

제품 형태



총중량

200g

원료

애호박, 양파, 감자, 대파, 고추

구입날짜 / 유통기한

2013.01.22포장 / 2013.01.24구입

제조공장

(주) 신금 / 경기도 과천시 과천동 441-2

보관 방법

냉장보관

유통 가격

2,550

염도(%)

0.19%

pH

6.22

업체명 / 제품명

(주)신금/간편야채(볶음밥)

제품 형태



총중량

150g

원료

국산 (당근, 애호박, 감자, 양파)

구입날짜 / 유통기한

2013.01.22포장 / 2013.01.24구입

제조공장

(주) 신금 / 경기도 과천시 과천동 441-2

보관 방법

냉장보관

유통 가격

2,550

염도(%)

0.25%

pH

6.30



업체명 / 제품명

(주)신금/간편야채(카레용)

제품 형태



총중량

200g

원료

국산 (애호박, 양파, 감자, 대파, 고추)

구입날짜 / 유통기한

2013.01.22포장 / 2013.01.24구입

제조공장

(주) 신금 / 경기도 과천시 과천동 441-2

보관 방법

냉장보관

유통 가격

2,600

염도(%)

0.24%

pH

5.33

업체명 / 제품명

풀무원/어린잎아메리칸샐러드

제품 형태



총중량

40g

원료

비타민, 바타비아그린, 바타비아레드, 로메인, 적근대

구입날짜 / 유통기한

2013.01.24구입 / 2013.01.27

제조공장

영농조합인 PTA / 충북 음성군 생극면 신양리

보관 방법

냉장보관 (0~10°C)

유통 가격

3,700

업체명 / 제품명	플무원/친환경어린잎채소
제품 형태	
총중량	100g
원료	비타민, 적무잎, 청경채, 치커리, 비트, 플라로사
포장일자 / 구입일자 / 유통기한	2013.01.20구입 / 2013.01.24 / 2013.01.27
제조공장	대농바이오영농조합 / 경기 광주시 초월읍 지월리 8
보관 방법	냉장보관 (0~10℃)
유통 가격	4,650

업체명 / 제품명	(주)신금/유리피안MIX채소
제품 형태	
총중량	100g
원료	로메인레티스, 비타민, 청경채, 레드치커리
포장일자 / 구입일자	2013.01.22 제조 / 2013.01.24 구입
제조공장	(주)신금 / 경기도 과천시 과천동 441-2
보관 방법	서늘한 곳에 보관
유통 가격	2,500

## 2. Food Service 분야에 관한 국내 외 자료 조사

### 가. Food Service System

식품을 소비자에게 제공하는 스타일에 따른 food service 분야의 시스템을 (Table 11)에 나타내었다.

Table 11. Classification of the Style for Food Service Operations.

System	Description
Integrated foodservice systems	Both food production and food service are carried out as part of a single operation.
Food manufacturing systems	Production of meals is separation from the service of those meals, thus there is a decoupling of service from production, such as in hospitals.
Food delivery systems	The operation involves little or no food production and focuses only on the service of continuously assembled or regenerated meals. Here there is decoupling and production lining.

출처: Hartwell H.J. and Edwards J.S.A. (2006) "

국내는 생활방식의 변화와 정부의 “한식의 세계화” 기치 아래 급식 및 외식산업의 중요성이 급격하게 대두되고 있으나 food service 분야에 대한 연구 및 대량공급 측면의 제조에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

### 나. Food Service 분야에서의 대량생산을 위한 기술 발전 흐름

Food service 분야를 industrial cuisine, fast food 및 fresh food로 분류하여 기술개발의 tip을 (Table 12)에 제시하였다.

Table 12. Technology Innovations Supporting Major Food Production Categories.

Category	Operational Principles	Main Pre-occupations/Challenges	Desirable Innovations	Type of Operations
Industrial Cuisine	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produce-to-inventory production line approach with the use of a CPU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extensive use of novel technologies</li> <li>Reconcile bulk production and food quality</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automatic preparation</li> <li>Intensive heating</li> <li>Advanced product design</li> <li>Shelf-life extension</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Large hospitals(patient feeding)/schools and other institutions</li> <li>Casinos</li> <li>Clubs</li> <li>Airlines</li> <li>Stadium(corporate dinning)</li> <li>Convention centers</li> </ul>
Fast Food	<ul style="list-style-type: none"> <li>Batch production: make-to-stock or assemble-to-order with work-in-process inventory</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Low labour cost</li> <li>Counteract the negative image of frying</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automation of frying</li> <li>Units with fast recovery time</li> <li>Self-cleaning options</li> <li>Better and cleaner cooking oils</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fast food chains</li> <li>Hospitals(cafeterias)</li> <li>Stadiums(retail)</li> </ul>
Fresh Food	<ul style="list-style-type: none"> <li>Just-in-time delivery and make-to-order</li> <li>Lean manufacturing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fast cooking</li> <li>Assurance of quality/safety of raw materials</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Combination of different energy sources and other technological solutions to speed up cooking</li> <li>"User friendly" techniques for rapid testing of raw materials</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>March'-type concepts in transportation hubs</li> <li>Food courts in commercial and industrial sectors</li> <li>Cruise ships</li> <li><b>Themed restaurant chains(seafood, steakhouse, soup and salad, etc.)</b></li> </ul>

출처: Rodgers, S.(2008), "Technological innovation supporting different food production philosophies in the food service sectors"

급식 분야에서 취급하는 식자재는 industrial cuisine 분야의 재료이며, 본 과제와 밀접한 비빔밥 나물은 fresh food 분야의 재료로서 “비비고”와 같은 테마화된 전문 식당에 공급되는 재료는 fast cooking과 assurance of quality/safety of raw materials를 먼저 고려하여야 하며, 기술적으로는 cooking 스피드를 올릴 수 있는 새로운 에너지원이나 기술적 해결방안이 개발되어야 하며 사용자가 사용하기 편리한 품질평가기술이 개발되어야 한다. (Superheated steam에 대한 idea generation)

뿐만 아니라 식자재의 전처리기술은 food sensory, microbiological quality, nutritional value 및 operational efficiencies 등의 관점에서 기술개발이 이루어져야 한다. 제조된 식자재를 저장·유통하는 과정에서 품질유지나 연장된 shelf-life를 유지하기 위해서는 (Table 13)에서와 같이 물리적, 화학적 및 생물학적 방법으로 hurdle technology를 이용하는 기술이 개발되고 있다.

Table 13. Additional Hurdles for Preservation of Quality and Extended Shelf-life prepared Foods.

Method	Hurdle	Advantage	Disadvantage	Controlling Factor(unit)
Physical	<b>Additional heating or cooking method</b>	"Effectively sterile" food	Inferior quality (texture/temperature)	Heating method /time_temp.(°C)
	Irradiation	Possibility of treatment within packaging Not excessive nutrient loss	Image-consumer resistance Capital cost Special packaging needed	The intensity of irradiation(kGg)
	<b>MAP</b>	Inhibits oxidation and microbial spoilage	Limited effect on pathogens	Gas composition(%)
	<b>Hydrostatic pressure</b>	Possibility of treatment within packaging	Spore resistance Possible effect on structure of foods	Pressure(MPa) Time(min) Temperature(°C)
Chemical	<b>pH, salt and spices</b>	Low cost	Impact on sensory characteristics and nutritional requirements	Concentrations (% or g/kg)
	Lactate	Heat stable Effective against spore-formers (including <i>Clostridium botulinum</i> )	Affects sensory quality Failed to inhibit <i>Bacillus cereus</i>	
Biological	Bacteriocins	Many are heat stable Effective against spore-formers (including <i>Clostridium botulinum</i> )	Acquired resistance by pathogens Decomposing during storage	Concentrations (mg/kg, nL/L or mM)
	Protective cultures	Responsive to temperature change Effective against spore-formers (including <i>Clostridium botulinum</i> )	Cost/handling of cultures Heat sensitivity	Viable population (CFU/g)

출처: Rodgers, S.(2001) "Designing packaged ready-to-eat meals"

Food service 분야에서 사용하고 있는 제조방법을 조사하여 정리한 결과를 (Table 14)에 나타내었다. 앞에서 설명한 기술발전의 흐름과 마찬가지로 조리시 사용되는 heating method와 포장 그리고 유통성을 부여하는 기술(냉장, 냉동 또는 살균)이 가장 중요한 핵심기술로 대두되고 있다.

Table 14. Classification of Food Production System in Hospital Foodservice Sector.

System Model	Description	Advantage	Disadvantage
Cook-Serve	"Traditional" catering operation Prepare and cook on site. Distribute at the appropriate temperature.	Good sensory quality	Higher labour cost Space Time delay
Cook-Chill	Hold at 70~75°C or more for at least two minutes after cooking. Chill within 30 minutes of cooking and the temperature of the food is reduced to 0~3°C within 90 minutes. Maintain this temperature throughout the storage(5 days) and distribution cycle until regeneration occurs. During regeneration, a core temp. of 70~75°C must be reached for a minimum of 2 minutes for microbiological reasons. After reheating, the food should be consumed immediately.	Higher efficiency Lower food costs based on bulk buying and centralised purchasing	Number of temperature control for food safety and nutritional content
Sous Vide	Variation of cook-chill operation. Large scale production methods and the use of vacuum packaging, either before or after cooking, in combination with the chilling techniques of cook-chill. Storage temperature at 4±0.5°C for 5 days.	More advantage for HACCP Higher food quality and safety	Number of temperature control for food safety and nutritional content
Cook-Freeze	Similar to cook-chill. After cooking, dishes are blast-frozen to a temp. of -20°C and keep at this temp. until required. Storage at frozen temp. for up to 2 years. When required the food is defrosted and regenerated to a core temperature of at least 70~75°C.	Loss of texture owing to the freeze/thaw process and subsequent regeneration and distribution	Extended shelf-life
Steamplicity	New technology which relies on a sealed pack incorporating a valve. The food, both raw and partially cooked, is plated in a centralised production unit, chilled(<5°C) and distributed to satellite kitchens where it remains chilled with an expiry date currently of four days. As required, meals are heated/cooked individually in a microwave to >75°C which allows patient choice at short notice and ensures better quality food.	The ability to control the cooking environment, allowing consistent regeneration of the food with the right climate of moist heat, thus avoiding drying out and therefore enhancing texture.	

출처: Hartwell H.J. and Edwards J.S.A. (2006) "Hospital Foodservice: A Comparative Analysis of Systems and Introducing the 'Steamplicity' concept"

## 다. 나물 가공기술 현황 조사

### 1) 현재 급식용 식자재 또는 비빔밥 나물용으로 유통 중인 나물의 특성 조사

나물의 원료가 되는 채소들은 식재료로서 대부분 건조나 냉장을 통해서 유통되고 있으며 가열조리 제품은 거의 상업화 되어있지 않고 있다.

비빔밥은 한식을 대표하는 웰빙 음식으로서 한식 세계화를 대표하는 음식으로 자리 잡고 있으나, 현재 나물, 채소류의 저장성 한계로 인하여 냉동, 건조의 제품군으로의 확대 적용에 어려움이 있다.

식자재용 채소류나 비빔밥용 나물의 경우에, 미생물 오염 및 나물의 물성변화로 인해 냉장저장이 어려워 냉동상태로 유통하고 있는 실정으로 가열 취식 과정에서 해동을 해야 하는 불편함을 가지고

있으며, 해동 과정에서의 조직감 변화의 문제를 내포하고 있다.

나물의 조직감이나 색 등의 물성변화로 인해 볶거나 데치는 등의 조리방법을 사용하는 대신 조미액을 나물 원료에 첨가하여 포장 및 유통시키므로 맛이 떨어지는 단점을 갖고 있다. 또한, 열 살균을 통한 색 변화가 있어 제품의 질이 떨어진다.



Figure 1. 현재 유통 중인 나물의 형태.

2) 현재 유통 중인 식자재 또는 비빔밥용 나물의 제조 공정



Figure 2. 모아식품 (경북 영천)의 제조 공정



Figure 3. 하늘농가 (경기 남양주)의 제조 공정

현재 유통 중인 식자재 또는 비빔밥용 나물의 제조 공정의 가장 큰 문제점은 물로만 세척할 경우 미생물 오염원의 완벽 제거가 어렵다는 것이다. 또한 나물을 조리하는 과정에서 많은 양을 동시에 같은 조건으로 조리하는데 어려움을 겪고 있다. 단순히 데치기와 조미액 첨가하는 조리방법을 사용하고 있어 품질이 떨어지고, 냉동으로 유통되므로 해동 및 재조리시 조직감 열화로 소비자 만족도가 저하되고 있다.

따라서 고품질 상태로 제조하여 품질저하를 최소화 하면서 냉장 유통으로 경제성을 갖는 유통기한을 갖게 하려면 나물류의 품질지표와 변화 요인(기작) 및 조절변수에 따른 새로운 조리방법 (cooking method) 및 포장·살균기술의 개발이 필요하다.

### 3. 비빔밥용 주요 나물들에 오염되어 있는 미생물 탐색

#### 가. 생체나물의 주요 오염 미생물

##### 1) 실험 준비

##### ① 고사리

롯데마트 구로점에서 불린 상태로 제품화 된 것으로, 상온에서 포장을 뜯어 원하는 만큼 담아 판매하는 것을 100 ~ 200g정도 구입하였다. 불린 고사리의 경우 불려서 제품화되는 과정에서 세척과정을 거쳤기 때문에 샘플을 구입한 뒤 파우치에 담기 전에 따로 물로 행구는 처리를 하지고 25g을 파우치에 담아 진공포장(진공조건?)하여 샘플을 준비하였다. 진공포장을 할 때에는 샘플이 진공포장 과정에서 눌러 영향을 받지 않도록 진공 15초, sealing time은 3초로 포장하였다.

##### ② 당근

마트에서 직접 골라서 구입할 수 있게 판매되는 흠당근을 상처가 없는 것으로 골라 구입하여 고무장갑을 낀 손으로 당근을 잡고 표면의 흠을 비벼주듯이 문질러 깨끗이 씻어내고 야채 필러로 표



면에 흠이 남은 부분이 없도록 벗겨낸 후 채칼로 채 썰어 준비하였다. (당근의 생채는 조리하기 바로 전의 채 썬 상태로 정의하였다.) 채 썬 당근 25g을 파우치에 담아 고사리와 같은 조건인 진공 15초(진공조건?), sealing time 3초에서 진공포장 하였다.

### ③ 시금치

약 300g단위로 묶여 랩으로 포장되어 판매되는 시금치(포항 시금치)를 구입하여 시금치의 뿌리 부분을 칼로 잘라 제거하고 볼에 물을 담아 시금치를 담근 후 고무장갑을 낀 손으로 3~5회 양손으로 살짝 행구어 준다. 깨끗한 물을 다시 부어 3 ~ 5회 행구기를 3회 정도 반복한 뒤 체에 받쳐서 물기를 10분 정도 빠지게 한 후 25g을 파우치에 담은 뒤 진공포장(진공조건?)하였다.

### ④ 콩나물

마트에서 콩나물 230g/봉(CJ 행복한 콩)를 구입하여 볼에 물을 담아 고무장갑을 낀 상태에서 시금치와 같은 방법으로 콩나물을 3 ~ 5회 물에서 흔들여 행구어 주고 깨끗한 물로 다시 행구기를 3회 정도 반복한 뒤 체에 받쳐서 물기를 10분 정도 뺀 후 떨어진 콩나물 머리를 제외하고 온전한 상태의 콩나물 25g을 파우치에 담아 진공포장(진공조건?)하여 샘플을 준비하였다.

## 2) 실험 방법

### ① 균의 계대배양

미생물 정량실험을 위해 배양 후 생성된 콜로니의 수를 정확히 계수하기 위하여 고체 배양 배지의 페트리 접시로 미생물의 부유액을 희석하여 한천 평판의 표면에 균등히 도말하여 생체 나물이 보유하고 있는 균의 종류를 파악하고 동정하기 위하여 우선, 검체 25g을 취하여 225ml의 0.85% Saline으로 10배 희석한 샘플을 1분간 고속으로 균질화 하여 준비하였다. 일반세균은 NA배지, 진균은 PDA배지, 혐기균은 RCM배지에 한 plate 당 100 $\mu$ l씩 2plate에 분주하여 일회용 spreader를 이용하여 도말한 후 일반세균과 혐기균은 25 $^{\circ}$ C에서 2일 배양하고 진균은 35 $^{\circ}$ C에서 5일 배양하였다. 이틀 동안 배양이 끝난 NA배지(일반세균)와 RCM배지(혐기균)를 인큐베이터에서 꺼내어 육안으로 콜로니의 색과 모양을 통해 균의 종류를 분류한 뒤 콜로니의 수를 파악하였다.

### ② 16S rDNA sequencing 분석법

일반세균의 동정을 위한 방법으로 사용되며, 본 실험에서는 고사리, 당근, 시금치, 콩나물에 오염되어있는 호기성 및 혐기성 일반세균 동정을 위해 사용되었다. PCR 분석을 위하여 27F primer (5 - AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3)와 1492Rprimer (5 - TACGGYTACCTTGTTACGACTT - 3)시약이 사용되었으며, PCR 반응은 20 ng 의 genomic DNA 가 template으로써 30 $\mu$ l 의 반응 혼합물과 함께 EF-Taq(SolGent, Korea)에서 다음과 같이 실행되었다: Taq polymerase 가 95  $^{\circ}$ C에서 2분간 활성화 된 후, 95  $^{\circ}$ C에서 1분간 35cycles 을 실행한 뒤, 55 $^{\circ}$ C 와 72  $^{\circ}$ C 에서 1분간 실행한 후, 72 $^{\circ}$ C에서 10분 처리함으로써 반응절차를 마쳤다. 위의 과정을 통해 amplification 처리된 시료들은 multiscreen filter plate (Millipore Corp., Bedford, MA, USA)에서 세척되어 DNA sequencing 반응

시료로써 준비 되었다. Sequencing 반응은 PRISM BigDye Terminator v3.1 Cycle sequencing Kit 을 이용하여 실행되었다. 확대되어진 DNA를 가진 시료들에 Hi-Di formamide (Applied Biosystems, Foster City, CA)를 첨가하였으며, 그 혼합물은 95 °C 에서 5분간 가열처리 후, 얼음물에서 5분간의 냉각처리한 후 ABI Prism 3730XL DNA analyzer (Applied Biosystems, Foster City, CA) 를 통해 분석하였다.

### ③ 18S rDNA sequencing 분석법

효모 및 곰팡이의 동정을 위한 방법으로 사용되며, 본 실험에서는 고사리, 당근, 시금치, 콩나물에 오염되어있는 효모 및 곰팡이 동정을 위해 사용되었다. PCR 분석을 위하여 ITS1 (5 - TCCGTAGGTGAACCTGCGG - 3) 와 ITS4 primer(5 - TCCTCCGCTTATTGATATGC - 3) 시약이 사용되었으며, PCR 반응은 20 ng 의 genomic DNA 가 template으로써 30 $\mu$ l 의 반응 혼합물과 함께 EF-Taq(SolGent, Korea)에서 다음과 같이 실행되었다: Taq polymerase 가 95 °C에서 2분간 활성화 된 후, 95 °C에서 1분간 35 cycles 을 실행한 뒤, 55°C 와 72 °C 에서 1분간 실행한 후, 72°C에서 10분 처리함으로써 반응절차를 마쳤다. 위의 과정을 통해 amplification 처리된 시료들은 multiscreen filter plate (Millipore Corp., Bedford, MA, USA)에서 세척되어 DNA sequencing 반응 시료로써 준비 되었다. Sequencing 반응은 PRISM BigDye Terminator v3.1 Cycle sequencing Kit 을 이용하여 실행되었다. 확대되어진 DNA를 가진 시료들에 Hi-Di formamide (Applied Biosystems, Foster City, CA)를 첨가하였으며, 그 혼합물은 95 °C 에서 5분간 가열처리 후, 얼음물에서 5분간의 냉각처리한 후 ABI Prism 3730XL DNA analyzer (Applied Biosystems, Foster City, CA) 를 통해 분석하였다.

### 3) 실험 결과

열처리를 하지 않은 생채 나물 상태의 고사리, 당근, 시금치, 콩나물에 오염되어 있는 주요 미생물을 파악하기에 앞서 해당 샘플들의 일반적인 오염정도 및 해당 미생물의 저장 중 증균 추이를 탐구하기 위하여 0, 5, 10일에 걸쳐 저장성 실험을 진행하였다. 상품화를 위한 조건으로써 나물의 조직감, 색변화, 미생물 증식 등 상온으로 진행하기에는 아직 많은 기술적 어려움이 있어 해당 과제에서는 냉장유통 제품을 목표로 진행하였으며, 따라서 이를 위해 10°C 와 15°C 저장온도 하에서의 저장 중 미생물 증식을 탐구하였다. 또한, B2B용으로는 진공포장 파우치 형태의 제품, B2C용으로써는 트레이 형태의 제품으로 구상을 하는 이유로 고사리, 당근, 시금치, 콩나물에 오염되어 있는 주요 미생물의 호기성균과 혐기균을 나누어 각각의 10°C 와 15°C 저장조건에서 미생물의 증식을 파악하였으며, 그 결과는 아래 Table 15. 과 Table 16. 에 각각 나타내었다.

Table 15. 생체나물 호기균 10℃, 15℃ 저장성 실험 결과

샘플명	저장온도	0일차 (CFU/mL)	5일차 (CFU/mL)	10일차 (CFU/mL)
고사리	10℃	4.90±1.05×10 <sup>2</sup>	1.25±0.01×10 <sup>3</sup>	3.78±3.42×10 <sup>5</sup>
	15℃		4.21±0.20×10 <sup>7</sup>	TNTC
당근	10℃	6.48±1.28×10 <sup>2</sup>	1.08±0.03×10 <sup>3</sup>	3.70±0.12×10 <sup>4</sup>
	15℃		5.31±0.10×10 <sup>5</sup>	TNTC
시금치	10℃	2.06±0.10×10 <sup>5</sup>	7.50±2.50×10 <sup>4</sup>	4.85±0.30×10 <sup>5</sup>
	15℃		3.20±0.05×10 <sup>8</sup>	TNTC
콩나물	10℃	4.53±0.93×10 <sup>6</sup>	3.03±0.68×10 <sup>7</sup>	TNTC
	15℃		3.20±0.10×10 <sup>8</sup>	TNTC

즉석섭취/편의식품류에서 신선식품 및 즉석섭취식품의 일반미생물수에 대한 규격은 없으나 일반적으로 발효식품 또는 유산균 첨가 제품을 제외한 식품의 섭취 가능한 미생물 수는 1.00×10<sup>5</sup> CFU/mL 이하이며, 일반규격의 80% 이내로 더욱 엄격한 자가 규격을 가지고 있는 CJ제일제당의 식품 규격을 따르면, 생체나물의 미생물적 부패 판단 기한은 일반세균수 8.00×10<sup>4</sup> CFU/mL 이상이 되는 시점으로 정의될 수 있다. 이를 기준으로 Table 15. 에 나타내어진 자료를 분석하였을 때, 호기성 10℃ 저장조건 하에서 고사리의 미생물적 판단을 근거로 한 취식 가능기한은 약 5일 이상 10일 미만으로 나타났으며, 시금치와 콩나물은 5일 미만, 당근은 10일 이상인 것으로 파악되었다. 또한, 15℃ 저장조건에서는 모든 샘플의 취식 가능기한은 5일 미만인 것으로 파악되었다.

Table 16 생체나물 혐기균 10℃, 15℃ 저장성 실험 결과

샘플명	저장온도	0일차 (CFU/mL)	5일차 (CFU/mL)	10일차 (CFU/mL)
고사리	10℃	2.10±1.65×10 <sup>2</sup>	1.54±1.41×10 <sup>3</sup>	6.85±0.25×10 <sup>5</sup>
	15℃		1.47±0.04×10 <sup>7</sup>	TNTC
당근	10℃	2.00±1.00×10 <sup>1</sup>	6.75±3.75×10 <sup>2</sup>	2.83±0.68×10 <sup>4</sup>
	15℃		5.90±0.77×10 <sup>7</sup>	TNTC
시금치	10℃	1.46±1.44×10 <sup>4</sup>	1.18±0.58×10 <sup>4</sup>	1.43±0.91×10 <sup>5</sup>
	15℃		3.11±0.04×10 <sup>8</sup>	TNTC
콩나물	10℃	1.47±1.04×10 <sup>5</sup>	1.50±0.21×10 <sup>7</sup>	TNTC
	15℃		3.24±0.17×10 <sup>8</sup>	TNTC

Table 16. 에서 보이는 바와 같이, 생체나물의 혐기성 10℃ 저장조건 하에서 미생물적 부패 판단 기한을 근거로 한 고사리와 시금치의 취식 가능기한은 약 5일 이상 10일 미만인 것으로 나타났으며, 당근은 10일 이상, 콩나물은 5일 미만인 것으로 분석되었다. 또한, 15℃ 저장조건에서는 모든 샘플의 취식 가능기한은 호기균 저장성 실험결과와 같은 5일 미만인 것으로 파악되었다.

Table 15. 과 Table 16. 에서 관찰된 생채 나물에 오염된 호기성 미생물과 혐기성 미생물의 10℃와 15℃의 저장조건에서의 증식현상을 관찰하였을 때, 아래와 같은 결론을 내릴 수 있었다.

본 실험에 사용된 4종의 비빔밥용 주요 나물인 고사리, 당근, 시금치, 콩나물의 호기성 미생물과 혐기성 미생물의 증균 추이가 비슷한 것으로 보아 위의 4종 나물에 오염된 미생물들은 혐기성 미생물 혹은 통성 미생물이 주를 이루는 것으로 사료된다.

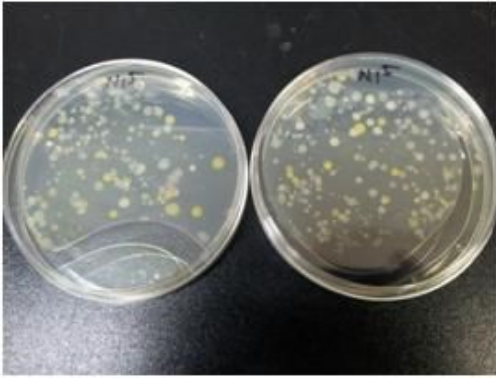


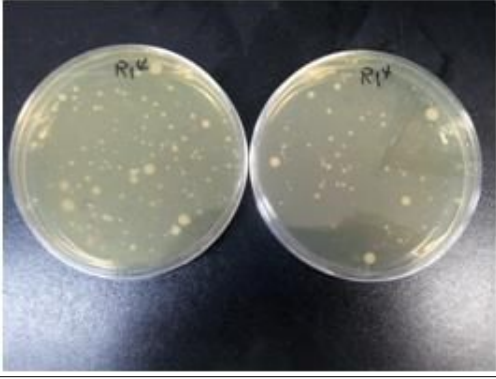



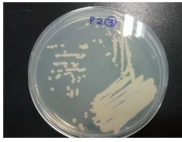

고사리, 당근, 시금치, 콩나물에 아무런 조리 혹은 살균 처리가 가해지지 않았을 경우 모든 나물의 미생물적 부패기한 (일반세균  $8.00 \times 10^4$  CFU/mL)은 5일 미만이다.

생채로 마트에서 유통되고 있는 고사리, 당근, 시금치, 콩나물의 미생물 오염 정도는 콩나물, 시금치, 고사리, 당근 순으로 높으며, 저장 중 미생물적 부패 기한은 당근, 고사리, 시금치, 콩나물 순으로 길다. 이와 같은 현상에 대해 고찰해 보면, 당근의 경우 실험에 쓰이기 위해 필러로 껍질을 벗기는 과정에서 표면에 오염되어 있던 대부분의 미생물들이 제거 되었을 가능성이 높기에 초기 미생물 오염 정도와 저장 중 미생물적 부패 기한이 가장 긴 것으로 추리 할 수 있다.

문헌을 통하여 생채 고사리, 당근, 시금치, 콩나물 각각에 오염된 주요 미생물에 대한 동정 실험 관련 정보를 파악 하고자 조사하였으나, 어떠한 문헌에서도 해당 내용에 대한 정보를 찾지 못하였다.

따라서 비빔밥 주요 나물로 선정된 4종 나물들에 조리 및 살균처리가 가해지지 않은 생채나물 상태에서의 미생물 오염 정도, 저장 중 증식현상 및 나물별 미생물의 혐기 및 호기 특성을 관찰한 후, 해당 나물들에 오염되어 있는 주요 미생물의 파악 및 이를 통한 효과적인 사멸 영향 인자 분석을 위하여, 고사리, 당근, 시금치, 콩나물에 오염되어 있는 미생물을 분리 동정하였으며, 결과는 아래와 같이 Table 17.에서 Table 20.에 걸쳐 나타내었다.





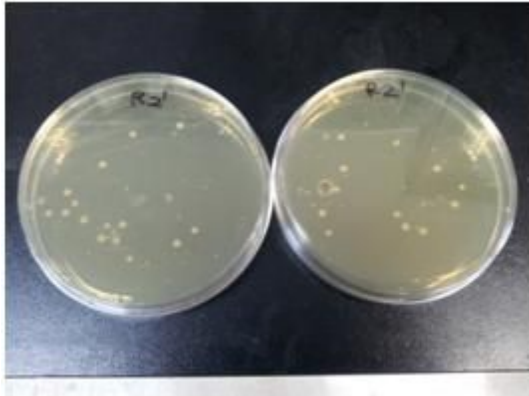
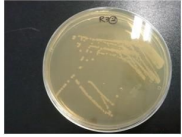
Table 17. 고사리 주요 오염균

일반세균 (NA 배지)		<p>A. 흰색 콜로니 -&gt; <i>Acinetobacter</i> sp.</p>
		 <p>B. 주황색 콜로니 -&gt; <i>Acinetobacter</i> sp.</p> 
협기균 (RCM 배지)		<p>C. 원형의 흰색 콜로니 -&gt; <i>Streptococcus</i> sp.</p>
		
진균 (PDA 배지)		<p>D. 흰색의 단단하고 울퉁불퉁한 모양의 콜로니 -&gt; <i>Trichosporon lignicola</i></p>
		
		<p>E. 흰색 원형 콜로니 -&gt; <i>Trichosporon moniliiforme</i></p>
		
		<p>F. 옅은 분홍색 콜로니 -&gt; <i>Rhodotorula slooffiae</i></p>
		

고사리 주요 오염균으로 일반세균은 *Acinetobacter* sp., 협기균은 *Streptococcus* sp., 진균은 *Trichosporon lignicola*, *Trichosporon moniliiforme*, *Rhodotorula slooffiae* 인 것으로 파악되었다. 이들은 모두 비포자형성 미생물로서 생육조건은 모두 10℃ 에서 70℃ 범주 안에 든다. 일반적으로  $1.00 \times 10^5$  CFU/mL 미만으로 취식시 인체에 크게 위협한 균은 없지만 고사리 자체 품질 즉, 조직성 붕괴로 인한 식감의 저하, 산패취로 인한 풍미의 악화, 갈변 등에 영향을 준다. *Streptococcus* sp.는

증식을 통하여 acid를 생성하며, *Acinetobacter sp.*와 *Rhodotorula slooffiae*는 증식을 통해 갈변의 원인이 된다.

Table 18. 당근 주요 오염균

일반세균 (NA 배지)		<p>A. 흰색 콜로니 -&gt; <i>Pantoea sp.</i></p>  <p>B. 옅은 주황색 콜로니 -&gt; <i>Exiguobacterium acetylicum</i></p>  <p>C. 진한 주황색 콜로니 -&gt; <i>Exiguobacterium acetylicum</i></p> 
혐기균 (RCM 배지)		<p>D. 흰색 콜로니 -&gt; <i>Exiguobacterium sp.</i></p> 

당근의 주요 오염균으로는 *Pantoea sp.* 와 *Exiguobacterium sp.* 으로 파악되었다. *Pantoea sp.* 는 호기성 미생물로써 주로 흙, 물, 육류, 어류, 식물의 표면, 씨앗, 생야채에서 발견되며, 바닷물에서 750시간 이상 생존할 만큼 염에 강하지만 열에는 약하다. *Pantoea sp.*가 오염된 식품을 먹을시 오한, 구토, 눈과 피부의 가려움이 일어날 수 있다. 당근 주요 오염균으로 분석된 *Exiguobacterium sp.* 의 특성으로는, pH 8에서 11 사이에서 성장하는 알칼리성 미생물이며, 통성 혐기성 균으로 무산소 조건에서도 살 수 있으나, 산소가 풍부한 조건에서 더 좋은 성장을 보인다. 일반적으로 20℃ 에서 40℃에서 성장하며, 낮은 온도에서 생장이 빠른 특징을 가지고 있다. 또한 오랜 기간 동결건조 하여도 생존력이 우수하며, 운동성을 지니며, 포자를 형성하지 않는다(이신희, 2006).

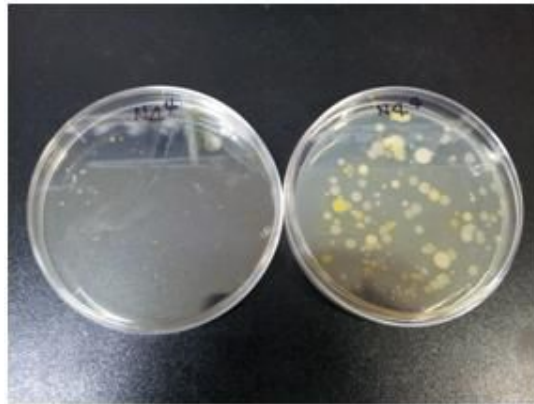
Table 19. 시금치 주요 오염균

일반세균 (NA 배지)		<p>A. 주황 콜로니 -&gt; <i>Exiguobacterium</i> sp.</p>	
혐기균 (RCM 배지)		<p>B. 흰색 콜로니 -&gt; <i>Arthrobacter</i> sp.</p>	
혐기균 (RCM 배지)		<p>C. 원형 콜로니 -&gt; <i>Rahnella</i> sp.</p>	
혐기균 (RCM 배지)		<p>D. 가운데가 진하고 테두리는 옅은 콜로니 -&gt; <i>Enterobacter asburiae</i></p>	
진균 (PDA 배지)		<p>E. 진한 분홍 콜로니 -&gt; <i>Sporobolomyces ruberrimus</i></p>	
진균 (PDA 배지)		<p>F. 흰색 콜로니 -&gt; <i>Cryptococcus</i> sp.</p>	
진균 (PDA 배지)		<p>G. 푸른 곰팡이 -&gt; <i>Cladosporium</i> sp.</p>	

시금치 주요 오염균으로 일반세균은 *Exiguobacterium* sp., *Arthrobacter* sp., 혐기균은 *Rahnella* sp., *Enterobacter asburiae*, 진균은 *Sporobolomyces ruberrimus*, *Cryptococcus* sp., *Cladosporium* sp. 인 것으로 파악되었다. 시금치에서는 호기균, 혐기균, 통성균, 효모, 곰팡이 등 다양한 종류의 미생물이 모두 존재하는 것으로 보여 졌으며 이는 수세가 용이하지 않은 시금치 앞에서 기인한다고 유추하였다.

Table 20. 콩나물 주요 오염균

일반세균 (NA 배지)



- A. 흰색 콜로니  
-> *Stenotrophomonas maltophilia*



- B. 주황색 콜로니  
-> *Klebsiella* sp.



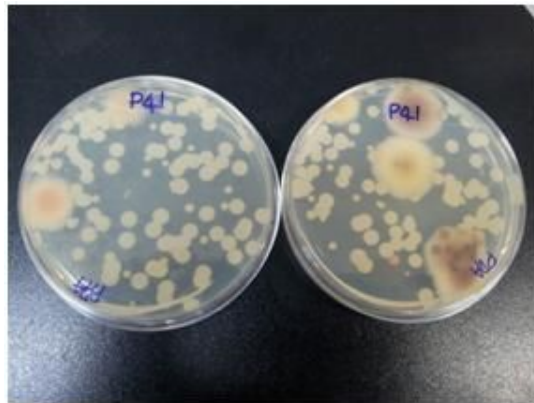
- C. 노랑색 콜로니  
-> *Chryseobacterium* sp.



- D. 탁한 흰색 콜로니  
-> *Cryptococcus* sp.



진균 (PDA 배지)



- E. 핑크색 곰팡이  
-> *Fusarium*



- F. 푸른 곰팡이  
-> *Gibberella* sp.



- G. 보라색 곰팡이  
-> *Penicillium* sp.



콩나물 주요 오염균으로 일반세균은 *Stenotrophomonas maltophilia*, *Klebsiella* sp., *Chryseobacterium* sp., 진균으로는 *Cryptococcus* sp., *Fusarium*, *Gibberella* sp., *Penicillium* sp. 으로 파악되었다. 콩나물은 초기균의 수가  $10^5 \sim 10^7$  CFU/mL 정도로 고사리, 당근, 시금치와 비교하였을 때 가장 높은 미생물 오염정도를 보였으며, 이 중 일반세균 및 진균이 주를 이루는 것으로 보여 졌다. 이 중 대장균군과 내열성세균 등은 나타나지 않았으며 저온성 세균과 효모 및 곰팡이의 비중이



큰 것으로 보아 적절한 열처리 살균을 통해 해당 미생물들을 멸균할 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 17.에서 Table 20.에 걸쳐 나타낸 생채 고사리, 당근, 시금치, 콩나물에 오염되어 있는 미생물 정보를 통하여 각 나물의 주요 미생물 사멸영향인자를 분석하였으며, 마트에서 구입을 하였고 교차오염을 막기 위하여 구입 후 조리실 및 실험실에서 세척 및 분리 과정을 진행한 결과 위의 분리 동정 결과로는 나타나지 않았지만 가공나물에서 문제가 발생할 수 있는 대표적인 미생물로는 *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hydrophila*, *Escherichia coli* O:157, *Bacillus cereus* 등이 포함된다.

결론적으로, 생채 상태의 비빔밥용 나물의 마일드한 열처리를 통한 미생물 제어를 위해서는 각각의 나물에 적절한 pH, 진공포장, 염도 조절을 통해 나물에 오염되어 있는 위해성 미생물 뿐 아니라 조직성 붕괴로 인한 식감의 저하, 산패취로 인한 풍미의 악화, 갈변 등 나물의 품질저하를 유발하는 모든 미생물에 대한 제어가 전처리 과정에서 이루어져야 할 것으로 사료되었다.

## 나 . 가공나물의 주요 오염 미생물

### 1) 가공나물의 식중독균 및 발병사례에 대한 문헌조사

그동안 여름철에 특히 많이 발생하는 식중독은 하절기 등 계절에 관계없이 연중 발생하고 있으며 생활환경의 변화와 외식, 급식의 증가로 인해 건당 환자수가 증가하고 있다. 식중독의 원인은 다양하나 최근에는 노로바이러스에 의한 식중독 또한 많이 대두되고 있다.

고사리나 시금치의 경우 흙에서 기인한 균에 의해 식중독이 발생할 가능성이 크고 쉽게 부패하기 때문에 백화점이나 할인매장에서도 크게 주의를 요하고 있으며 유통기한이 짧기 때문에 나물의 저장성 확보를 위한 기술이 요구되고 있다.

한국소비자원이 서울 시내 백화점과 대형 할인매장, 재래시장에서 파는 나물 가운데 미리 삶거나 데쳐서 판매되는 나물 20개 제품을 조사한 결과 거의 절반에 가까운 9개 제품에서 대장균이 검출된 것으로 나타났다. 대장균은 열에 약해 삶거나 데치는 과정에서 사멸되기 때문에 위생적으로 작업할 경우 검출되지 않기 때문에 이들 제품들은 삶은 후 처리 과정이나 유통과정에서 비위생적으로 관리되었을 가능성이 크다. - YTN 뉴스 2011.01.25

대형마트는 김밥에 달걀을 넣지 않기로 했고 한 김밥 전문점은 시금치 대신 오이를 넣고 있다. 한 도시락 업체는 시금치, 도라지 같은 나물대신 콩자반, 연근 조림 등을 넣는다. 더위가 계속 되면서 식중독 지수가 경고단계까지 올라갔다. 온도를 31도로 맞춰놓고 김밥에 대장균을 증식시켜 봤더니 1시간이 지났을 때 1g당 대장균 숫자는 250마리, 8시간이 지나자 3만 6천 마리까지 늘어났다. - SBS 뉴스 2013.05.22

## 제 3 장 비빔밥 나물의 품질 변화 제어 요소에 대한 연구

## 1. 조리 가공 방식에 따른 제어 연구

### 가. 비빔밥용 나물의 조리 가공 방식 선정

가정에서 채소류를 처리하는 조리방법(cooking method)이나 급식용 식자재를 생산하는 공장에서 사용하는 데치기 기술 등, 전처리기술의 핵심은 heating method로서 조직의 연화, 색 및 풍미 고정, 최소한의 미생물학적 안전성 부여(살균 효과)의 기능을 가지고 있어야 한다.

Table 21. 나물 생산 공장의 제조공정

나물명	제조방법	비고
건고사리	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 건고사리 1kg → 데친 후 6kg</li> <li>2. 끓는 물에서 3분 데침</li> <li>3. 데친 후 세척 시 미지근한 물로 계속 교체하면서 불림(4h 이상)</li> <li>4. 바구니에 담아 탈수 후 일정량씩 포장(250g)</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 건고사리를 1시간 정도 불린 후 데친 후(3분~5분) 다시 불림</li> </ul>
시금치	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 다듬은 후 데치기(30초)</li> <li>2. 데친 후 바로 건져 냉각 및 세척 (3번)</li> <li>3. 탈수</li> <li>4. 바구니에 담아 탈수 후 일정량씩 포장(250g)</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시금치 원료 10 Kg → 다듬은 시금치 7kg → 데친 후 8.5kg</li> </ul>
당 근	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 당근 10kg → 데친 후 9.5kg (수율변화 거의 없음) (30초 데침)</li> <li>2. 데친 후 바로 건져 냉각 및 세척</li> <li>3. 탈수</li> <li>4. 바구니에 담아 탈수 후 일정량씩 포장(250g)</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 짧은 시간(30초)에 데침</li> </ul>
콩나물	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 콩나물 8kg → 세척 후 5.4kg → 데친 후 7.4kg</li> <li>2. 세척 후 뚜껑을 닫고 1분정도 데치고 바로 건져 찬물에 헹굼</li> <li>3. 탈수</li> <li>4. 바구니에 담아 탈수 후 일정량씩 포장(250g)</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 콩나물대가리 소실 방지를 위해 1차 세척 후 데침</li> <li>- 비린내 방지위해 꼭 뚜껑을 닫고 데침</li> </ul>
기 타	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일회실시 용량 : 50kg 기준</li> <li>- 데치기 물량은 원료의 4~5배정도 필요</li> <li>- 원료 투입 후 데치는 물의 온도가 떨어질 수 있으므로 데치는 물의 양을 넉넉히 하여 원료투입 후에도 데치는 물의 온도가 떨어지지 않게 유지해야함</li> </ul>	

제조공정	생 산 라 인	비 고
원 료		시금치 다듬기
↓		
데치기		데치기용 증자솥
↓		
건지기		그물망으로 건지기
↓		
세척 및 냉각		3단계 세척
↓		
탈 수		그물망 건지기 및 탈수
↓		
충 진		일정량(250g) 용기 충전
↓		
포 장		
↓		
시제품		

Figure 4. 나물 생산 공장의 제조공정

현재 유통되고 있는 나물의 경우 데치기, 볶기 등의 공정을 거쳐 포장되어 판매가 되고 있으나 유통과정 중의 미생물 오염이나 물성 변화 등의 문제점을 지니고 있다. 따라서 고품질 제품의 재현을 위해서는 현재 유통되고 있는 나물의 조리 방식을 근거로 하여 각 가공 방식에 따른 품질 변화

의 파악이 우선시 되어야 한다. 따라서 4종 나물에 맞는 조리 가공 방식을 설정하여 그에 따른 품질 변화를 파악하고 그 결과를 바탕으로 주요 공정의 조건 및 범위를 확인하고자 한다.

각 나물의 조리 가공 방식을 선정하기에 앞서 건조 나물의 불림을 위한 최적 조건을 확립하고자 하였다. 건고사리와 같은 건채는 대형 마트에 유통된 뒤 마트 자체적으로 각기 다른 불림방법을 사용하고 있다. 하지만, 침지액의 조건에 따라 불림 후 나물의 색, 조직감, 맛 등에 차이가 있을 것이라 착안하여 건채로 가장 많이 유통되고 있는 건고사리에 대하여 최적의 불림 조건을 찾고자 아래와 같이 실험하였다.

Table 22. 건고사리 불림 실험

	침지액 조건	건고사리 무게(g)	24h 불린 후 무게(g)	불림 수율
1	2% 설탕물	71	256.8	3.6
2	2% 소금물	94	286	3.0
3	물	79.76	258	3.2

건고사리의 경우 약 24시간동안 상온의 물에 2% 설탕물과 소금물, 물에 건고사리를 침전 시켜 불림을 하였으나 약 20%의 샘플에서만 불림이 되었으며 그마저도 완전히 불림이 된 상태가 아님이 실험을 통하여 확인 되었다. 또한 침지액에 따른 관능상의 특별한 차이가 생기지 않음을 확인하였다.

따라서 조리 가공 방식 선정을 위한 실험 진행시 고사리는 끓는 물에 약 16시간 불린 후 40분 동안 물에 삶는 조리 조건을 통하여 불림을 실행하였다.

본 실험에서는 선정된 4가지 나물에 맞는 조리방법을 파악하고 그에 따른 물리적, 이화학적, 미생물적, 관능적 변화에 대해 관찰하고자 하였다. 조리방법은 데치기, 볶기, 이외에 superheated steam 조리방법을 사용하여 비빔밥용 나물의 대량생산을 위한 전처리 기술로서의 활용 가능성을 시험하였다. 또한, 조리 후에 포장을 한 나물을 초고압비가열살균기에서 500 MPa에서 3분간 처리하여 냉장 저장기간의 연장 가능성을 검토하였다.

#### 1) 데치기(blanching)

데치는 방법은 끓는 물을 이용한 재래적 방법을 이용하였으며, 데치는 조건은 관련논문 및 예비 실험을 근거로 설정하였다. 또한 데침액의 소금농도는 기존 문헌 검토를 통해 3%(w/v)를 사용하였으며, 데침 시간은 각 나물의 특성을 고려하여 각각 달리 설정하여 실험하였다.

Table 23. 데치기 실험 방법

	고사리	당근	시금치	콩나물
샘플크기	길이 5~7cm (건고사리 10배 무게의 물에 16시간 불린 후 40분 삶음)	가로 5cm, 세로 5mm, 높이 5mm의 크기로 채썰기	길이 10~15cm	길이 10cm, 높이 3mm의 시료
조리방법	뚜껑 있는 냄비에 물을 100℃ 까지 끓인 후 화력을 일정하게 중불로 고정시켜 데치기			
조리시간	3, 5, 7, 10분	3, 5, 10분	15초, 30초, 1분, 1분 30초, 2분, 3분, 4분, 5분	0, 5, 10, 15, 20분
냉각방법	데친 후 즉시 흐르는 냉수에서 3회 수세하여 수조 이내에 15℃ 이하로 냉각			
탈수방법	채반에서 1시간 동안 물기를 제거하고 티슈로 남아있는 물기를 제거			
포장방법	50g씩 포장			
살균방법	초고압 처리를 통해 비가열 살균			
저장방법	10℃, 15℃ 10일간 저장			

2) 볶기

볶는 방법은 미리 예열된 팬에 일정량의 기름을 두르고 각 시간별로 볶아서 이용하였으며, 볶는 조건은 관련논문 및 예비실험을 근거로 설정하였다. 볶기 조리방법은 물리적 특성을 고려하여 네 가지 나물에 모두 적용하지 않았고, 당근, 고사리에만 적용하여 진행하였다.

볶음 처리는 교반기가 장착된 전기 자동 볶음기(로터리쿠커, (주)태환자동산업)에 넣고 일정한 온도로 조리하였으며, 볶을 때 소금의 농도는 기존 문헌 검토를 통해 3%(w/v)를 사용하였다.

Table 24. 볶기 실험 방법

	고사리	당근
샘플크기	길이 5~7cm (건고사리 10배 무게에 해당하는 물을 이용 16시간 불린 후 40분 물에 삶은 고사리 사용)	가로 5cm, 세로 5mm, 높이 5mm의 크기로 채썰기
조리방법	원물 대비 7% 기름을 두른 후 프라이팬이 달궈졌을 때 고사리를 넣어 시간별로 볶아준다.	원물 대비 7% 기름을 두른 후 프라이팬이 달궈졌을 때 당근을 넣어 시간별로 볶아준다.
조리시간	0, 5, 7, 10, 15분	0, 1, 3, 5분
냉각방법	볶은 후 오일 페이퍼를 받친 채반에 옮긴 후 즉시 냉장고에 넣어 수조 이내에 15℃ 이하로 냉각시켜 흐르는 기름을 제거	
포장방법	50g씩 포장	
살균방법	초고압 처리를 통해 비가열 살균	
저장방법	10℃, 15℃ 10일간 저장	

3) 과열증기 (Superheated Steam)

과열증기 조리방법을 통한 연구는 연속식으로 superheated steam을 공급할 수 있으며, 데치기 등의 다양한 cooking 방법의 장점을 구현할 수 있도록(나물의 종류, cooking 목적에 따른 처리방법이 다양성) 온도/시간 및 증기투입량을 조절할 수 있는 장치를 일본 (주)나오모토사를 방문하여 Table 25와 같은 예비실험을 한 후 주문·제작하여 (주)다손에 설치 후 전통 나물의 조리특성 및 살균효과, 관능특성 등을 실험하였다.

Table 25. (주)나오코토사의 SHS 장치와 그에 따른 실험 결과

연속식과열수증기 실험장치	예비실험결과		
			
<p>- Control Parameter</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 온도 : 100~450℃</li> <li>▪ 시간 : 30초~5분</li> <li>▪ 증기투입량 : 95%</li> </ul>	<p>관능평가 결과 super heated steam 처리를 이용하여 채소, 나물류를 조리하였을 때, 본연의 모양이 변형되지 않으면서 원물의 색상이 거의 100% 유지되고, 맛이 좋아지며, 조직감이 살아있는 것이 확인되었다.</p>		

과열증기의 경우 처리를 위한 변수 조절 범위가 넓기 때문에 실험 진행을 위해서는 현재 유통되고 있는 제품의 관능과 가장 유사한 제품의 형태가 나올 수 있도록 변수의 범위의 설정이 필요하였다. 이에 따라 과열증기 처리에 앞서 다음과 같은 조건으로 heater 온도, steam 온도 및 처리시간의 범위 조건을 실험으로 진행하여 각 나물의 허용 가능한 변수 범위를 설정하였다.

Table 26. 과열 증기의 허용 가능한 변수 범위 설정을 위한 실험 조건

	heater 온도(℃)	steam 온도(℃)	처리시간
고사리	100	400	7분
	400	300	2분
	250	300	2분
	200	300	1분
	100	200	5분
	100	400	3분
	280	400	5분
	280	400	10분
당근	100	300	3분
	100	300	5분
	100	250	3분
	100	250	5분
	100	150	3분
	100	150	5분
	100	400	90초
	100	400	120초
콩나물	100	350	2분
	100	300	3분
	100	300	5분

시금치	100	250	5분
	100	350	4분
	100	400	5분
	100	150	30초
	100	150	1분
	100	150	1분30초
	100	150	2분
	100	200	30초
	100	200	1분
	100	300	30초
	100	300	1분
	100	350	1분
	100	400	40초

위의 조건을 바탕으로 과열증기 처리 후 4종 나물의 색과 조직감을 확인한 결과 최적의 관능적 상태를 가지는 과열증기의 처리조건과 범위는 다음과 같았다.

Table 27. 과열증기 처리 조건과 범위

	Heater 온도(°C)	Steam 온도(°C)	처리시간
고사리	100	200~400	3~5분
당근	100	350~400	90~120초
시금치	100	250~400	30~40초
콩나물	100	250~350	4~5분

앞서 확인한 범위 조건을 바탕으로 1회에 약 50g의 나물을 히터온도를 100°C로 고정된 후 스팀 온도의 범위를 200~400°C 사이에서 컨베이어를 사용하여 이동시키면서 처리하였으며 30초~5분간 체류시킨 후 급속냉각하여 전처리 나물을 제조하였다. 스팀 처리 온도 및 시간은 나물의 특성을 고려하여 각각 달리 설정하여 실험하였다.

Table 28. 과열증기 실험 방법

	고사리	당근	시금치	콩나물
샘플크기	길이 5~7cm (건고사리 10배 무게에 해당하는 물을 이용 16시간 불린 후 40분 물에 삶은 고사리 사용)	가로 5cm, 세로 5mm, 높이 5mm의 크기로 채썰기	길이 10~15cm	길이 10cm, 높이 3mm의 시료
조리방법	스팀온도 및 체류시간을 각기 달리하여 전처리를 실시			
조리시간	0, 1, 2, 3, 5, 7, 10분	0, 3, 5분	0, 0.5, 1, 1.5, 2분	0, 2, 3, 4, 5분
냉각방법	처리 후 즉시 흐르는 냉수에서 3회 수세하여 수초 이내에 15°C 이하로 냉각			
포장방법	50g씩 포장			
살균방법	초고압 처리를 통해 비가열 살균			
저장방법	10°C, 15°C 10일간 저장			

## 나. 조리 가공 방식에 따른 물리적 변화

조직감은 Texture analyser(TA.XTplus, Stable Micro Systems, UK)를 이용하여 측정하였으며, TPA(texture profile analysis)를 통해 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 및 씹힘성(chewiness)을 조사하였다.

TPA 실험은 모든 샘플에 측정되지는 않았고 샘플 특성에 적합한 실험값을 택하여 결과를 분석하였다. 각 처리구마다 5회 반복하여 측정 및 1회 측정 시 5회 반복의 조건으로 측정하였다. 또한 조직감 변화를 나타내는 지표로서 조직강도(strength)를 추가로 측정하여 조리조건별, 저장기간에 따른 물성 변화를 확인하였으며, 각 처리구마다 5회 반복하여 5회 반복의 조건으로 측정하였다.

Table 29. 고사리의 조리가공 방식에 따른 texture 측정

	데치기				볶기				과열증기 (superheated steam)	
	0분	3분	5분	10분	0분	5분	7분	10분	200℃, 5분	400℃, 3분
저장 0일										
Hardness (kg)	3024±214	3116±297	2547±178	2019±142	3024±214	2973±223	2874±245	2429±198	3096±287	2947±277
Chewiness (%)	924±102	910±142	898±119	850±133	924±102	921±155	930±164	941±170	925±178	914±182
저장 5일										
Hardness (kg)	3087±164	3108±294	2410±197	1964±144	3087±164	2967±237	2719±209	2371±194	3124±265	2854±284
Chewiness (%)	917±117	908±150	901±182	821±142	917±117	915±167	927±178	930±144	920±190	908±143
저장 10일										
Hardness (kg)	3042±242	3110±207	2324±154	1894±157	3087±242	2735±295	2870±275	2154±186	3014±243	2840±267
Chewiness (%)	920±164	902±124	892±164	805±197	920±164	919±149	914±180	915±121	917±124	905±119

고사리나물의 조직감을 확인하기 위해 TPA test 를 실시한 결과 조리를 하지 않은 고사리의 경도, 씹힘성은 저장기간이 길어져도 거의 변화가 없었다. 조리시간이 길어질수록 냉장저장에 따른 조직감 변화는 조금씩 차이가 나타났지만, 큰 차이는 아닌 것으로 측정되었다.

조리방법에 의한 차이는 볶기를 적용한 경우 데치기를 이용한 것에 비해 경도, 씹힘성은 더 우수하였으며, 냉장저장에 따른 조직감 변화도 볶기를 적용한 경우 크게 차이가 나지 않았다. 볶기를 사용할 경우 조리시간이 길어질수록 씹힘성이 증가하는 것으로 보아 과잉 조리될 경우 너무 질겨져서 식감이 떨어질 수 있을 것으로 생각된다.

Superheated steam 처리에 의한 물성변화는 데치기에 의한 물성변화보다 변화가 크게 나타나지 않았으며, 볶기와 큰 차이를 나타내지 않아 볶기나 데치기를 대신하는 조리법으로 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 30. 당근의 조리가공 방식에 따른 texture 측정



	데치기				볶기				과열증기 (superheated steam)	
	0분	3분	5분	10분	0분	1분	3분	5분	400℃, 90초	400℃, 120초
저장 0일										
Hardness (kg)	2147±124	2074±226	1979±154	1742±119	2147±124	2149±258	2054±198	1940±114	2014±167	2009±254
Strength (gf)	687±45	642±77	620±24	600±50	687±67	676±42	661±35	645±40	672±54	659±47
저장 5일										
Hardness (kg)	2059±142	2009±274	1864±204	1647±109	2059±142	2102±267	1964±201	1791±154	2056±135	2054±212
Strength (gf)	654±37	639±45	611±48	587±51	654±37	645±14	632±72	614±24	645±27	632±32
저장 10일										
Hardness (kg)	2087±116	1986±186	1790±169	1547±121	2087±116	2094±208	1842±154	1604±167	2020±178	2017±137
Strength (gf)	621±21	618±32	604±67	567±35	621±21	615±59	605±24	587±74	617±41	610±57

당근의 조직감을 확인하기 위해 TPA test 를 통해 경도(hardness) 및 조직강도(strength)를 측정하여 조리조건별, 저장기간에 따른 물성 변화를 확인하였다.

경도는 조리시간이 길수록, 또한 저장기간이 길어질수록 낮아진 것을 확인할 수 있었으며, 조직강도는 조리시간이 길어질수록 약해지는 것을 확인할 수 있었으며, 또한 저장기간이 길어짐에 더욱 약해지는 것을 확인할 수 있었다.

Superheated steam 처리에 의한 물성변화는 데치기에 의한 물성변화보다 경도, 조직강도가 높게 측정되었으나, 볶기에 의한 물성변화 보다는 다소 낮은 경향을 나타내었다.

Table 31. 시금치의 조리가공 방식에 따른 texture 측정

	데치기								과열증기 (superheated steam)	
	0분	30초	1분	1분30초	2분	3분	4분	5분	250℃, 30초	400℃, 40초
저장 0일										
Hardness (kg)	380.0±26.4	351.1±98.4	302.8±16.0	281.8±39.8	261.7±8.7	204.4±17.8	202.5±9.7	201.7±6.4	376.0±12.1	368.4±11.7
Chewiness (%)	547±27	537±32	536±45	524±22	501±94	487±19	421±57	398±68	536±24	525±19
Strength (gf)	1918±121	845±78	798±45	764±56	720±34	640±48	526±57	520±64	1721±105	1857±95
저장 5일										
Hardness (kg)	375.1±98.0	321.8±39.8	289.5±8.3	262.4±9.4	213.7±12.8	204.1±10.7	201.0±8.1	200.1±5.4	374.4±23.1	360.4±54.3
Chewiness (%)	533±54	529±78	534±24	519±26	487±12	432±37	398±35	350±09	537±36	519±45
Strength (gf)	1857±124	831±87	787±74	752±62	691±55	605±57	487±32	457±64	1714±98	1787±105
저장 10일										
Hardness (kg)	362.3±24.7	305.1±4.4	263.7±12.8	255.5±8.4	203.7±12.1	200.7±8.4	179.6±23.8	176.4±12.5	360.1±11.6	358.7±31.4
Chewiness (%)	521±34	524±42	521±54	515±67	454±19	412±24	365±21	306±11	524±09	507±37
Strength (gf)	1758±97	814±55	760±58	742±64	651±12	555±57	42742	397±35	1685±96	1647±54

시금치의 경우 TPA 실험을 통해 경도(hardness)와 씹힘성(chewiness)를 측정하였으며, 측정결과 조리시간 및 저장기간이 길어질 수록 그 강도가 약해진 것을 확인할 수 있었다.

0분 데치기 처리할 경우 조직감의 변화가 크게 나타나지 않았지만, 조리시간이 길어질수록 조직감의 감소가 나타났으며, 2분 데치기 처리부터 조직감이 급격히 낮아지는 것으로 나타났다.

이는 조리시간이 길수록, 또한 저장기간이 길어질수록 조직이 물러진다는 것을 나타내며, 시금치는 잎이 열에 워낙 민감하므로 기본적인 데침의 목적을 만족하는 수준에서 신속히 열처리를 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

Superheated steam 처리한 샘플의 경우 같은 시간 데치기 처리한 샘플의 조직보다 훨씬 원료에 가까운 값을 나타내었으며, 일반 데치기 조리법을 이용한 경우보다 물러짐이 훨씬 느리게 진행됨을 확인할 수 있었다. 따라서 superheated steam을 통한 전처리가 나물의 조직감을 살리고 조리에 의한 변화를 최소화 할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 32. 콩나물의 조리가공 방식에 따른 texture 측정

	데치기					과열증기 (superheated steam)	
	0분	5분	10분	15분	20분	250℃, 5분	350℃, 4분
저장 0일							
Hardness (kg)	1427±98	1102±67	1024±87	957±23	941±45	1248±87	1167±65
Chewiness (%)	607±57	547±12	521±78	503±34	485±67	587±51	564±50
Strength (gf)	385±45	324±42	310±75	300±24	285±36	364±65	342±47
저장 5일							
Hardness (kg)	1348±88	1054±47	994±51	944±24	925±19	1209±64	1157±78
Chewiness (%)	584±24	521±22	517±34	494±54	475±87	574±24	557±32
Strength (gf)	354±33	310±54	308±36	297±74	271±60	354±14	331±24
저장 10일							
Hardness (kg)	1258±74	997±15	980±32	924±57	918±55	1221±64	1109±78
Chewiness (%)	577±24	517±32	514±57	482±64	464±08	567±57	565±24
Strength (gf)	342±54	304±42	296±38	286±42	262±57	354±27	327±30

조직감 변화는 조리시간이 길어질수록, 저장기간이 길어질수록 그 강도가 다소 약해지는 것을 확인할 수 있었다.

데치기 처리한 샘플들은 대부분이 강도나 씹힘성, 절단강도 모두 처음 상태보다 5~10%정도 감소되는 현상이 나타났으나, superheated steam을 이용하여 조리한 콩나물의 조직감은 10일의 저장기간 동안 대체로 일정하게 나타나 저장기간 동안 조직 강도가 상당히 안정한 것으로 나타났다. 따라서 superheated steam을 이용하여 조리한 콩나물은 과열증기에 의한 살균효과 및 일반적인 데치기 처리 샘플보다 냉장 유통시 훨씬 물러짐이 덜한 상태를 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 다. 조리 가공 방식에 따른 미생물적 변화

나물의 초기균수는 조리 정도에 따라 일부 차이는 나타났지만 대부분의 시료에서 조리 전 log 4 이상의 높은 균수를 나타내었고, 조리를 통해 일부 샘플은 그 수가 log 1 수준으로 떨어지는 것을 확인할 수 있었다.

모든 시료가 저장기간이 길어짐에 따라 약간 증가하는 현상을 나타내었는데 저장 10일이 경과 후 그 수는 생시료의 경우 log 7 이상을 나타내어 식품 저장안정성에 변화를 나타내어 식용으로 이용하기 불가능한 정도가 되었고 조리나물의 경우 정도의 차이는 있으나 대부분이 log 5 이상 증가하는 현상을 보였다.

Superheated steam 처리한 샘플의 경우 데치기나 볶기 등의 조리방법을 사용한 샘플과 초기 균수는 비슷하였지만, 저장기간에 따른 증가가 훨씬 적어 냉장 저장 10일 후 log 3~4 수준에 머물렀다.

본 실험을 통해 총균수는 저장기간이 길어질수록 더욱 증가될 것이라 사료되며, 미국 국방부의 Natick 연구소에서는 식품의 안정성 면에서 조리 식품의 미생물 총균수 한계를 log 5까지 제한하고 있기 때문에 열처리나 비가열 살균등의 처리를 통해 제어할 필요가 있음을 보여준다. 또한, 저장기간을 늘이기 위한 superheated steam 공정상의 낙하균 처리 및 조리조건 수정, 열탕살균 방법 등의 접목을 고려해 보아야 할 것으로 판단되었다. 생시료와 가공나물의 저장기간별 총균수 변화는 Table 33 ~ 36와 같다.

Table 33. 고사리의 조리가공 방식에 따른 총균수 변화 (단위 : cfu/unit)

	데치기				볶기				과열증기 (superheated steam)	
	0분	3분	5분	10분	0분	1분	3분	5분	200℃, 5분	400℃, 3분
0일	5.70x10 <sup>4</sup>	6.01x10 <sup>3</sup>	7.10x10 <sup>3</sup>	4.50x10 <sup>1</sup>	5.70x10 <sup>4</sup>	3.63x10 <sup>3</sup>	8.25x10 <sup>2</sup>	5.85x10 <sup>1</sup>	2.47x10 <sup>2</sup>	2.75x10 <sup>2</sup>
5일	9.20x10 <sup>6</sup>	1.15x10 <sup>4</sup>	2.50x10 <sup>4</sup>	6.02x10 <sup>2</sup>	9.20x10 <sup>6</sup>	1.67x10 <sup>4</sup>	7.50x10 <sup>3</sup>	2.41x10 <sup>2</sup>	1.49x10 <sup>3</sup>	2.16x10 <sup>3</sup>
10일	8.60x10 <sup>7</sup>	5.24x10 <sup>6</sup>	2.34x10 <sup>5</sup>	5.85x10 <sup>4</sup>	8.60x10 <sup>7</sup>	3.85x10 <sup>6</sup>	8.10x10 <sup>5</sup>	1.15x10 <sup>3</sup>	2.42x10 <sup>4</sup>	3.10x10 <sup>4</sup>

데치기 시간에 따른 고사리 미생물 변화는 10분 처리를 통해 초기 균수가 log 3 이상으로 낮아진 것을 확인할 수 있다. 저장기간에 따른 균수 증가는 5분 이상 조리 시 냉장저장 10일 동안 log 2 수준으로 훨씬 적게 증가함을 보였다. 따라서 고사리를 위한 조리시간으로 최소 5분 이상 처리가 필요할 것으로 생각된다.

Superheated steam 처리에 의한 균수 변화는 초기 균수 log 2에서 log 4로 크게 변하지는 않았으나, 균이 존재하는 상태에서 냉장상태로 저장 3달 이상 유지하기 위해서는 초기 균수 제어에 대한 방안이 필요할 것으로 판단된다.

Table 34. 당근의 조리가공 방식에 따른 총균수 변화 (단위 : cfu/unit)

	데치기				볶기				과열증기 (superheated steam)	
	0분	3분	5분	10분	0분	1분	3분	5분	400℃, 90초	400℃, 120초
0일	3.40x10 <sup>4</sup>	2.12x10 <sup>3</sup>	1.84x10 <sup>3</sup>	5.85x10 <sup>1</sup>	3.40x10 <sup>4</sup>	4.50x10 <sup>3</sup>	5.05x10 <sup>2</sup>	1.10x10 <sup>1</sup>	4.80x10 <sup>2</sup>	1.31x10 <sup>2</sup>
5일	2.10x10 <sup>6</sup>	5.30x10 <sup>4</sup>	2.30x10 <sup>4</sup>	6.02x10 <sup>2</sup>	2.10x10 <sup>6</sup>	8.25x10 <sup>4</sup>	1.74x10 <sup>3</sup>	1.40x10 <sup>2</sup>	5.70x10 <sup>3</sup>	2.30x10 <sup>3</sup>
10일	5.60x10 <sup>7</sup>	4.40x10 <sup>6</sup>	3.40x10 <sup>5</sup>	1.65x10 <sup>3</sup>	5.60x10 <sup>7</sup>	2.15x10 <sup>6</sup>	3.10x10 <sup>5</sup>	2.30x10 <sup>3</sup>	2.16x10 <sup>4</sup>	7.00x10 <sup>4</sup>

데치기 시간에 따른 당근의 미생물 변화는 10분 처리를 통해 초기 균수가 log 3 수준으로 낮아진 것을 확인할 수 있다. 데치기를 통한 조리시간은 10분 이상이 바람직할 것으로 판단된다.

저장기간에 따른 균수 증가는 0~3분 처리 시 냉장저장 10일 동안 log 3 수준으로 증가함에 반해 5~10분 처리 시 log 2 수준으로 훨씬 적게 증가함을 보였다.

볶기 공정을 통한 미생물 변화는 5분 처리를 통해 초기 균수가 log 3 이상 낮아진 것을 확인하였으며, 냉장저장에 따른 균수 증가 역시 5분 처리 시 log 2 정도로 낮게 측정되어 당근 조리를 위한 볶기 시간으로 최소 5분 이상 처리가 필요한 것으로 나타났다.

Superheated steam 처리에 의한 균수 변화는 초기 균수 log 2에서 log 4로 크게 변하지는 않았으나, 균이 존재하는 상태에서 냉장상태로 저장 3달 이상 유지하기 위해서는 초기 균수 제어에 대한 방안이 필요할 것으로 판단된다.

Table 35. 시금치의 조리가공 방식에 따른 총균수 변화

(단위 : cfu/unit)

	데치기							과열증기 (superheated steam)		
	0분	30초	1분	1분30초	2분	3분	4분	5분	250℃,30초	400℃,40초
0일	1.30x10 <sup>4</sup>	5.70x10 <sup>3</sup>	1.20x10 <sup>3</sup>	9.40x10 <sup>2</sup>	8.60x10 <sup>2</sup>	2.30x10 <sup>2</sup>	1.40x10 <sup>2</sup>	1.30x10 <sup>2</sup>	5.70x10 <sup>2</sup>	4.24x10 <sup>2</sup>
5일	3.00x10 <sup>5</sup>	4.60x10 <sup>5</sup>	2.14x10 <sup>4</sup>	5.15x10 <sup>3</sup>	1.89x10 <sup>3</sup>	2.24x10 <sup>3</sup>	4.10x10 <sup>3</sup>	2.15x10 <sup>3</sup>	3.20x10 <sup>3</sup>	2.14x10 <sup>3</sup>
10일	6.20x10 <sup>7</sup>	2.60x10 <sup>7</sup>	4.10x10 <sup>6</sup>	6.80x10 <sup>5</sup>	7.20x10 <sup>4</sup>	4.60x10 <sup>4</sup>	6.20x10 <sup>4</sup>	5.00x10 <sup>4</sup>	1.12x10 <sup>4</sup>	1.45x10 <sup>4</sup>

데치기 시간에 따른 시금치의 미생물 변화는 1분 30초 처리를 통해 초기 균수가 log 2 수준으로 낮아진 것을 확인할 수 있다. 1분 30초 처리시 냉장 저장 10일 후 균수가 log 3 정도 증가하였기 때문에 시금치를 위한 조리시간으로 최소 2분 이상 처리가 필요할 것으로 생각된다.

Superheated steam 처리에 의한 균수 변화는 초기 균수 log 2에서 log 4로 증가하였으며, 이 상태로는 냉장상태로 저장 3달 이상 유지하기 어려울 것으로 판단되기 때문에 초기 균수 제어에 대한 superheated steam 처리 후 공정 개선 방안이 필요할 것으로 판단된다.

Table 36. 콩나물의 조리가공 방식에 따른 총균수 변화

(단위 : cfu/unit)

	데치기					과열증기 (super heated steam)	
	0분	5분	10분	15분	20분	250℃, 5분	350℃, 4분
0일	2.28x10 <sup>4</sup>	8.70x10 <sup>2</sup>	2.90x10 <sup>2</sup>	1.50x10 <sup>1</sup>	1.36x10 <sup>1</sup>	3.12x10 <sup>3</sup>	1.26x10 <sup>2</sup>
5일	2.00x10 <sup>6</sup>	2.30x10 <sup>4</sup>	7.00x10 <sup>3</sup>	4.20x10 <sup>2</sup>	1.76x10 <sup>2</sup>	5.40x10 <sup>4</sup>	2.45x10 <sup>3</sup>
10일	5.40x10 <sup>8</sup>	3.80x10 <sup>6</sup>	1.24x10 <sup>4</sup>	2.25x10 <sup>3</sup>	5.40x10 <sup>3</sup>	6.10x10 <sup>5</sup>	4.20x10 <sup>4</sup>

데치기 시간에 따른 콩나물의 미생물 변화는 15분 처리를 통해 초기 균수가 log 3 수준으로 낮아진 것을 확인할 수 있다. 저장기간에 따른 균수 증가는 0~5분 처리 시 냉장저장 10일 동안 log 4 수준으로 증가함에 반해 10~20분 처리 시 log 2 수준으로 훨씬 적게 증가함을 보였다. 따라서 콩나물을 위한 조리시간으로 최소 10분 이상 처리가 필요할 것으로 생각된다.

Superheated steam 처리에 의한 균수 변화는 초기 균수 log 2에서 log 3으로 거의 변화가 없었으나, 균이 존재하는 상태에서 냉장 상태로 저장 3달 이상 유지하기 위해서는 초기 균수 제어에 대한 방안이 필요할 것으로 판단된다.

#### 라. 조리 가공 방식에 따른 관능 변화

















조리 가공 방식에 따른 관능 변화를 파악하기 위해 앞서 과열증기의 heater 온도, steam 온도 및 처리시간 변수의 범위의 설정을 위해 외관과 조직감의 변화를 파악한 결과는 다음과 같다.

고사리의 경우 스팀온도 400℃에서 7분간 처리하였을 경우 물성이 완전 건조되어 먹을 수 없는 정도가 되었고, 같은 온도조건에서 처리 시간을 2분으로 줄였을 경우 역시 건조가 진행되고 색도 짙어져 식감이 많이 떨어지는 상태가 되었다.

스팀 온도를 250℃로 줄인 상태에서 처리시간을 1분, 2분 해 주었을 경우 건조되는 현상은 없어졌지만, 물성이 질겨져 역시 식감이 떨어지는 현상이 발생하였다. 따라서 처리조건은 침지한 샘플을 기준으로 물을 첨가하여 조리하도록 하였으며, 물을 첨가하여 스팀온도 200도에서 5분간 처리하였을 때 물성이 좋아지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 물이 첨가된 상태로 스팀온도 400℃에서 3분간 처리하였을 경우 식감이나 색 등의 관능이 가장 우수한 것을 확인할 수 있었다.

















이와 더불어 건고사리를 구입하여 조리할 경우 15시간 이상 불려야 하고 다시 삶는 등 조리방법이 번거롭고 비효율적인데 반해 superheated steam처리를 통해 불리는 시간을 6시간으로 줄인 상태에서 15시간 이상 불린 것과 유사한 식감을 재현할 수 있다는 점에서 그 이용성이 많을 것으로 사료된다.

Table 37. 고사리의 과열증기 조건별 형태 변화

<과열증기 처리전>	<과열증기 처리후>	<과열증기 처리전>	<과열증기 처리후>
			
heater 100℃, steam 400℃, 7분 (16시간 침지 후 이용)		heater 100℃, steam 200℃, 5분 (16시간 침지 후 수분 첨가하여 이용)	
			
heater 400℃, steam 300℃, 2분 (16시간 침지 후 이용)		heater 100℃, steam 400℃, 3분 (16시간 침지 후 수분 첨가하여 이용)	
			
heater 250℃, steam 300℃, 2분 (16시간 침지 후 이용)		heater 280℃, steam 400℃, 5분 (6시간 침지 후 수분 첨가하여 이용)	
			
heater 200℃, steam 300℃, 1분 (16시간 침지 후 이용)		heater 280℃, steam 400℃, 10분 (6시간 침지 후 수분 첨가하여 이용)	





















당근은 스팀온도가 너무 낮을 경우 충분히 조리되지 않아 딱딱한 물성이 많이 남아있는 상태였고, 온도를 올릴수록 조리가 되어 조직은 연화되지만 색은 변하지 않고 선명하게 남아있는 특징을 보였다. 150~400℃까지 온도범위 하에 시간별 처리를 해본 결과 낮은 온도보다는 높은 온도에서 단시간 조리하는 것이 색이나 조직감 등의 관능이 우수하게 평가되었고, 그 결과 400℃에서 90초, 120초 처리한 샘플의 식감이나 색 등 전반적인 평이 우수한 것을 확인할 수 있었다.

Table 38. 고사리의 과열증기 조건별 형태 변화

<과열증기 처리전>	<과열증기 처리후>	<과열증기 처리전>	<과열증기 처리후>
			
heater 100℃, steam 150℃, 3분		heater 100℃, steam 300℃, 3분	
			
heater 100℃, steam 150℃, 5분		heater 100℃, steam 300℃, 5분	
			
heater 100℃, steam 250℃, 3분		heater 100℃, steam 400℃, 90초	
			
heater 100℃, steam 250℃, 5분		heater 100℃, steam 400℃, 120초	

시금치의 경우 스팀온도 300℃~350℃ 범위에서 1분간 처리하였을 경우 갈변이 되는 문제가 있어 그 조건은 적합하지 않은 조건으로 판단되었으며, 400℃, 40초 처리의 경우 조직감이 살아있어 관능 적으로는 좋았으나 갈변이 발생하는 문제가 발생했다.













Table 39. 시금치의 과열증기 조건별 형태 변화

<과열증기 처리 전>	<과열증기 처리 후>	<과열증기 처리 전>	<과열증기 처리 후>
			
heater 100℃, steam 150℃, 30초		heater 100℃, steam 150℃, 1분	
			
heater 100℃, steam 150℃, 1분30초		heater 100℃, steam 150℃, 2분	
			
heater 100℃, steam 200℃, 30초		heater 100℃, steam 200℃, 1분	
			
heater 100℃, steam 300℃, 30초		heater 100℃, steam 300℃, 1분	
			
heater 100℃, steam 350℃, 1분		heater 100℃, steam 350℃, 40초	

콩나물의 경우 스팀온도와 상관없이 처리 시간이 너무 짧을 경우 콩나물 특유의 비린 맛이 남아 있어 관능이 떨어지는 현상이 발생하였다. 따라서 스팀온도를 250~400℃ 사이로 설정하고 처리시간을 2분~5분으로 다양하게 바꾸어 가며 처리해본 결과 3분 처리시간까지 비린 맛이 약간 남아있는 경향을 보였고, 250℃에서 5분간 처리하였을 경우 조직감도 살아있고 비린 맛도 없는 가장 좋은 상태로 평가되었다. 또한 처리 시간은 4~5분이 가장 좋았지만 스팀 온도가 너무 높을 경우 콩나물이 너무 익어버리던가 건조되어 마르는 현상이 발생하였다.

Table 40. 콩나물의 과열증기 조건별 형태 변화












<과열증기 처리 전>	<과열증기 처리 후>	<과열증기 처리 전>	<과열증기 처리 후>
			
heater 100℃, steam 250℃, 5분		heater 100℃, steam 300℃, 3분	
			
heater 100℃, steam 300℃, 5분		heater 100℃, steam 350℃, 2분	
			
heater 100℃, steam 350℃, 4분		heater 100℃, steam 400℃, 5분	

위의 실험 결과를 바탕으로 과열 증기의 변수의 범위를 설정하였고, heater 온도를 100℃로 고정 한 후 steam 온도의 범위를 200~400℃ 사이에서 달리하며 처리하였다.

1) 조리방법에 따른 외관변화

전통 나물 4종 나물의 데치기와 볶기, SHS 처리 후 관능 변화 정도를 조건별로 비교한 결과는 다음과 같다.

Table 41. 고사리의 조리방법에 따른 외관변화

		
조리전	3분 데치기	5분 데치기
		
10분 데치기	1분 볶기	3분 볶기
		
5분 볶기	SHS 400℃ 5분	SHS 200℃ 3분

고사리의 조리방법에 따른 물성변화는 데치기 과정없이 볶기공정만 처리하였을 경우 조직이 부드러워지지 않고 뻣뻣해지는 현상이 나타났다. 따라서 볶기공정만 처리하는 것보다 데치기와 혼합하여 처리하는 방법에 대한 연구가 조금 더 필요할 것으로 생각되며, 조리시간은 미생물 생육 정도를 고려해서 5분 이상 처리하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

Super heated steam 처리 역시 고온 가열로 인해 표면이 약간 건조되는 현상이 나타났다.

Table 42. 당근의 조리방법에 따른 외관변화

		
조리전	SHS 400°C 90초	SHS 400°C 120초
		
3분 데치기	5분 데치기	10분 데치기
		
1분 볶기	3분 볶기	5분 볶기

당근의 조리방법에 따른 물성변화는 데치기보다 볶기 처리한 경우 색이나 물성 등에 효과가 좋은 것을 나타냈으며, 데치기 공정은 미생물 생육 정도로 판단하였을 때 5분 이상 처리하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

볶기 공정인 경우 미생물 억제정도가 데치기 처리보다 훨씬 좋았기 때문에 볶는 시간은 3분 이상이 바람직할 것으로 판단되며, 조직이 심하게 물러지는 현상을 나타내기 때문에 물러지지 않는 조건에서 조리시간을 결정하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

Table 43. 당근의 조리방법에 따른 외관변화








		
조리전	30초 데치기	1분 데치기
		
1분30초 데치기	2분 데치기	3분 데치기

		
4분 데치기	5분 데치기	7분 데치기
		
SHS 250°C 30초	SHS 400°C 40초	

Figure 11. 시금치의 조리시간별 외관 변화

시금치의 데치기 공정은 미생물 생육 정도로 판단하였을 때 3분 이상 처리하는 것이 바람직한 것으로 생각되며, 조리 공정별 테스트 결과 조리시간이 길어짐에 따라 조직이 심하게 물러지는 현상을 나타내기 때문에 물러지지 않는 조건에서 미생물이 억제되는 시점을 조리시간으로 결정하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

Table 44. 콩나물의 조리방법에 따른 외관변화

		
조리전	5분 데치기	10분 데치기
		
15분 데치기	20분 데치기	25분 데치기
		
SHS 350°C 4분	SHS 250°C 5분	

콩나물의 데치기 공정은 미생물 생육 정도로 판단하였을 때 10분 이상 처리하는 것이 바람직한 것으로 생각되며, 조리 공정별 테스트 결과 콩나물의 경우 조리시간이 길어짐에 따라 조직이 물러지는 현상을 나타내기 때문에 물러지지 않는 조건에서 비린 맛만 제거되는 시점을 조리시간으로 결정하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

## 2) 조리 방식에 따른 식감 변화

### ① 데치기 처리에 따른 품질변화

조리방법이 길어지고 저장기간이 길어짐에 따라 그 강도가 약해짐을 확인할 수 있었다.

데치기 처리할 경우 나물의 조직감을 살리기 위해 조리시간을 줄일 경우 미생물 생육이 억제되지 않는 현상이 발생하였고, 데치는 물을 통해 원물의 맛과 향 등이 소실되는 현상이 발생하였다. 또한 콩나물의 경우 특유의 비린향이 없어질 때까지 데칠 경우 조직이 물러져 냉장저장 상태로 10일을 넘지 못하는 것으로 나타났다.

당근의 경우 딱딱한 물성이 없어질 때까지 데치기 처리할 경우 당근 특유의 향이 많이 사라지게 되었으며, 고사리의 경우 역시 냉장저장을 통해 10일 이상 미생물생육을 억제시킬 정도로 처리할 경우 조직이 많이 물러지는 경우가 생겨 장기간 저장하기 위한 샘플 조리방법으로 적합하지 않다고 판단된다.

### ② 볶기 처리에 따른 품질변화

조리방법에 의한 차이는 볶기를 적용한 경우 데치기를 이용한 것에 비해 경도, 씹힘성은 더 우수하였으며, 냉장저장에 따른 조직감 변화도 볶기를 적용한 경우 크게 차이가 나지 않았다.

당근은 볶기를 사용하여 조리할 경우 데친 상태보다 식감이 더 우수하였고, 저장기간에 따른 미생물 증식이 더 억제되는 효과를 나타내었다. 또한 기름에 의해 색이 더 우수하게 나타나 데치기 처리보다 적합한 조리방법으로 판단된다.

고사리의 경우 볶기를 사용할 경우 조리시간이 길어질수록 씹힘성이 증가하는 것으로 보아 과잉 조리될 경우 너무 질겨져서 식감이 떨어질 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 볶는 시간은 5분을 넘지 않도록 설정하는 것이 바람직하다.

### ③ Superheated steam 처리에 따른 품질변화

가열증기 처리의 경우 샘플에 직접적으로 닿는 물의 양이 적고 조리시간이 상대적으로 짧기 때문에 조직이 크게 달라지거나 물러지는 현상은 거의 나타나지 않았다. 색변화 역시 일반적인 조리방법을 사용한 경우보다 거의 변화가 없고, 원료의 맛과 향 등도 우수하게 나타났다.

## 2. 포장 방법에 따른 제어 연구

### 가. B2B 나물용 포장 재질 선택에 대한 조사

식품위생법 제 7조에 따라 식품의약품안전처장이 식품에 대한 기준 및 규격을 정하여 고시한 식품공전 제2012-1호 (2012년 1월 20일 고시반영) 내용에 따르면, 식품에 사용 가능한 포장 재질로써는 38종류의 합성수지제와, 고무제, 가공지제, 금속제, 목재, 유리 및 도자기류, 전분제로 나뉘어 있으며, 제품의 특성 및 용도에 맞는 포장재의 선택이 중요함은 자명하다.

열처리 및 초고압 공정을 활용한 제품을 위한 적절한 포장 재질로써 진공포장 상태 유지를 위한 산소투과량, 열처리 공정에서 사용 가능한 온도 범위, 초고압공정에서 물리적인 압력으로부터 견딜 수 있는 포장의 강도 적성이 뛰어난 포장 재질의 선택이 주요 선별 요소로 고려되었다.

CJ제일제당에 근무 중인 여러 포장 전문 연구원들의 자문에 따르면, 초고압 공정을 통한 효과적인 미생물 제어를 위해서 포장방법으로는 진공포장을 하여야 하며, 진공포장을 위한 포장 재질로서는 물리적, 화학적, 경제적인 면을 모두 고려하였을 때, NY/LLDPE 합성 포장 재질을 사용하는 것이 본 과제에서 만들고자 하는 B2B용 나물 및 B2C용 비빔밥 제품의 목적에 가장 적절하다고 하였으며 실제로 즉석 냉장/냉동 식품인 만두, 각종 소스류, 육수 등 생산 및 유통시 진공과 열처리가 필요한 제품과 같은 다양한 제품들이 NY/LLDPE 합성 포장재질로 상용화 되고 있다.

필름의 종류에 따른 밀도, 인장강도, 신장율, 충격강도, 단열저항, 인열 전파 저항, 사용 온도 범위, 흐림도, 수증기 투과량, 산소 투과량 평가 자료를 통하여 NY (나일론-6필름 (이축연산)), LLDPE (Low Linear Density Poly Ethylene: 저밀도 폴리에틸렌), EVOH (Ethylene Vinyl alcohol: 셀로판)의 특성에 대해 아래 Table 1.에 나타내었으며, 해당 포장 재질의 충격강도, 사용온도범위, 분석하였으며 특히 열처리 및 초고압 적성에 초점을 맞추어 분석 하였다.

Table 45. 필름의 종류에 따른 밀도, 인장강도, 신장율, 충격강도, 단열저항, 인열전파저항, 사용온도범위, 흐림도, 수증기투과량, 산소투과량 평가

필름의 종류	단위	항목											
		밀도	인장강도	신장율	영율	충격강도	단열저항	인열전파저항	사용온도범위	흐림도	수증기투과량	산소투과량	
		g/cm <sup>3</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	%	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf·cm (25μm)	kgf (25μm)	gf (25μm)	°C	% (25μm)	40°C g/24hr m <sup>2</sup> /0.1mm	20°C ml(NTP)/24hr m <sup>2</sup> /0.1mm atm	25°C ml(NTP)/24hr m <sup>2</sup> /0.1mm at
OPP		0.91	15	150	200	17	15	10	-50~120	1.5	1.4	330	400
OPP		0.89	3~5	700	70	1	3	100	0~120	2.0	3.0	700	900
셀로판		1.40~1.55	12~20	15	150~320	9	6	4	~190 (탄화)	1	500	1	-
방습셀로판		1.44	8~18	30	110~3	9	4	105	-50~190 (탄화)	1.5	20~40	1	-
폴리에틸렌라이네이트셀로판		1.2	5~9	30~30	50~120	7	5	40	~80	6	5~6	3	-
저밀도 폴리에틸렌필름		0.92	2	300	20	4	2	100	-50~80	10	5	1,500	2,000
이축연산 폴리에틸렌테레프탈레이트 필름		1.40	24	110	400	25	20	14	-70~150	2~4	5.5	15	19
나일론-6필름 (무연산)		1.13	10	400	60	12	5	50	-70~150	2~3	80~100	12	15
나일론-6필름 (이축연산)		1.15	22	90	200	25	20	5	-70~150	2~3	20~30	5~8	6~12

일반적으로 포장에 사용되는 NY는 나일론-6필름 (이축연산)으로, Table 45.에 나타난 바와 같이 산소투과량은 5~8 m<sup>2</sup>/0.1mm atm 으로써 다른 포장 재질들에 비해 산소투과량이 낮으며 이는 산소 차단성이 좋아 진공포장에 적절한 것으로 해석 될 수 있으며, 사용 온도범위는 약 -70~150°C 로써 식품에 적용되는 조리 및 살균 공정에 충분한 내한성 및 내열성을 갖는다는 것을 확인할 수 있다. 또한, 인장강도(항장력)와 충격강도가 각각 1.15g/cm<sup>2</sup> 와 200kgf·cm 으로써 초고압 공정의 물리적인 압력으로 인한 포장 파손을 방지할 수 있을 것으로 판단되었다.

저밀도 폴리에틸렌 (LLDPE) 필름은 접착력이 좋아 흔히 다른 포장재질과 혼합되어 sealent로서의 역할을 하며, 합성되는 포장재의 인쇄 적성을 상승시키는 역할을 한다. 또한, LLDPE는 40°C에서 수증기 투과량이 5mL(NTP)/24hr/m<sup>2</sup>/0.1mm atm 으로써 다른 필름들에 비해 상대적으로 낮은 수분 투과율을 갖는 특성으로 이의 두께 조절을 통한 합성 포장재 제작으로 식품의 미생물 제어에 현재

식품에 사용되고 있다.

셀로판은 그 종류가 다양 하지만, 최근에는 에틸렌비닐 알코올 (EVOH)가 포장에 주로 사용되고 있다. 그 이유로는, 기존에 산소 차단성과 관련하여 주로 PVC재질을 많이 사용하였으나, 환경 호르몬 문제로 대체 재질로써 사용되고 있기 때문이다. Table 45.를 보면 셀로판 및 방습셀로판의 산소 투과율은 다른 필름의 종류에 비해 극히 낮은 것으로 나타나 있다. 그러나 에틸렌비닐 알코올 포장이 수분과 접촉할 경우, 산소 차단성이 현저히 떨어지는 단점이 있어 해결 방안으로 에틸렌비닐 알코올을 단독으로 포장 재질로써 사용하지 않고 수분 차단성이 좋은 포장 재질로 코팅하여 일반적으로 식품의 포장에 사용되고 있다.

포장 전문가의 자문 및 위의 Table 45.의 표를 참고한 의사결정을 바탕으로 NY/LLDPE 합성 포장 재질이 열처리 및 초고압 공정을 가하는 나물에 적용 가능한 가장 적절한 포장 재질로 판단하였으며, 산소 및 수분 투과율이 다른 다양한 NY/LLDPE 합성 포장 재질에 대한 실험을 진행하였다.

#### 나. 일반포장과 진공포장에 따른 나물의 저장성

진공포장은 LEEPACK Vacuum M-2AMG (이건시스템, Korea)에서 진공 15초(진공조건?), sealing time 3초 조건으로 하였다. 본 실험에서 표준 진공 값으로 설정한 15초는 진공포장 과정에서 나물들이 눌러 영향을 받지 않도록 하는 최고 진공 범위 (약 20초)와 완전한 진공이 잡히지 않아 나물과 포장내부 사이에 공간이 발생하는 최저 진공 범위 (약 10초)의 중간 값으로 설정 하였으며, 표준 sealing time으로 설정된 3초는 오버실링으로 포장이 타지 않는 최대 sealing 지속시간으로 설정 되었다.

NY/LLDPE 합성 포장 재질의 산소 및 수분 투과율에 따른 비빔밥용 주요 나물의 저장성을 테스트하기에 앞서 진공여부에 따른 미생물 증식을 관찰하기 위하여 일반포장 (비진공포장)과 진공포장을 한 시금치와 콩나물에 대한 실험 진행하였다. 포장시 교차오염에 따른 변수를 사전에 제어하기 위하여 포장 후 살균처리를 하는 Sous-vide 살균법을 통해 열처리를 하였으며, 비빔밥용 주요 나물 4종 중에서 색과 조직감 제어에 가장 어려움이 있는 시금치와 미생물 초기균수가 제일 높은 콩나물을 실험하였고, 그 결과는 아래 Table 46. 에 나타내었다.

Table 46. 포장 방법에 따른 저장성 실험 결과

	저장온도	0일차 (CFU/mL)	5일차 (CFU/mL)
일반포장 시금치	10℃	8.05±0.45X10 <sup>2</sup>	1.33±0.01X10 <sup>5</sup>
	15℃		TNTC
진공포장 시금치	10℃	9.00±0.10X10 <sup>1</sup>	2.00±0.50X10 <sup>2</sup>
	15℃		1.15±0.03X10 <sup>7</sup>
일반포장 콩나물	10℃	1.18±0.07X10 <sup>3</sup>	7.70±0.15X10 <sup>2</sup>
	15℃		TNTC
진공포장 콩나물	10℃	2.50±0.50X10 <sup>1</sup>	ND
	15℃		ND

10℃ 와 15℃ 저장온도에서 일반포장과 진공포장을 적용한 나물의 저장 중 미생물 증식을 관찰 결과, 진공포장을 적용하지 않은 시금치와 콩나물이 진공포장을 적용한 경우보다 초기균수는 10<sup>1</sup>~10<sup>2</sup>CFU/mL, 저장 5일차에는 10<sup>2</sup>~10<sup>4</sup>CFU/mL 이상 미생물 증식이 많이 되었음을 보여 준다.

Table 46.과 같은 결과에 대한 해석으로, 진공포장은 호기균의 생육조건을 제어하여 그 증식을 막는 효과 뿐만 아니라 나물에 존재하는 PME (Pectin methylesterase) 효소의 비활성화를 통한 나물에 오염된 미생물 제어에 높은 효과가 있는 것으로 생각하였다.

#### 다. 포장의 산소 투과율에 따른 나물의 저장성

NY/LLDPE 합성 포장 재질의 산소 투과율에 따른 저장성을 탐색하기 위하여 동일한 조건의 NY와 LLDPE 사용 포장 재질에 EVOH12 추가합성 여부에 따른 시금치 및 콩나물의 저장성 실험을 진행 하였으며, 실험 결과는 아래 Table 47. 과 Table 48. 에 나타내었다.

Table 47. 시금치 샘플의 산소 투과율 변화에 따른 저장성 실험결과

필름명	저장온도	0일차 (CFU/mL)	5일차 (CFU/mL)	10일차 (CFU/mL)	15일차 (CFU/mL)
NY15/LLDPE50	10℃	8.25±0.75X10 <sup>1</sup>	8.25±0.75X10 <sup>1</sup>	1.70±0.11X10 <sup>3</sup>	TNTC
	15℃		TNTC	TNTC	TNTC
NY15/EVOH12/L LDPE50	10℃	2.73±1.03X10 <sup>2</sup>	2.73±1.03X10 <sup>2</sup>	1.56±1.39X10 <sup>4</sup>	TNTC
	15℃		TNTC	TNTC	TNTC

Table 48. 콩나물 샘플의 산소 투과율 변화에 따른 저장성 실험결과

필름명	저장온도	0일차 (CFU/mL)	5일차 (CFU/mL)	10일차 (CFU/mL)	15일차 (CFU/mL)
NY15/LLDPE50	10℃	10.00±0.02X10 <sup>1</sup>	1.80±1.00X10 <sup>4</sup>	TNTC	TNTC
	15℃		7.15±0.45X10 <sup>5</sup>	TNTC	TNTC
NY15/EVOH12/L LDPE50	10℃	ND	3.00±0.02X10 <sup>3</sup>	TNTC	TNTC
	15℃		5.00±0.04X10 <sup>4</sup>	TNTC	TNTC

본 실험을 진행하기에 앞서 수집한 문헌 및 자문을 통해 산소 차단성이 뛰어난 EVOH가 혼합된 NY15/EVOH12/LLDPE50의 포장재에서 보관된 나물 샘플에서 더욱 효과적인 미생물 제어 효과를 기대하였으나 Table 47.에서 보이는 바와 같이 시금치 샘플의 산소 투과율 변화에 따른 저장 중 미생물의 생육 제어에는 NY15/LLDPE50 포장재와 비교하여 큰 차이가 나지 않는 것으로 보여 졌다.

위와 같은 결과에 대해 고찰한 결과, EVOH 가 비록 NY와 LLDPE에 의해 코팅이 되어있다 하더라도, 수분 차단력이 낮은 EVOH의 특성상 수분함량이 높은 시금치 혹은 콩나물에 간접적으로 노출되어 산소 차단성에 저하가 되었으며, 이에 의해 EVOH가 사용되지 않은 포장재질과 미생물 제어의 측면에서 분석 하였을 때 비슷한 결과가 나온 것으로 생각된다.

#### 라. 포장의 수분 투과율에 따른 나물의 저장성

NY/LLDPE 합성 포장 재질의 수분 투과율에 따른 저장성을 탐색하기 위하여 LLDPE의 두께 (LLDPE 50, LLDPE 70, LLDPE 100)에 변화를 주어 시금치 및 콩나물의 수분 투과율 변화에 따른 저장성 실험을 하였으며 그 결과는 아래 Table 49, Table 50과 같다.

Table 49. 시금치 샘플의 수분 투과율 변화에 따른 저장성 실험결과

필름명	저장온도	0일차 (CFU/mL)	5일차 (CFU/mL)	10일차 (CFU/mL)	15일차 (CFU/mL)
NY15/LLDPE50	10℃	ND	2.14±1.71X10 <sup>1</sup>	2.33±1.28X10 <sup>4</sup>	TNTC
	15℃		TNTC	TNTC	TNTC
NY15/LLDPE70	10℃	5.50±1.00X10 <sup>1</sup>	5.18±2.73X10 <sup>2</sup>	1.09±0.04X10 <sup>4</sup>	TNTC
	15℃		TNTC	TNTC	TNTC
NY15/LLDPE100	10℃	3.50±1.00X10 <sup>2</sup>	3.28±0.28X10 <sup>2</sup>	2.22±0.03X10 <sup>5</sup>	TNTC
	15℃		TNTC	TNTC	TNTC



Table 50. 콩나물 샘플의 수분 투과율 변화에 따른 저장성 실험결과

필름명	저장온도	0일차 (CFU/mL)	5일차 (CFU/mL)	10일차 (CFU/mL)	15일차 (CFU/mL)
NY15/LLDPE50	10℃	ND	ND	1.59±0.03X10 <sup>3</sup>	5.50±1.50X10 <sup>2</sup>
	15℃		TNTC	TNTC	TNTC
NY15/LLDPE70	10℃	5.50±1.00X10 <sup>2</sup>	1.00±0.01X10 <sup>2</sup>	1.35±0.25X10 <sup>4</sup>	2.00±0.10X10 <sup>6</sup>
	15℃		TNTC	TNTC	TNTC
NY15/LLDPE100	10℃	1.00±0.04X10 <sup>4</sup>	2.25±1.25X10 <sup>3</sup>	2.13±0.01X10 <sup>5</sup>	TNTC
	15℃		TNTC	TNTC	TNTC

Table 49. 와 Table 50.의 실험 결과를 분석하여 보면, 시금치와 콩나물의 경우 LLDPE 50에서 저장시 미생물의 증식이 가장 더디게 진행이 된 것으로 보이며, LLDPE 100 포장재 안에서 미생물 증식이 가장 빠른 것으로 보인다. 이는 LLDPE의 두께가 두꺼울수록 미생물 증식이 더디게 진행이 될 것이라는 가설에 반하는 결과이다. 이러한 현상에 대해 고찰하여보면, 비록 수분 투과율만을 고려할 경우 미생물 증식 속도는 LLDPE의 두께에 반비례하게 진행이 되어 LLDPE의 두께가 두꺼워질수록 미생물이 더디게 증식하게 되지만, 실제 샘플을 가열하는 공정에서는 LLDPE의 두께에 반비례하게 샘플에 열이 전달되며 이는 곧 불충분한 가열살균으로 이어진다. 다른 말로 하자면, 시금치와 콩나물의 Sous-vide 공정상 가열 조건은 각각 90℃ 에서 10분과 30분으로 NY15/LLDPE50에서 멸균을 보이는 조건으로 처리 되었으나 포장 두께가 NY15/LLDPE50 보다 두꺼운 NY15/LLDPE70와 NY15/LLDPE100 내부 샘플에서는 멸균조건이 아니었으며 이러한 초기균수의 차이는 저장 중 미생물 증식에 있어 포장의 수분 투과율의 변화 보다 큰 영향을 준 것으로 생각 될 수 있다.

또한, 포장재질의 두께 및 수분 투과율과 상관없이 시금치와 콩나물의 저장 중 미생물 증식은 5일차에 초기균수와 동등 혹은 때로는 그 이하로 감소하였다가 다시 증식하는 현상을 보였다.

결론적으로, 위에서 포장의 산소 및 수분 투과율 변화를 통한 시금치와 콩나물의 저장 중 미생물 증식을 조사한 결과 EVOH가 사용된 포장재질의 경우 산소 차단성이 좋아 EVOH가 사용되지 않은 포장재질보다 더욱 효과적인 미생물 증식 제어를 할 것으로 기대하였으나, 수분함량이 높은 나물의 특성과 수분에 약한 EVOH의 특성상 나물 제품에는 기대하였던 효과를 나타내지 못하는 것으로 판단되었으며, 수분 차단력과 LLDPE의 두께의 비례 관계를 파악하기에 앞서 처리하고자 하는 나물 제품 및 포장 두께에 최적의 열처리 조건이 우선적으로 선정되어야 함을 본 장에서의 B2B용 포장재질에 대한 연구를 통해 제시하게 되었다.

### 3. 이화학적 방법에 따른 제어 연구

#### 가. pH 제어

식품의 pH를 측정하는 주목적은 일반적으로 식품 내 총균수가 증가할 경우 pH 값이 낮아지는

경향을 나타내기 때문에 pH가 변하는 정도를 통해 제품의 신선한 정도를 확인하기 위함이다. 또한 저장기간에 따른 pH 변화를 통해 미생물의 발육 여부와 제품의 변질 여부를 확인할 수 있기 때문에 냉장저장 따른 미생물 안정성을 확인하기 위해 각 처리 샘플의 pH 측정을 실시하였고 이를 통해 미생물 안정성의 변화요인을 예측하고자 하였다.

Table 51. 고사리의 조리가공 방식에 따른 pH 변화

	데치기				볶기				과열증기 (super heated steam)	
	0분	3분	5분	10분	0분	1분	3분	5분	200℃, 5분	400℃, 3분
0일	5.85±0.010	5.75±0.006	5.98±0.006	5.95±0.010	5.95±0.010	5.86±0.006	5.95±0.006	5.98±0.010	5.95±0.010	5.83±0.010
5일	5.99±0.006	5.96±0.006	5.87±0.010	5.84±0.010	5.89±0.010	5.97±0.003	5.95±0.010	5.77±0.006	5.87±0.006	5.86±0.010
10일	5.94±0.006	5.78±0.010	5.90±0.006	5.95±0.012	5.87±0.006	5.95±0.006	5.95±0.012	5.94±0.010	5.94±0.006	5.78±0.010

Table 52. 당근의 조리가공 방식에 따른 pH 변화 변화

	데치기				볶기				과열증기 (super heated steam)	
	0분	3분	5분	10분	0분	1분	3분	5분	400℃, 90초	400℃, 120초
0일	5.85±0.010	5.76±0.006	5.98±0.006	6.00±0.006	5.71±0.010	6.00±0.010	5.96±0.010	5.99±0.006	5.67±0.010	5.84±0.010
5일	5.98±0.006	5.97±0.010	5.97±0.010	5.96±0.010	5.98±0.010	5.88±0.015	5.97±0.006	5.94±0.006	6.00±0.012	5.99±0.006
10일	5.95±0.006	5.87±0.010	5.86±0.010	5.86±0.010	5.90±0.006	5.95±0.008	5.94±0.010	5.77±0.010	5.86±0.010	5.95±0.010

Table 53. 시금치의 조리가공 방식에 따른 pH 변화

	데치기								과열증기 (super heated steam)	
	0분	30초	1분	1.5분	2분	3분	4분	5분	250℃, 30초	400℃, 40초
0일	5.85±0.010	5.84±0.006	5.91±0.010	5.95±0.006	5.90±0.006	5.90±0.000	5.90±0.006	5.87±0.010	5.91±0.006	5.93±0.006
5일	5.76±0.006	5.80±0.006	5.88±0.006	5.94±0.010	5.95±0.006	5.96±0.010	5.94±0.010	5.95±0.006	5.96±0.010	5.98±0.006
10일	5.85±0.006	5.88±0.010	5.87±0.010	5.94±0.006	5.95±0.006	5.91±0.012	5.90±0.006	5.95±0.010	5.97±0.010	5.90±0.010

Table 54. 콩나물의 조리가공 방식에 따른 pH 변화

	데치기					과열증기 (super heated steam)	
	0분	5분	10분	15분	20분	250℃, 5분	350℃, 4분
0일	5.75±0.012	5.64±0.006	5.87±0.006	5.85±0.000	5.85±0.012	5.94±0.006	5.90±0.006
5일	5.98±0.006	5.92±0.012	5.96±0.012	5.97±0.012	5.85±0.012	5.92±0.010	5.92±0.005
10일	5.86±0.000	5.95±0.006	5.78±0.012	5.77±0.012	5.93±0.012	5.92±0.012	5.94±0.006

생시료와 가공나물의 저장기간별 pH 변화는 Table 51.에서 Table 54.와 같다. 제조한 나물의 pH는 생시료와 차이가 거의 없었으며 조리시간에 따른 값 차이 역시 나타나지 않았다. 조리 방법에 따른 pH변화도 나타나지 않았으며, 각 처리구별 저장기간에 따른 pH 변화를 확인해 본 결과 저장 10일까지 큰 차이 없이 유지되는 것을 확인할 수 있었다.

따라서 조리 방법이나 조리시간에 따른 pH 변화는 없는 것으로 판단되며, 저장기간 10일까지는 pH 변화가 거의 나타나지 않지만, 한 달 이상 길어질 경우 pH는 어느 수준 이하로 떨어질 것이라 예상되었다.

## 나. 색변화 제어

### 1) chlorophyll 갈변에 대한 연구

관능적 성질 중 색은 식품의 기호와 관련된 가장 우선적인 요인으로 상품적 가치는 물론 식품의 성숙도, 변질, 신선상태, 저장기간을 대략 판정하는데 중요한 기준이 된다. 이와 같이 색은 어떤 식품 또는 식품 재료의 신선도, 숙성 정도, 변질 정도를 나타내는 지표이므로 소비자는 이를 통해 시각적으로 쉽게 재료의 변질 여부를 판단할 수 있다.

모든 신선한 식품재료는 원래 자기 색을 가지고 있다. 그러나 시간이 지나 어떤 변화가 주어지면 원래의 색은 변하게 된다. 즉, 식품의 성분의 변화를 의미하며 성분의 변화로 인해 영양성은 물론 생화학적, 미생물학적 변화를 수반한다.

녹색채소의 잎이나 줄기의 색소 성분은 주로 클로로필류, 즉 엽록소들에 의한다. 클로로필들은 카로티노이드에 속하는 카로틴 색소들, 잔소필 색소들과 함께 세포 내의 엽록체에 존재한다. Chlorophyllase는 Chlorophyll에 존재하는데 식물 조직이 절단되거나 분쇄되면 Chlorophyllase가 유리되어 Chlorophyll에 작용하여 Phytol radical을 분리시켜 선명한 녹색의 Chlorophyllide를 생성한다. 이때에 alkali가 존재하면 초록색의 Chlorophylline이 생성되고 산에 의해서는 갈색의 Pheophorbide가 된다. Chlorophyllase는 불용성의 Chlorophyll을 수용성이 Chlorophyllide로 변화시킨다.

일반적으로 녹색채소를 가공하기 전에 60~75 °C의 뜨거운 물에 데치면 Chlorophyll가 활성을 잃어 선명한 녹색을 유지할 수 있다. 또한 채소류를 삶을 때에 가열한 후 수분 동안 가장 많은 유기산이 발생하여 Chlorophyll이 Pheophytin으로 되므로 채소류를 blanching할 때는 냄비 뚜껑을 열고 유리되는 유기산을 휘산시키면 어느 정도 갈변을 방지할 수 있다. 그 외 생길 수 있는 비휘발성 유기산은 다량의 조리수를 사용하는 것이 Chlorophyll의 분해가 적다. Chlorophyll은 알칼리에 안정하고 산에 불안정한 성질을 가지고 있기 때문에 끓는 물에 데칠 때 소금을 약간 넣어주면 색을 보존할 수 있다.

### 2) 갈변 방지에 효과가 있는 첨가물의 종류 및 특징

#### ① 산화칼슘

OH-radical(수산기)의 분해 작용과 공기 중에 이산화탄소를 흡수하여 열화되어 pH가 10이하로

떨어지는 고알칼리성으로 유해한 이물질들을 분해 제거하는 역할을 한다. [산화칼슘(CaO)+물(H<sub>2</sub>O) → Ca(OH)<sub>2</sub>] 또한 마이너스 이온이나 미네랄에 의한 항균 코팅 효과가 발생하여 신선도 보관 유지 효과가 있다. 산화환원전위를 내려 산화를 억제시키며 칼슘 첨가를 통한 칼슘의 영양을 공급하는 역할을 한다.

## ② 젖산칼슘

다른 칼슘염과 비교하여 반응을 일으키는 최소 역치가 높고, 맛이 마일드 하기 때문에 식품의 맛, 질에 영향을 덜 준다. 용해도가 높고, 칼슘 강화용으로 많이 사용되고 있으며 우유에서 대부분 추출하고 있다. 또 젤리, 잼, 과일, 야채, 해초 등의 조직성분인 폴리우론산이나 펙틴, 알긴산을 가교시켜 겔화촉진이나 형상 보관유지에 기여한다.

## ③ 아스코르브산

오늘날 가장 보편적으로 사용되는 갈변 억제제로 효소 유발성 갈변의 이상적인 억제제로서 수용성이며 단독으로 사용되기 보다는 대부분 식용등급 기준에 맞춰 2 종류 이상을 함께 사용한다. CaCl<sub>2</sub>, 구연산 등과 함께 사용하면 Polyphenoloxidase로 인해 유발되는 갈변과 비효소적 갈변을 막을 수 있다.

### 3) 첨가물의 종류와 농도, 순서 변경에 따른 색도와 물성 변화 확인 실험

첨가물의 종류와 농도, 순서 변경에 따른 색도와 물성을 비교하여 녹색 색상의 보존이 가장 잘되는 조건과 물성의 변화가 가장 적은 조건을 파악하여 이를 바탕으로 최적 조건을 확인하고자 하였다.

시금치를 한 파우치당 25g씩 정량하여 10℃에 저장한 후 색도와 물성 변화를 측정한다. 한 조건당 필요한 조리수의 양은 채소의 2.5배로 정하였으며 ‘데치는 방법이 품종별 시금치의 성분에 미치는 영향’ 논문을 바탕으로 다음과 같은 조건으로 실험을 계획하였다.

색도는 시료를 측정용기에 넣고 색차계를 이용하여 색깔에 대한 Hunter 색체계의 L값(Lightness, 명도, 어둠(0)-밝음(100)), a값(Redness, 적색도, 적색(+60)-녹색(-60)), b값(Yellowness, 황색도, 노랑(+60)-파랑(-60))으로 나타내었으며 Standard plate는 백색판을 사용하였다.

육안 색상 확인은 0~5 단계로 5로 갈수록 푸른색을 띄며 막 데친 생채와 같은 선명한 녹색까지는 것으로 평가하였다. 조직감과 물성의 경우 0~5 단계로 생채와 유사한 아삭함을 지니고 있으면 5점을 주었고 심하게 물러질수록 그 점수가 낮게 평가하였다.

#### ① 세부 실험 방법

데치기 염류의 종류(소금, 젖산칼슘, 산화칼슘)와 농도 (0, 0.5, 1, 3%)와 침지 소금물의 농도 (0, 0.5, 1, 3%)를 변경하여 아래와 같은 조건으로 실험을 설계하였다.

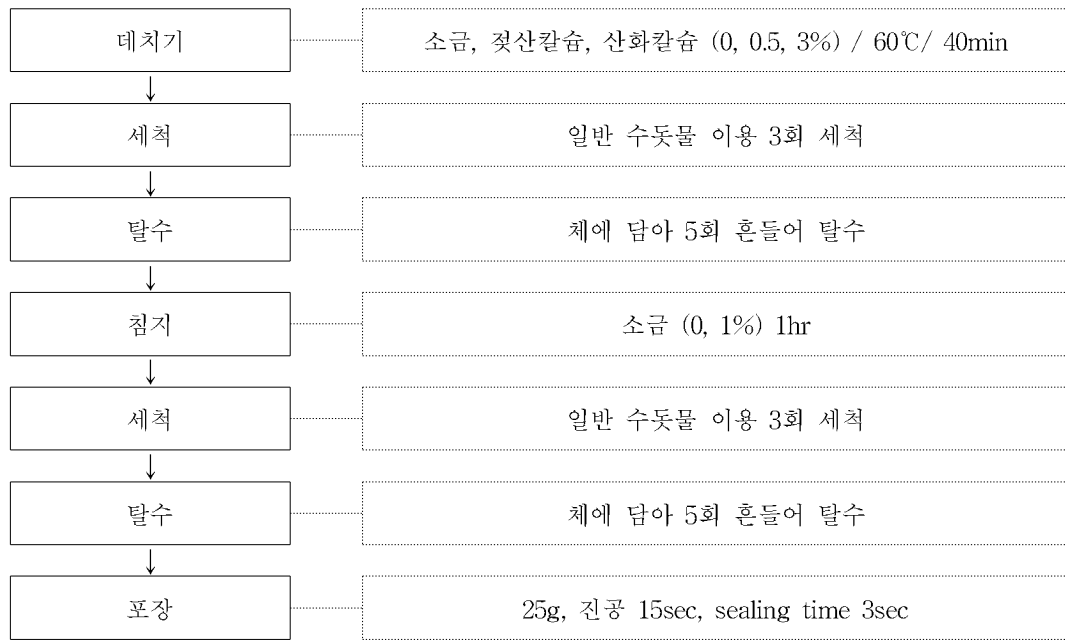


Figure 13. 데치기 염류 3종의 종류별 농도(0, 0.5, 3%)와 침지 소금물의 농도(0, 1%)에 따른 공정도

② 실험 결과

Table 55. 데치기 염류의 종류(소금, 젓산칼슘, 산화칼슘)와 농도(0, 0.5, 3%)와 침지 소금물의 농도(0, 1%)에 따른 육안 확인 및 색도 변화

첨가물 종류 및 농도	저장 일수								
	0일차				2일차				
	저장 온도								
	상온				10°C				
	침지액 농도(소금)								
	0%	1%		0%	1%		0%	1%	
육안	L.a.b	육안	L.a.b	육안	L.a.b	육안	L.a.b	육안	L.a.b
소금 0%		21.73		26.25		22.03		21.01	
	3	-9.50	3	-9.16	2.5	-8.62	2.5	-7.77	
		12.51		14.34		12.41		11.66	
소금 0.5%		21.72		24.76		24.18		22.13	
	3	-8.79	3	-9.08	2.5	-7.29	2.5	-6.97	
		12.72		14.51		12.08		12.62	
소금 3%		23.40		21.79		19.89		20.02	
	2	-10.13	3	-9.38	2.5	-7.92	2.5	-8.97	
		13.20		12.43		10.98		10.88	
젓산 칼슘 0.5%		22.06		21.30		21.95		22.35	
	0	-8.74	3	-8.80	2.5	-7.91	2.5	-8.67	
		12.23		11.58		11.56		12.06	
젓산 칼슘 3%		20.57		24.34		19.96		21.27	
	2	-8.74	1	-9.17	2.5	-8.12	2.5	-6.72	
		11.37		12.55		10.44		11.57	
산화 칼슘 0.5%		20.33		20.42		22.04		22.60	
	4	-10.65	5	-10.74	5	-11.24	5	-11.60	
		11.91		11.97		13.04		12.95	
산화 칼슘 3%		24.74		20.75		17.51		21.28	
	5		5		5		5		

-10.66	-11.18	-10.03	-11.41
14.31	12.07	10.37	12.59

○ 저장 0일차

침지액 0%를 기준으로 첨가물의 종류와 농도에 따른 색도 측정 결과를 확인하여 보면 Table 55.와 같이 첨가물 중 소금의 경우 3%의 농도에서 L, a, b값 모두 높은 것으로 나타났다. 또한, 색도의 값이 가장 높은 소금 3%를 기준으로 비교하였을 때 산화칼슘 3%에서 L, a, b값이 더 높은 것으로 확인되었다.

침지액의 농도에 따른 색도를 비교하여 보면 전반적으로 0%에서보다 1%의 농도에서 L, a, b값이 높은 것을 알 수 있었다.

육안으로 확인한 첨가물 별 시금치의 색상은 젓산칼슘을 사용시에는 색상의 개선과 보존의 효과가 없는 것으로 판단되며 소금보다 색상과 물성의 보존 효과가 적은 것으로 알 수 있었다. 산화칼슘을 사용한 시금치의 색(육안)은 굉장히 natural & vivid 하게 살아있으나 3%농도를 사용시에는 부분적으로 탈색이 일어나 시금치 잎 표면에 얼룩덜룩한 모양이 나타났다.

○ 저장 2일차

L값이 가장 높은 것은 소금 0.5% 데치기, 0% 소금물 침지를 한 시금치였으며 a값의 경우 산화칼슘 0.5%에서 -11.24로 가장 녹색에 가까운 수치를 나타내었다. b값의 경우 소금 0.5%에서 12.08로 가장 값이 큰 것으로 확인되었다.

육안으로 색상을 확인한 경우 소금 0% 처리한 시금치가 실제 가정에서 데친 시금치와 유사한 색상을 보였고 젓산 칼슘을 처리한 시금치도 소금 0% 시금치와 비슷한 색을 나타내는 것을 알 수 있었다. 산화칼슘을 처리한 시금치의 경우 육안으로 확인하였을 때 색이 가장 짙고 선명한 것을 알 수 있었다. 그러나 저장 중 용출액이 생성되었으며, 소금이나 젓산칼슘을 처리한 시금치와 비교하였을 때 육안으로 뚜렷한 차이를 보였다.

Table 56. 데치기 염류의 종류(소금, 젓산칼슘, 산화칼슘)와 농도(0, 0.5, 3%)와 침지 소금물의 농도(0, 1%)에 따른 조직감 및 이미, 이취 변화

첨가물 종류 및 농도	저장 일수			
	0일차		2일차	
	저장 온도			
	상온		10℃	
	침지액 농도(소금)			
	0%	1%	0%	1%
소금 0%	2.5	4	4	3
소금 0.5%	2	4	4.5	5
소금 3%	3.5	5	4	5
젓산칼슘 0.5%	3(2.5)	4	3	3
젓산칼슘 3%	3	3	3	2.5
산화칼슘 0.5%	0	2	1	1
산화칼슘 3%	0	2	0	0.5

### ○ 저장 0일차

조직감의 경우 Table 56.와 같이 데치기 소금 3%, 침지 소금 1%에서 가장 아삭한 식감을 가졌으며 젓산칼슘, 소금, 산화칼슘의 순으로 조직감이 살아있었다.

소금의 경우 0일차에서는 아삭한 정도가 다른 첨가물과 비교하여 중간 정도였으나 저장할수록 그 조직감이 살아났다. 젓산 칼슘의 경우에는 갈변을 억제하는 효과는 미미하였으나 물성을 단단하게 해주어 멍게짐이 없이 아삭한 식감을 보존하여 주었다. 그러나 산화칼슘을 사용 시에는 산화칼슘 처리 후 행구는 과정에서부터 표면이 으깨어지듯 멍게지는 현상을 발견하였으며 실제 관능 평가 시에도 식감이 완전히 무너지는 것을 확인하였다. 특히 산화칼슘 3% 처리를 한 시금치의 경우 이취가 강하게 발생하여 실제 공정상에서 사용할 시에는 농도의 조절이 필요할 것으로 보였다.

### ○ 저장 2일차

저장 2일차의 경우 0일차 샘플보다 아삭함이 더 살아나는 것을 확인할 수 있었다.

그러나 소금 3% 샘플의 경우 식감은 양호하나 짠맛이 강하게 느껴져 최적 데치기 조건으로 적당하지 않은 것으로 확인되었다. 또한, 산화칼슘을 0.5%, 3% 처리 시 두 농도 모두 특유의 이취가 발생하여 그대로 섭취하기에는 무리가 있는 것으로 판단되었다.

소금의 경우 3%에서 육안 색상과 색도, 조직감 모두 좋았으나 관능검사를 진행하였을 때 소금의 짠맛이 강하게 느껴지는 것을 확인하여 농도의 조정이 필요한 것을 확인하였다. 젓산칼슘 처리를 하였을 경우에는 시금치의 탈색이 진행되어 색이 연두색으로 변하는 것을 확인하였으며 결론적으로 갈변을 억제하지 못하는 것을 알 수 있었다. 그러나 시금치를 씹었을 때 가장 아삭한 조직감을 가지는 것을 확인하였고 이는 젓산칼슘이 펙틴을 가교화 시켜 형상을 유지하는 역할을 하기 때문이다. 산화칼슘의 경우 시금치의 색을 짙은 초록색으로 유지하나 군데군데 탈색이 진행되어 색이 바래진 부분이 있는 경우도 발견하였으며 탈색된 색소의 영향으로 시금치를 데친 물이 초록색으로 변하였다. 또한 시금치의 조직감이 물러지고 이취가 발생하여 3%의 농도로는 식품에 사용하기에 적절하지 않다고 판단하였다. 결론적으로 각 첨가물을 처리한 경우 첨가물을 넣지 않은 시금치보다 조직감을 살릴 수 있는 가능성을 확인하였으나 전체적으로 물성이 무른 것을 발견하였다. 이는 데치기와 침지 조건이 적절하지 않다고 판단하였으며 각 첨가물의 농도 또한 조정이 필요하다고 판단되어 추가 실험을 진행하였다.

### 3) 데치기 조건 최적화를 통한 갈변현상 제어

예비 실험을 진행한 결과, 전체적으로 시금치의 물성이 무른 것을 확인하였다. 이는 데치기 조건 60℃, 40분의 경우 온도는 적합하나 처리 시간이 길기 때문에 물러지는 것으로 판단되며, 적절한 데치기 처리 시간을 설정하기 위한 실험을 추가적으로 진행 하였다.

실험결과를 살펴보면 산화칼슘의 경우 색상보존에 가장 탁월한 효과를 보이나 시금치의 물성이 약해져 으깨지는 것을 확인하였으며, 젓산칼슘의 경우 색상을 보존하는 역할은 없으나 조직감을 단단하게 해주는 것으로 확인이 되었다. 소금의 경우에는 색상과 조직감을 어느 정도 보존해주는 것

으로 보였다.

데치기 시간 설정 실험의 경우 모든 조건의 첨가물의 실험을 진행하지 않고 육안으로 확인하였을 때 가장 좋은 색상을 나타낸 산화칼슘의 최적 농도를 선택하여 실험을 진행하고자 하였다. 또한 산화칼슘과 비교대상으로 색상 보존과 조직감 유지에 효과가 어느 정도 있는 소금을 선택하였다. 위의 실험 결과를 바탕으로 데치기 첨가물 소금 0.5%, 산화칼슘 0.5%를 선택하여 이를 기준으로 작성한 실험 계획은 다음과 같다.

① 세부 실험 방법

데치기 염류(소금, 산화칼슘)의 데치기 시간을 달리하여 최적 조건을 파악하고자 실험을 진행하였다.

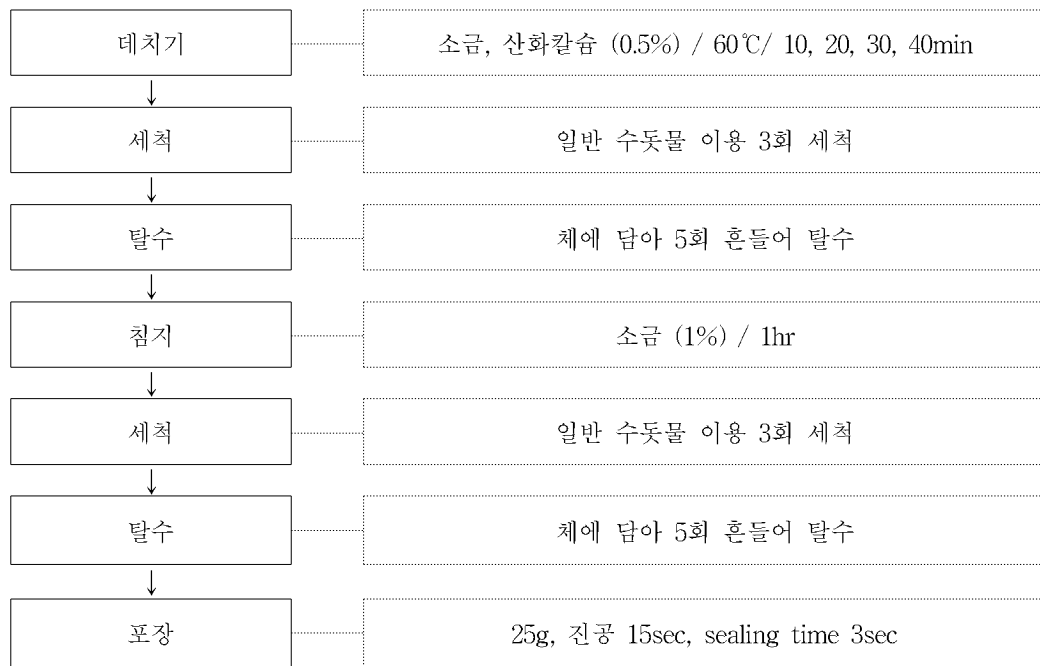


Figure 14. 데치기 염류(소금 0.5%, 산화칼슘 0.5%)의 데치기 시간변화 따른 공정도

② 실험 결과

Table 57. 데치기 염류의 종류(소금 0.5%, 산화칼슘 0.5%) 및 처리시간에 따른 육안 확인 및 색도 변화

첨가물별 데치기 시간	저장 일수			
	0일차		4일차	
	저장 온도			
	상온		10°C	
	침지액 농도(소금) 1%			
	육안	L.a.b	육안	L.a.b
소금 10분	4	19.17	3	19.27
		-10.44		-7.33
		10.33		9.75
소금 20분	4	22.89	3	23.16
		-11.94		-8.35



		12.53		11.75
		21.41		22.72
소금 30분	2	-10.43	2	-7.82
		11.75		11.58
산화칼슘 10분	5	18.65	5	18.72
		-9.15		-7.06
		9.80		8.43
산화칼슘 20분	5	21.69	4	21.81
		-11.11		-9.52
		12.03		10.38
산화칼슘 30분	4	21.95	4	21.21
		-11.28		-9.36
		12.03		10.44

○ 저장 0일차

소금 0.5%에서 데치기를 한 경우 Table 57.과 같이 데치기 시간 20분에서 가장 높은 L값을 나타내었다. 적색도인 a값이 -11.94로 가장 낮은 것으로 보아 20분 조건에서 가장 시금치의 색이 녹색으로 선명한 것이라 추측이 된다. 산화칼슘 처리한 시금치의 경우 색도 측정값을 확인하여 보면 30분에서 가장 큰 L, a, b값을 가지는 것으로 확인 되었다.

육안으로 색상을 확인한 경우 소금 0.5% 데치기 시간 10분, 20분의 경우 색상의 변화가 크게 없으나 30분 처리를 했을 경우 부분적으로 시금치 잎에 갈변이 일어났다. 산화칼슘의 경우 10분, 20분 처리 시 색이 가장 선명하나 30분부터 잎이 부분적으로 탈색되어 잎이 얼룩덜룩해지고 탈색된 색소에 의해 시금치를 데친 물의 색이 초록색으로 변하였다.

○ 저장 4일차

저장 4일차에는 L, a, b 값이 대체적으로 높아지는 경향을 확인할 수 있었다. 또한 데치기 시간이 짧을수록 L값과 b값은 낮고, a값은 높았다.

소금으로 데치기 처리를 한 시금치들의 경우 전반적으로 L, a, b 값이 상승하였으나, 육안으로 확인하였을 때에는 10분, 20분 샘플은 부분적으로 줄기부분에 갈변이 되었으며 30분의 경우 전체적으로 올리브색을 나타내었다. 산화칼슘을 이용한 처리 샘플은 색이 거의 변하지 않고 초록색으로 보존이 되었다.

Table 58. 데치기 염류의 종류(소금 0.5%, 산화칼슘 0.5%) 및 처리시간에 따른 조직감 및 이피, 이취 변화

첨가물별 데치기 시간	저장 일수	
	0일차	4일차
	저장 온도	
	상온	10℃
	침지액 농도(소금)	
	1%	
소금 10분	5	4
소금 20분	5	3

소금 30분	4	2
산화칼슘 10분	5	4
산화칼슘 20분	5	3
산화칼슘 30분	3	2

○ 저장 0일차

데치기 조건 소금 0.5% 10분, 20분의 경우 Table 58과 같이 생채처럼 아삭거리는 식감을 가지고 있었다. 30분의 경우 10분, 20분보다 표면이 살짝 무르나 씹을수록 생채의 느낌이 들었다.

산화칼슘 10분, 20분 처리의 경우 생채처럼 아삭거리고 소금 처리와 별 차이가 느껴지지 않았다. 산화칼슘 30분 처리한 것은 소금을 30분 처리한 것보다 더 물렸으며 추가 실험한 산화칼슘 40분의 경우 아예 데친 시금치 같은 식감을 가지고 있었다.

○ 저장 4일차

저장 4일차의 경우 0일차보다 대체적으로 생채의 아삭함을 조금씩 잃었으나 그 정도는 크지 않았다. 소금 0.5% 10분, 20분 처리의 경우 시금치의 표면이 살짝 무른 느낌이나 씹을수록 생채의 물성이 강하게 나타났다. 30분의 경우 씹을수록 생채처럼 아삭한 소리가 나게 씹히기는 하나 겉보기에는 가정에서 조리한 데친 시금치의 형태를 나타내며 표면 조직이 질겨지는 것을 알 수 있었다.

시금치의 갈변을 억제하기 위해 실시하는 데치기 공정의 경우 갈변 억제효과와 더불어 시금치의 조직감을 유지하는 조건을 설정하여야 한다. 따라서 관능적으로 확인하였을 때 가장 시금치의 녹색을 유지시켜주고 아삭한 조직감을 가지는 10분으로 데치기 조건을 고정하고자 하였다.

소금과 산화칼슘을 0.5%로 고정한 후 실험한 결과 소금의 짠맛은 많이 줄어들어 거의 그 맛을 느낄 수 없었으나 산화칼슘의 경우 0.5%에서도 이미, 이취가 발생하여 추가적으로 농도에 따른 산화칼슘의 효과를 확인하여 사용가능한 산화칼슘의 농도를 찾는 추가 실험이 필요하였다.

4) 최적 산화칼슘 농도 확정 실험

산화칼슘의 사용 시 색변화를 방지할 수 있었으나 이미, 이취가 발생하여 이에 대한 문제를 해결하기 위해 농도를 조절하여 최적 산화칼슘 농도를 파악하고자 하였다. 또한 이에 대한 대조군으로 소금을 이용한 실험도 함께 진행하며 추가적으로 데치기 첨가물 소금 0%와 소금 0.5%의 차이에 대한 재확인을 진행하였다. 샘플은 동일하게 시금치를 선택하였으며 한 포장재 당 50g씩 정량하였고 조리수량은 이전 실험과 마찬가지로 채소의 2.5배로 고정하여 실험하였다.

① 세부 실험 방법

산화칼슘의 농도별 비교, 소금과 산화칼슘의 비교, 소금의 농도별 비교를 위해 아래와 같은 조건으로 실험을 설계하였다.

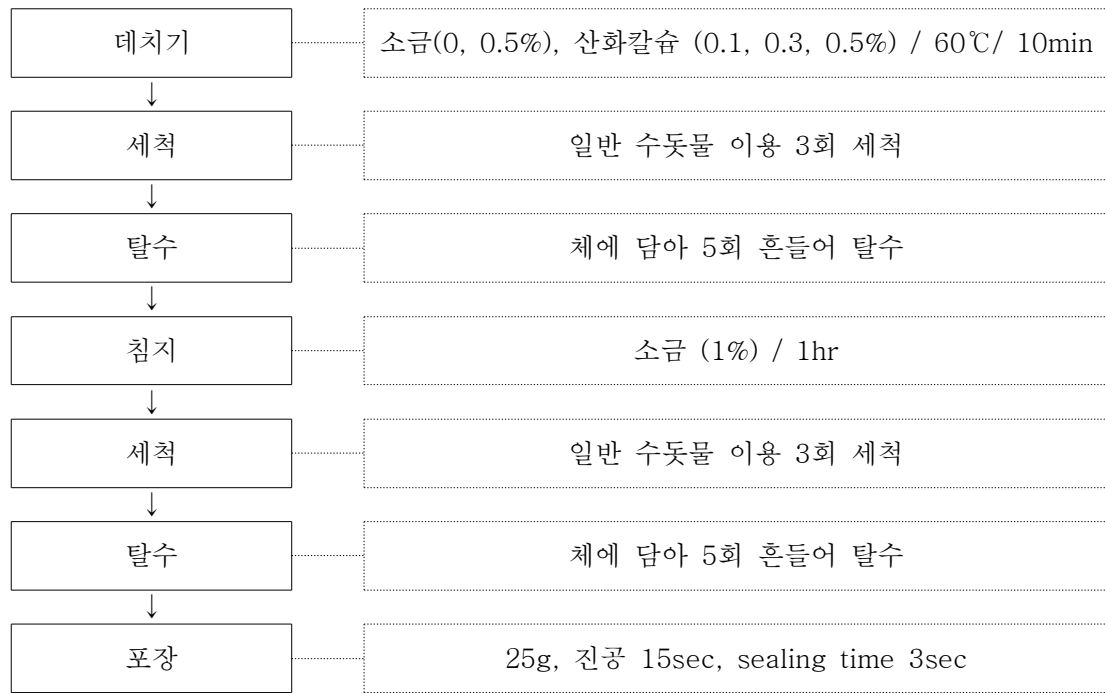


Figure 15. 데치기 염류(소금, 산화칼슘)와 농도(0, 0.3, 0.5%)에 따른 공정도

② 실험 결과

Table 59. 데치기 염류의 농도(산화칼슘 0, 0.1, 0.3, 0.5%)별 육안 확인 및 색도 측정

첨가물별 농도	저장 일수			
	0일차		4일차	
	저장 온도			
	상온			
	침지액 농도(소금)			
	1%			
	육안	L.a.b	육안	L.a.b
소금 0%	4	19.55	4	23.68
		-8.53		-8.53
		9.97		10.54
소금 0.5%	5	21.45	5	20.72
		-7.37		-6.92
		10.81		9.86
산화칼슘 0%	4	19.55	4	23.68
		-8.53		-8.53
		9.97		10.54
산화칼슘 0.1%	3	24.38	5	16.63
		-8.71		-7.10
		11.54		7.99
산화칼슘 0.3%	4	22.76	4	16.87
		-7.02		-6.85
		9.66		7.74
산화 칼슘 0.5%	4	24.93	4	18.80
		-7.89		-6.70
		12.48		9.79

○ 저장 0일차

소금처리를 한 시금치와 산화칼슘 처리를 한 시금치를 비교하여 보면 Table 59와 같이 색상의 밝기를 나타내는 L값의 경우 산화칼슘 처리 시금치에서 비교적 높은 수치를 나타내었다. a값은 소금과 산화칼슘 처리 시금치가 비슷한 수준을 유지하였고 b값의 경우 산화칼슘 0.5%에서 가장 높았다. 육안으로 확인하였을 때 소금처리 시금치가 가장 선명한 녹색을 띄었으며 산화칼슘 처리 시금치의 경우도 이와 큰 차이는 없으나 탈색으로 인해 데치기 용액이 녹색으로 변하는 것을 관찰할 수 있었다.

산화칼슘 0%의 시금치와 산화칼슘을 각 농도별로 처리한 시금치를 비교하였을 때 육안으로 비교하였을 때 전반적으로 비슷한 정도로 녹색을 유지하는 것으로 확인되었다. L값의 경우 산화칼슘 처리를 한 경우 19.55로 산화칼슘 처리한 샘플에 비해서 그 값이 낮았으나, a값은 비슷한 수준을 나타내었다. 또한 b값의 경우 산화칼슘 0.3%와 비슷한 수준이었다. 산화칼슘 0.1% 처리한 시금치의 경우 다른 시금치보다 살짝 갈변이 진행된 것으로 보였으나 샘플간의 편차인 것으로 예상된다.

소금 0%의 시금치와 소금 0.5% 데치기 처리를 한 시금치를 살펴보았을 때 소금처리를 한 것이 색이 더 선명함을 유지하는 것을 확인할 수 있었다. L, a, b값의 경우 소금처리를 한 시금치가 처리하지 않은 시금치와 비교하였을 때 전체적으로 높은 값을 띄었다.

○ 저장 4일차

소금과 산화칼슘 처리를 한 시금치를 비교한 결과 시각적으로 소금 0.5%와 산화칼슘 0.1% 처리를 한 시금치가 가장 선명한 녹색을 띄었다. 두 조건의 경우 L값과 b값이 가장 높았으며 a값은 -8 정도의 수치를 나타내었다.

산화칼슘처리를 한 시금치의 L값의 경우 산화칼슘을 처리하지 않은 시금치의 값만이 상승하였고 산화칼슘 처리를 한 샘플의 경우 그 값이 낮아지는 것을 확인하였으며 미세한 갈변이 진행이 되어 a값의 수치가 상승하였으나 그 정도는 미미하였다. b값의 경우는 -2 ~ -4 정도의 수치로 그 값이 낮아지는 것을 확인하였다. 육안으로 확인하였을 때에는 각 조건 모두 0일차 시금치와 비교하였을 때 색상의 변화가 크게 나타나지 않았다.

Table 60. 데치기 염류의 농도(산화칼슘 0, 0.1, 0.3, 0.5%)별 조직감 및 이머, 이취 측정

첨가물별 농도	저장 일수	
	0일차	4일차
	저장 온도	
	상온	
침지액 농도(소금)		
1%		
소금 0%	5	5
소금 0.5%	4	4
산화칼슘 0%	5	5
산화칼슘 0.1%	3.5	4
산화칼슘 0.3%	3.5	4
산화칼슘 0.5%	2.5	3

#### ○ 0일차

소금 0.5%를 처리한 시금치를 산화칼슘을 각 농도별로 처리한 시금치와 조직감을 비교할 경우 Table 60.과 같이 소금 0.5%처리한 시금치의 조직감이 가장 좋았으며 산화칼슘 0.1% 시금치와 비교한다고 하였을 때 이미나 이취도 발생하지 않았다. 산화칼슘은 높은 농도를 처리할수록 이미, 이취가 강하였으며 조직감이 심하게 생겼다. 0.1%와 0.3%의 경우 조직감은 미처리 시금치보다 아삭함이 떨어지나 수용 가능한 정도였다. 산화칼슘 0.5% 시금치의 경우 이미, 이취가 강하고 시금치의 앞 테두리 부분이 뭉개지는 듯 보여 적절한 농도가 아닌 것을 알 수 있었다.

#### ○ 4일차

저장 4일차에서는 첨가물을 사용하지 않은 시금치가 가장 선명한 녹색을 띠었으며 산화칼슘 처리 시금치의 세 조건 모두 저장할수록 더 조직감이 살아나는 것을 확인하였다. 시간이 지날수록 소금과 산화칼슘 처리를 한 각 시금치들의 조직감은 물러지지 않고 유지되었으며 이미, 이취의 정도가 0일차의 시금치보다 수용이 가능할 정도로 느껴졌다.

소금과 산화칼슘을 각 농도별로 데치기 처리하여 색상을 비교한 결과 소금 0.5%와 산화칼슘 0.1%에서 가장 선명한 녹색을 나타내는 것을 확인하였다. 그러나 산화칼슘의 경우 처리시 조직이 물러지는 것을 확인하였으며 산화칼슘을 0.1%처리하였을 시 이미와 이취가 발생하지 않을 것으로 예상하였으나 뚜렷하게 느낄 수 있을 정도였다. 소금의 경우 0.5% 처리시 시금치에서 짠맛을 느낄 수 있었으며 소금처리를 하지 않고 데치기 처리를 한 시금치와 비교하였을 때 색상면에서 차이가 크지 않았다. 따라서 데치기 조건과 같은 추가적인 공정을 추가할 시 발생하는 비용을 고려하였을 때 소금과 산화칼슘 처리를 모두 하지 않는 것이 바람직하다고 판단된다.

### 다. 수분활성도 제어

식품 중의 물을 논할 경우 정적(靜的)인 면에서 수분함량을 기본으로 하는 경우와 동적(動的)인 면에서 식품 중의 물의 자유도를 기본으로 하는 경우가 있다. 물은 식품이 갖는 품질 특성, 즉 단백질의 변성, 물성, 지방질의 산화, 갈변 또는 미생물의 발육 등에 크게 영향을 미치는데, 이때 식품 중의 물을 종래의 수분함량이라고 하는 관점에서 논하기 보다는 물의 자유도, 즉 수분활성(water activity, Aw) 이라고 하는 관점에서 논하는 것이 합리적이다.

따라서 본 실험에서 저장기간에 따른 미생물 안정성을 확인하기 위해 각 처리 샘플의 수분활성도를 측정하여 미생물 안정성의 변화 요인을 예측하고자 하였다.

#### 1) 조리가공 방식에 따른 Aw 변화

Table 61. 고사리의 조리가공 방식에 따른 Aw 변화 측정

	데치기				볶기				과열증기 (supe heated steam)	
	0분	3분	5분	10분	0분	1분	3분	5분	200℃, 5분	400℃, 3분
0일	0.984 ±0.008	0.958 ±0.041	0.982 ±0.007	0.970 ±0.021	0.983 ±0.007	0.959 ±0.042	0.984 ±0.008	0.968 ±0.019	0.989 ±0.002	0.973 ±0.008
5일	0.981 ±0.007	0.955 ±0.038	0.984 ±0.008	0.970 ±0.021	0.985 ±0.009	0.960 ±0.043	0.984 ±0.008	0.970 ±0.021	0.989 ±0.002	0.976 ±0.012
10일	0.983 ±0.007	0.957 ±0.040	0.982 ±0.007	0.967 ±0.017	0.985 ±0.009	0.960 ±0.043	0.984 ±0.008	0.973 ±0.025	0.987 ±0.002	0.976 ±0.012

Table 62. 당근의 조리가공 방식에 따른 Aw 변화 측정

	데치기				볶기				과열증기 (superheated steam)	
	0분	3분	5분	10분	0분	1분	3분	5분	400℃, 90초	400℃, 120초
0일	0.989 ±0.005	0.989 ±0.003	0.990 ±0.004	0.958 ±0.041	0.984 ±0.008	0.959 ±0.042	0.983 ±0.007	0.968 ±0.019	0.988 ±0.001	0.976 ±0.013
5일	0.985 ±0.009	0.960 ±0.043	0.984 ±0.008	0.970 ±0.021	0.984 ±0.008	0.959 ±0.042	0.985 ±0.009	0.971 ±0.022	0.988 ±0.001	0.976 ±0.012
10일	0.985 ±0.008	0.955 ±0.038	0.981 ±0.007	0.970 ±0.021	0.986 ±0.005	0.985 ±0.005	0.984 ±0.005	0.985 ±0.006	0.988 ±0.007	0.980 ±0.005

Table 63. 시금치의 조리가공 방식에 따른 Aw 변화 측정

	데치기								과열증기 (superheated steam)	
	0분	30초	1분	1.5분	2분	3분	4분	5분	250℃, 30초	400℃, 40초
0일	0.988 ±0.002	0.986 ±0.005	0.987 ±0.008	0.958 ±0.041	0.981 ±0.006	0.960 ±0.042	0.982 ±0.007	0.982 ±0.007	0.987 ±0.001	0.976 ±0.011
5일	0.987 ±0.003	0.991 ±0.002	0.991 ±0.003	0.962 ±0.044	0.982 ±0.007	0.955 ±0.038	0.980 ±0.006	0.982 ±0.006	0.986 ±0.001	0.978 ±0.013
10일	0.986 ±0.005	0.986 ±0.005	0.986 ±0.008	0.958 ±0.041	0.984 ±0.008	0.963 ±0.045	0.987 ±0.011	0.987 ±0.011	0.988 ±0.002	0.981 ±0.014

Table 64. 콩나물의 조리가공 방식에 따른 Aw 변화 측정

	데치기					과열증기 (superheated steam)	
	0분	5분	10분	15분	20분	250℃, 5분	350℃, 4분
0일	0.977±0.002	0.987±0.006	0.992±0.003	0.994±0.006	0.990±0.006	0.983±0.003	0.980±0.002
5일	0.983±0.003	0.981±0.006	0.980±0.002	0.976±0.001	0.989±0.001	0.984±0.003	0.982±0.002
10일	0.985±0.002	0.986±0.001	0.987±0.003	0.986±0.002	0.982±0.002	0.990±0.001	0.980±0.002

수분활성도(Aw) 역시 pH 변화와 마찬가지로 생시료와 제조 나물 간에 큰 차이를 보이지 않았으며, 조리 방법에 따른 값 차이도 나타나지 않았다. 조리시간에 따른 차이는 처리 시간이 늘어남에 따라 일부 감소하는 경향을 보이기는 하지만 유의적인 차이는 아닌 것으로 판단된다. 저장 기간에 따른 값 차이는 저장 10일 경과 후 까지는 거의 나타나지 않아 냉장 저장에 따른 수분활성도 변화는 크게 나타나지 않을 것으로 사료되나 이는 포장형태나 포장재질의 종류에 따라 변할 수 있을 것이라 추측되었다.

## 2) 이수 현상 방지 효과에 대한 검증

시금치나 콩나물의 경우 원물을 이용해 살균 처리를 할 경우 살균 처리 직후에도 수분이 원물 밖으로 용출되는 이수현상이 나타났으며 시간이 지남에 따라 그 양이 늘어나는 것을 확인하였다. 이는 최적 공정 설정 후 상품화를 진행하는 과정에서 제품의 완성도를 떨어트릴 가능성이 있기 때문에 이수현상을 해결하기 위해 살균 공정에 반건조 공정을 추가하여 샘플의 이수현상이 얼마나 완화 되는지 확인하고자 하였다.

### ① 실험방법

원물에 처리하는 공정이 많을수록 반건조 효과가 뚜렷이 나타날 것으로 예상되어 이 실험에서는 Sous-vide조건을 60℃, 40min, 초고압 조건을 500MPa으로 고정시키고 열탕조건 97℃, 1min을 첨가하였다.

샘플은 가장 이수현상이 많이 일어나는 시금치 선택하였으며, 시금치를 세척한 후 각 조건별 시금치의 수분함량 계산 및 관능평가를 진행함으로써 이수 현상에 대한 개선 방안을 검증해 보고하였다



Figure 16. 반건조 공정 효과 검증을 위한 처리 공정도

## ② 실험 결과

Table 65. 반건조(55도 10, 20, 30min)공정 중의 무게 및 수분 증발율

	건조 전 무게 (g)	건조 후 무게(g)	W/W(%),수분 증발율
55°C 10min	50.73	43.53	14.19 %
55°C 20min	49.69	39.60	20.31 %
55°C 30min	44.38	30.42	31.46 %

55°C에서 10분 처리한 시금치의 경우 Table 65.과 같이 건조 전과 후의 무게 차이가 7.2g으로 수분증발율은 14.19%였고 30분의 경우 수분 증발율이 31.46%로 10분에 비해 2배정도의 차이가 났다. 건조처리를 하지 않은 시금치와 반 건조 공정(55°C 10, 20, 30min)을 처리한 시금치의 색상의 차이를 비교하였을 때에는 차이는 없는 것으로 확인되었다. 하지만 55°C 5, 10min 조건의 경우 건조가 되었다기보다는 약간의 탈수만 진행 되었고, 55°C 30min 조건의 경우 시금치가 시들해지는 현상이 나타났다. 반건조 공정만을 고려할 경우 55°C 20min에서의 시료 상태가 가장 적당하고 판단하였다.





Figure 17. Sous-*vide* 공정 처리 후 건조 시간에 따른 시금치의 이수량 비교 (건조 0, 20분)

Sous-*vide* (60°C 40min) 공정을 마친 직후 각 조건의 시금치의 이수량을 비교 한 결과, 육안으로 살펴보아도 시금치에서 방출된 수분의 양이 다르다는 것이 확연히 구분되었다. 결론적으로 건조 시간이 길어질수록 이수현상이 줄어드는 결과를 보였다.



Figure 18. HPP 공정 처리 후 건조 시간에 따른 시금치의 이수량 비교 (건조 0, 20분)



Figure 19. 각 건조 시간별 용출액 비교 (건조 0, 10, 20, 30분)

55°C에서 20분 건조한 시금치를 Sous-*vide* 처리한 후 초고압 처리한 경우 수분의 용출량은 건조시키지 않고 처리한 시금치와 비교하였을 때 수용 가능한 정도라고 사료된다.

시금치의 색의 경우 건조 처리를 하지 않은 시금치와 55°C 10, 20, 30분 처리한 시금치 모두 HPP (500MPa, 3min) 후 갈변이 심하게 일어났다. 초고압 처리 전 청녹색이었던 시금치가 연

한 갈색으로 색변화가 일어났는데 초고압 처리시 초고압의 내부 온도가 높았던 것이 원인으로 추측되며, 냉각 후 초고압 처리를 진행할 경우 색의 변화가 미미할 것으로 예상되었다.

결론적으로 반건조 공정을 침투할 경우 원물이 이수현상이 완화되는 것을 확인하였으며, 건조 시간이 길어질수록 시금치의 이수현상이 줄어드는 것을 알 수 있었다. 이는 건조 공정 중에 시금치 내부의 수분이 증발되어 그만큼 이수되어 나오는 물의 양이 줄어들기 때문인 것으로 파악할 수 있다. 30분의 경우 건조과정을 거친 후 시금치의 형태가 시들해 보이며 이는 시금치의 품질에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단되며 55℃에 20분의 조건에서 시금치의 품질이 가장 좋은 것으로 확인되었다. 덧붙여 시금치의 살균과정에서 발생하는 갈변의 경우 추가적인 공정을 통한 억제가 필요할 것으로 판단된다.

#### 라. 항미생물제 사용에 따른 제어

본 실험에서는 nisin과 allyl isothiocyanate (AITC)를 동시에 처리하여 미생물의 사멸에 대한 synergistic antimicrobial effect에 대하여 평가하였다. 서로 다른 농도의 nisin과 AITC를 동시에 처리하였을 때의 살균 능력 변화와 세포 상태 변화에 대하여 평가하였다.

##### 1) 실험 방법

사용균주인 *Listeria monocytogenes* KACC 12671, *Staphylococcus aureus* KACC 10196, *Shigella boydii* KACC 10792는 한국농업미생물보존센터(Korean Agricultural Culture Collection)에서 분양받아 사용하였고, *Salmonella typhimurium* KCCM 40253은 한국미생물보존센터 (Korean Culture Center of Microorganisms)에서 구입하여 사용하였다. 균주는 0.1%의 yeast extract가 첨가된 trypticase soy broth (TSB)에서 37℃, 18시간 동안 호기적으로 배양되었다. 배양된 균주는 사용 전에 원심분리 (3000 x g, 20분)하여 sterile buffered peptone water (BPW)로 세척 후, 이 과정을 2회 반복 후 사용하였다.

서로 다른 항미생물제의 상호작용을 평가하기 위하여 FIC index assay를 시행하였다. *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. typhimurium* and *S. boydii*의 항생제 감수성은 Clinical Laboratory Standards Institute (CLSI)의 절차에 따라 결정되었다. Nisin (640 IU mL<sup>-1</sup>)과 AITC (2.56mg mL<sup>-1</sup>)의 stock solution들을 TSB 배지에 연속적으로 1:2로 희석하여 최종 농도가 각각 10IU mL<sup>-1</sup>와 0.16mg mL<sup>-1</sup>가 되도록 하였다. 희석된 nisin (0, 10, 20, 40, 80, 160, 320, 640IU mL<sup>-1</sup>)과 AITC (0, 0.16, 0.32, 0.64, 1.28, 2.58mg mL<sup>-1</sup>)를 각각 96-well plates에서 혼합하여 서로 다른 농도 비율의 nisin과 AITC의 혼합물을 제조하였다. 이 96-well plates의 각 well에 약 6 log CFU mL<sup>-1</sup>가 되도록 균주를 접종하였다. 균주가 접종된 plate를 37°C, 18시간 배양 후 도말하여 생균수를 측정하였다. Nisin의 단독 처리와 nisin과 AITC의 복합 처리는 최소저해농도를 이용하여 항균제 투약-반응 곡선을 이용하여 계산하였고, 이것은 분할저해농도에 따라 항미생물제의 상호작용을 평가하였다. 분할저해농도는 다음 식을 따라 결정되었다.

$$FIC = FIC_{Msm} + FIC_{AFC} = \frac{C_{Msm}}{MIC_{Msm}} + \frac{C_{AFC}}{MIC_{AFC}}$$

MICNisin과 MICAFC는 nisin과 AFC를 단독 처리하였을 때의 최소저해농도이고, CNisin과 CAFC는 nisin과 AFC를 복합 처리하였을 때의 최소저해농도이다.

*L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. typhimurium* and *S. boydii*의 time-kill curve에 기초하여 nisin과 AFC 혼합물의 항균 활성을 평가하였다. Nisin (320IU mL<sup>-1</sup>)과 nisin (320IU mL<sup>-1</sup>), AFC (0.32mg mL<sup>-1</sup>)의 혼합물을 TSB 배지에 각각 첨가하고, 항균제가 첨가된 TSB 배지에 약 6 log CFU mL<sup>-1</sup>의 각 균주들을 접종하였다. 접종된 균주들은 37°C에서 0, 2, 4, 6, 8, 12, 18, 24 시간 동안 배양되었다.

항균제가 처리된 시료를 연속적으로 1:10로 0.1% peptone water에 희석하였다. Autoplate spiral plating system을 이용하여 희석된 시료를 trypticase soy agar (TSA)에 도말한 후, 37°C에서 24~48시간 동안 배양하여 Qcount colony counter system으로 계수하였다. 항균제가 처리된 균주의 지방산 조성 변화 측정을 위하여 지방산을 추출하였다. 10시간 배양된 균주에서 nisin과 nisin, AFC 혼합물을 제거하기 위하여 원심분리 (5000 x g, 10분, 4°C)하였다. 원심분리 후 nisin과 nisin, AFC 혼합물이 존재하는 상층액을 제거하고 가라앉은 균주들을 취하여 3mL의 isopropanol을 첨가한 후 1분간 처리하고, 2mL의 hexane을 첨가하여 5분간 처리하였다. 이것을 다시 원심분리 (5000 x g, 10분, 4°C)한 후에, 상층의 hexane 막을 취하고 하층에 6mL의 hexane을 첨가하여 재추출하였다. 추출하여 취한 hexane 층을 nitrogen gas blowing system을 이용하여 농축하였고, 메틸화 후 -20°C에서 저장하였다.

추출된 지방산의 정성, 정량 분석을 위하여 gas chromatography (GC)를 이용하여 분석하였다. 추출된 지방산이 녹아있는 1mL의 hexane에 0.5 N sodium methoxide를 400µL 섞어 50°C에서 10분간 방치하고, 14% boron trifluoride-methanol 400µL를 가한 후 25°C에서 30분간 방치 후에 400µL의 hexane으로 추출하였다. 메틸화된 시료는 원심분리(5000 x g, 10분) 후에 취하였다. 상층의 hexane 막을 취하고, 하층에 400 µL의 hexane을 첨가하여 추출하는 것을 2회 반복하였다. 추출하여 취한 hexane을 nitrogen gas blowing system을 이용하여 건조시키고, 0.5mL의 hexane에 녹여 GC를 이용하여 실험 균주들의 Fatty acid methylester(FAME)를 정량하였다. 균주들의 Fatty acid methylester(FAME) 동정을 위하여 flame ionization detector (FID)를 갖춘 gas chromatography (GC)를 이용하였다. FAME의 분리를 위하여 Varian CP-7489 fused silica capillary column (100 m × 0.25 mm × 0.20 mm)이 사용되었다.

균주 사멸도 측정을 위하여 propidium iodide (PI) staining을 실시하였다. sterile phosphate buffered saline (PBS; pH 7.4)을 이용하여 propidium iodide (PI)의 stock solution (2mg mL<sup>-1</sup>)을 준비하고, 사용 전에 -20°C의 암실에 보관하였다. 보관된 PI stock solution을 sterile PBS를 이용, 희석하여 50mg mL<sup>-1</sup>의 working solution을 제조하였다. 대조군과 항균제 처리군 (각 1mL)을 원심분리 (5,000×g, 10 분)한 후에, 1mL의 PI working solution에 재부유 시키고, 37°C, 15분간 배양하였다. PI로 염색된 균주는 1시간 이내에 cytometric analysis를 위하여 얼음에 침지 후 암실 조건에서 보관하였다. 항균제 미처리 균주는 PI staining을 위한 음성 대조군으로 사용되었다.

막전위 측정을 위하여, 균주들은 원심분리(5,000×g, 10 min) 후 취하였다. 취한 균주를 PBS에 2회 세척하고, 최종 부피가 1mL이 되도록 PBS 또는 50 mM NaCl, 5 mM KCl과 10mM EDTA를 포함하고 있는 0.1 M Tris-HCl (pH 8.0)에 재부유 시켰다. 준비된 균주는 3mM diethyloxycarbocyanine iodide (DiOC2(3)) 10ml과 혼합 후 25°C에서 6분간 배양하였다. 배양된 균주를 carbonyl cyanide m-chlorophenylhydrazone (CCCP)로 처리하여 depolarized 후에 양성 대조군으로 사용하였다.

## 2) 실험 결과

Nisin과 AITC를 단독으로 사용하였을 때의 최소 저해 농도는 *L. monocytogenes*에서 640 IU mL<sup>-1</sup>와 2.56 mg mL<sup>-1</sup>, *S. aureus*에서 640 IU mL<sup>-1</sup>와 2.56 mg mL<sup>-1</sup>, *S. typhimurium*에서 >640 IU mL<sup>-1</sup>와 1.28 mg mL<sup>-1</sup> 그리고 *S. boydii*에서 >640 IU mL<sup>-1</sup>와 1.28 mg mL<sup>-1</sup>로 각각 나타났다.

Nisin과 AITC의 복합 처리에 따른 항미생물 효과를 알아보기 위해 *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. typhimurium*, and *S. boydii*에 nisin과 AITC를 복합 처리하였을 때의 synergistic effect에 대하여 평가하였다 (Figure 1). 각 항미생물제의 복합 처리에서 AITC의 농도에 따라 *S. Typhimurium*와 *S. boydii*보다 *L. monocytogenes*와 *S. aureus*에서 더 좋은 저해 효과를 나타내었고, 가장 큰 synergistic effect는 *S. aureus*에서 관찰되었다(FIC index <0.2). 이러한 결과로 볼 때, 비빔밥 재료의 보존료로서 nisin과 AITC를 복합 처리하여 사용시에 최소저해농도보다 더 적은 양으로 미생물의 오염을 효과적으로 저해할 수 있다.

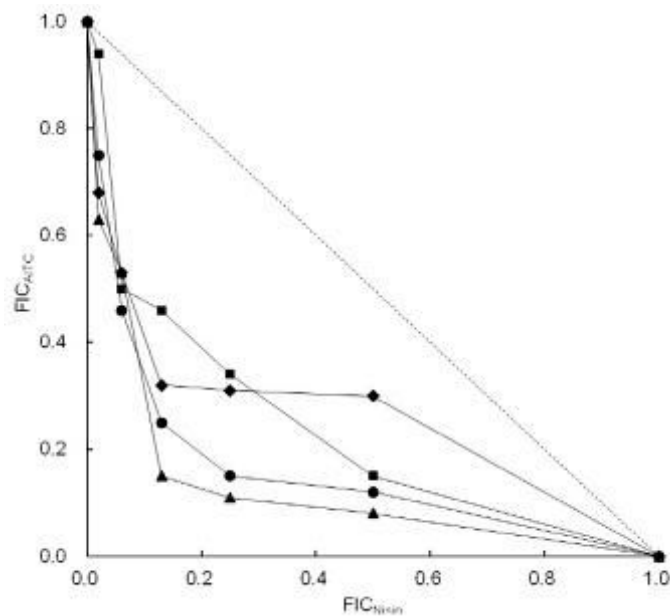


Figure 20. Isobologram for the antimicrobial interaction between nisin and AITC against *L. monocytogenes* (●), *S. aureus* (▲), *S. typhimurium* (■), and *S. boydii* (◆). Dashed line indicates additive interactions.

선택 균주들에 아치사농도의 nisin (320IU mL<sup>-1</sup>) 과 AITC (0.32mg mL<sup>-1</sup>)을 투여하였을 때의 복합적인 효과를 time-kill 곡선을 이용하여 나타냈다 (Figure 2). 항미생물제 처리 균주를 24시간 배양시에, Nisin을 단독 처리한 *S. typhimurium*과 *S.boydii*에서는 저해 효과가 나타나지 않은 반면, nisin과 AITC를 복합 처리한 *S. typhimurium*과 *S. boydii*에서는 초기 농도가 각각 5.80과 5.74 log cfu mL<sup>-1</sup>에서 4.52 and 3.62 log cfu mL<sup>-1</sup>로 감소하였다.

Figure 2의 time-kill 곡선을 통하여 *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. typhimurium* 그리고 *S. boydii*에 대한 nisin과 AITC의 복합 처리에 대한 효과가 측정되었다. Nisin의 단독 처리시에 그람 양성균에 대한 저해 효과는 나타났지만, 그람 음성균의 증식까지는 저해하지 못하였다. Nisin 단독 처리시에는 *L. monocytogenes*와 *S. aureus*가 각각 8시간, 4시간 배양될 때 까지 급격한 생육 저해 효과를 보였으나, 세포 생장이 감소하기 시작하여 회복기로 들어서게 되면 *L. monocytogenes*는 2.17에서 5.30log cfu mL<sup>-1</sup>로 *S. aureus*는 2.35에서 5.62log cfu mL<sup>-1</sup>로 각각 증가하였다. 이러한 결과는 주변 온도로 인하여 nisin의 활성 저해가 일어났기 때문으로 사료된다. Nisin과 AITC의 복합 처리 후, 10시간 배양 시점부터 *L. monocytogenes*와 *S. aureus*에서 검출 한계 이하로의 사멸 양상을 나타내었고, 24시간 배양 시점까지도 회복 없이 검출 한계 이하의 결과가 나타났다.

위의 연구 결과에서, *S. typhimurium*과 *S. boydii* 균주들은 nisin단독 처리시에 강한 저항성을 보였고, *L. monocytogenes*와 *S. aureus* 균주들은 nisin과 AITC 복합 처리시에 더 큰 감수성을 보였다. 그리고, AITC와 nisin의 복합 처리는 실험 균주에 대한 nisin의 활성을 현저하게 증가시켰는데, 그람 음성균에서는 생육 억제 작용을 나타내었고, 그람 양성균에서는 살균 작용을 나타냈다.

이러한 결과는 AITC가 미생물의 막 투과성이나 고분자 합성 저해와 같은 작용을 포함한 세포질 막의 기능 변화를 일으켜 나타난 것으로, AITC의 항균 작용에 대한 주된 이유는 극성 isothiocyanate 말단과 비극성 allyl 사슬로 이루어진 양극성 구조와 관련되었다고 사료된다. 결론적으로, Figure 2와 같은 결과를 볼때 nisin과 AITC의 서로 다른 mechanism은 그람 양성균과 음성균에게 선택적으로 synergistic activity를 나타냄을 시사한다.

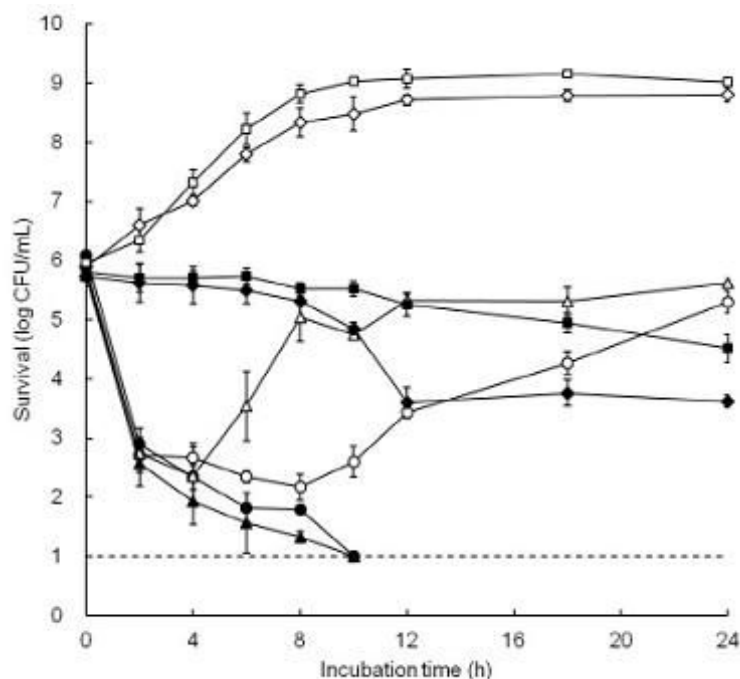


Figure 2l. Effect of nisin alone (○, △, □, ◇) and nisin combined with AITC (●, ▲, ■, ◆) on the growth of *L. monocytogenes* (●, ○), *S.aureus* (▲, △), *S. typhimurium* (■, □), and *S. boydii* (◆, ◇). Dashed line indicates the detection limit (10 cfu mL<sup>-1</sup>).

Nisin과 AITC의 처리에 따른 세포막의 지방산 변화를 측정하였다. Figure 3에서는 nisin 단독 처리와 nisin과 AITC를 복합 처리 후 37°C, 10시간 배양시 *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. typhimurium* 그리고 *S. boydii*의 세포막 지방산의 변화를 보여준다.

*L. monocytogenes*와 *S. aureus*의 주된 지방산은 팔미트산 (C16:0)과 스테아르산 (C18:0)이었다 (Figure 3a, b). 대조군 (42%)과 비교하였을 때, 단독 처리 (nisin)와 복합 처리 (nisin+AITC)한 *L. monocytogenes*와 *S. aureus* 모두에서 현저한 팔미트산 (C16:0)의 감소가 나타났다 (35%). *L. monocytogenes*에서는 복합 처리시에 스테아르산 (C18:0)과 팔미톨레산 (C16:1)이 각각 30%, 15% 증가함을 보였다 (Figure 3a). 단독 처리시에는 올레산 (C18:1)이 26%증가하였고, 복합 처리시에는 올레산 (C18:1)의 비율이 14%로 대조군 (20%)과 비교하였을 때 현저한 감소를 보였다. *L. monocytogenes*에 nisin의 단독 처리 후 올레산(C18:1)비율 증가와 팔미트산 (C16:0)비율 감소는, 회복기 중의 균주에서 cis-단일불포화지방산의 증가로 nisin과 부착된 균주의 증가되기 때문에 나타나는 막 유동성의 증가가 기인한다.

복합 처리시에 *S. aureus*의 팔미트산 (C16:0)과 스테아르산(C18:0)이 각각 45%와 38% 증가하였다(Figure 3b). 대조군과 비교하면, 단독 처리시에 팔미톨레산(C16:1), 올레산(C18:1) 그리고 리놀렌산(C18:3)과 같은 불포화지방산의 비율이 상당히 증가한 것을 보여준다.

*S. typhimurium*과 *S.boydii*의 세포막 지방산은 대부분 미리스트산(C14:0), 팔미트산(C16:0), 팔미톨레산(C16:1), 스테아르산(C18:0)으로 구성됨을 알 수 있다 (Figure 3c, d). *S. typhimurium*을 단독 처리 하였을 때, 팔미트산(C16:0)의 비율이 21%감소되었다. 그러나 단독 처리와 복합 처리 모두 올레산(C18:1)이 현저하게 증가하였다 (Figure 3c).

실험 균주들에 대한 결과를 종합하여 볼 때, 복합 처리시에 팔미트산(C16:0)과 스테아르산(C18:0)의 비율이 증가하였고 올레산(C18:1)의 비율은 감소하였다 (Figure. 3). 그러나 단독 처리한 균주들에서는 올레산(C18:1)의 비율이 증가함을 보인다. 지방산불포화효소의 유출은 호기적인 조건 하에서 단일불포화지방산 대사를 위한 원인이 된다. 세포막 포화 지방산의 증가는 stress-adaptation process중에 발생하는데, 이것은 세포막 barrier function의 향상으로 이어진다.

또한, nisin의 단독 처리는 *S. boydii*의 팔미트산(C16:0), 팔미톨레산(C16:1), 스테아르산(C18:0)의 감소를 유발하였다. *S. typhimurium*과 유사하게, *S. boydii*에서도 nisin을 단독 처리 하였을 때 리그노세르산(C24:0)의 비율이 가장 높게 나타났다 (Figure 3d).

대조군과 비교하였을 때, nisin을 단독 처리한 *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. typhimurium*, *S. boydii* 균주에서는 long-chain fatty acids(C24:0)의 높은 비율로 나타났다. 이것은 항균제 저항성 균주가 아치사농도의 항균제에 노출되었을 때 membrane profile이 short-chain fatty acids에서 long-chain fatty acids로 변화하면서 나타나는 현상을 설명하고 있는데, 이러한 현상은 세포막의 강

직성을 높혀줄 수 있음을 시사한다.

Figure 3에서는 nisin과 AITC가 처리되거나 비처리된 균주의 다양한 지방산 profile을 나타내고 있다. 이 결과는 항균제나 균주의 상태, 균주의 종류에 따라 세포막의 지방산 성분 비율이 어떻게 변화하는가를 입증한다. 또, 이와같은 결과는 미생물이 스트레스 하에서 일어나는 세포막 기능의 유지나 세포막 침투성의 변화가 생존에 불리한 조건에서 생존을 위하여 어떤 중요한 역할을 하는지에 대한 결과를 시사한다.

본 연구에서, nisin과 AITC의 synergistic activity에 대해서는 심도있게 연구되었지만, 세포막의 지방산 조성 변화가 nisin과 AITC에 대한 감수성을 판단하기에는 명백하지 않으므로, 더 진보된 연구가 필요하다고 사료된다.

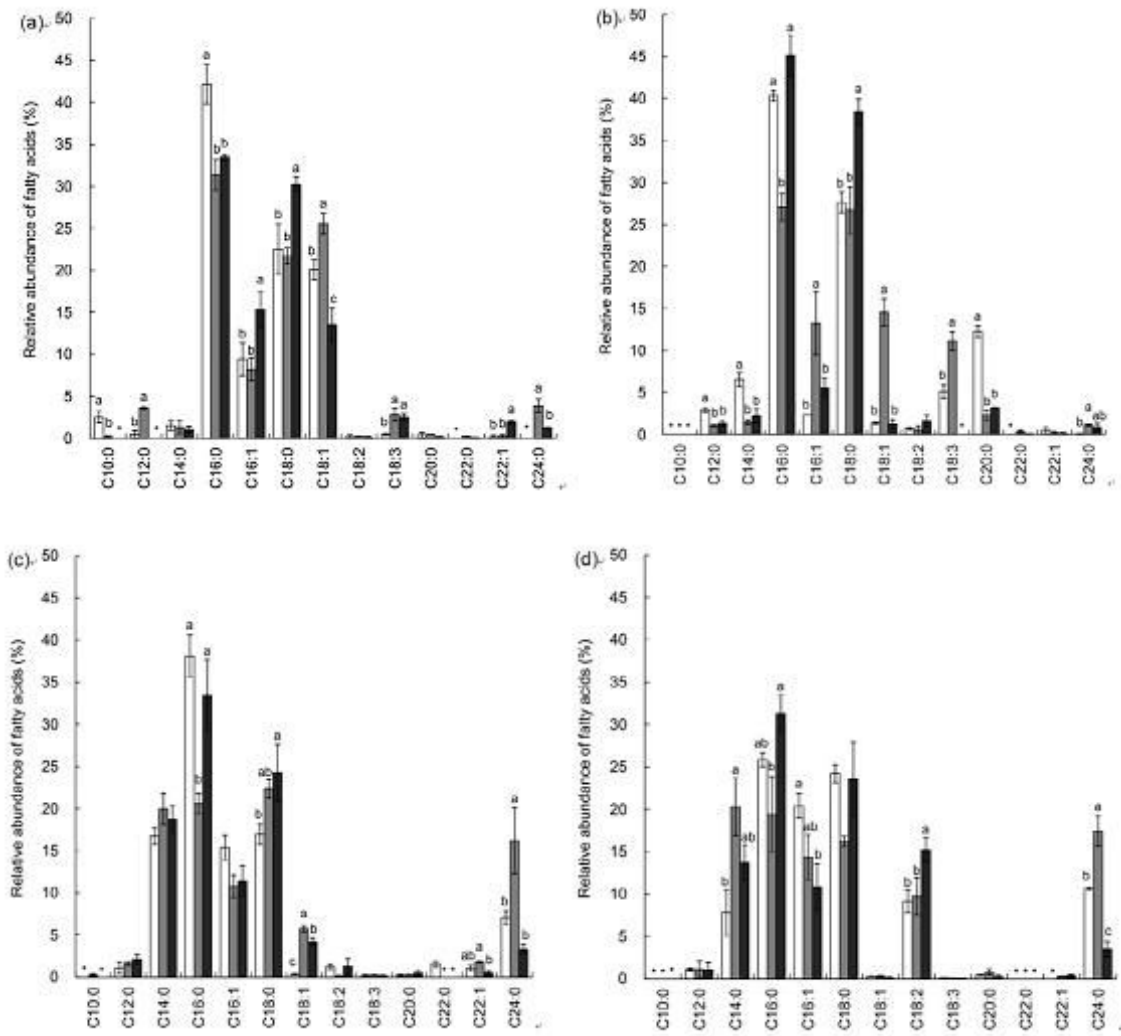


Figure 22. Changes in membrane fatty acid composition of *L. monocytogenes*(a) ,*S. aureus*(b) ,*S. typhimurium* (c), and *S. boydii* (d) grown in TSB containing no antimicrobial(□), nisin alone (■), and nisin combined with AITC (■) for 10 h at 37°C.Means with different letters (a-c) within the treatments at each fatty acid are significantly different at  $p < 0.05$ . (\*) indicates no fatty acid was detected.

아치사농도의 nisin과 AITC에 노출시킨 *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. typhimurium*, *S. boydii*를 세포막 투과율과 depolarization에 기초하여 synergistic effect를 알아보았다 (Figure 4, 5).

Figure 4는 *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. typhimurium*, *S. boydii*에 각각 단독 처리(nisin)와 복합 처리(nisin+AITC)를 하였을 때, light scatter characteristic과 PI fluorescence intensity를 나타낸다. 복합 처리된 *L. monocytogenes*, *S. aureus*의 forward scatter histogram과 side scatter histogram은 폭넓은 분포를 나타내었고, *S. typhimurium*, *S. boydii*에서는 균일한 분포를 나타냈다. 비처리 대조군과 비교해보면, 복합 처리 하였을 때 *S. aureus*(Figure 4d, e)를 제외한 모든 균주에서 cellular particle 크기의 감소가 나타났고(Figure 4a, g, j), 낮은 granularity(Figure 4b, h, k)를 보였다. Light scatter characteristic와 forward scatter characteristic의 변화로 복합 처리가 균주 집단에 현저한 변화를 가져오는 것을 보여주고 있는데, 이것은 그람 양성균과 음성균의 크기와 granularity가 확연하게 달라졌음을 보여준다. 이것은 그람 양성균의 세포막 침투성을 nisin이 변화시킨 것으로 사료된다.

PI fluorescence intensity는 *L. monocytogenes*, *S. aureus* 그리고 *S. typhimurium* 균주에서 매우 큰 변화가 관찰되었고, 대조군과 비교하였을 때 *S. boydii* 균주의 PI intensity는 비교적 약하게 관찰되었다(Figure 4c, 4f, 4i 그리고 4l). PI fluorescence intensity는 복합 처리된 균주들의 생존력과 높게 일치되는데, 이것은 세포막 손상도를 나타낸다.

위의 결과에서, 각 균주 침투율의 변화는 nisin and AITC의 항미생물 작용이 기인하는 것으로 사료된다. Flow cytometric technique은 일반적으로 미생물의 생육과 손상, 사멸에 대한 분리와 동정을 위해 이용된다. 따라서, flow cytometric assay는 항균 처리된 미생물의 생리적 상태를 분석하는 도구로 이용될 수 있다.



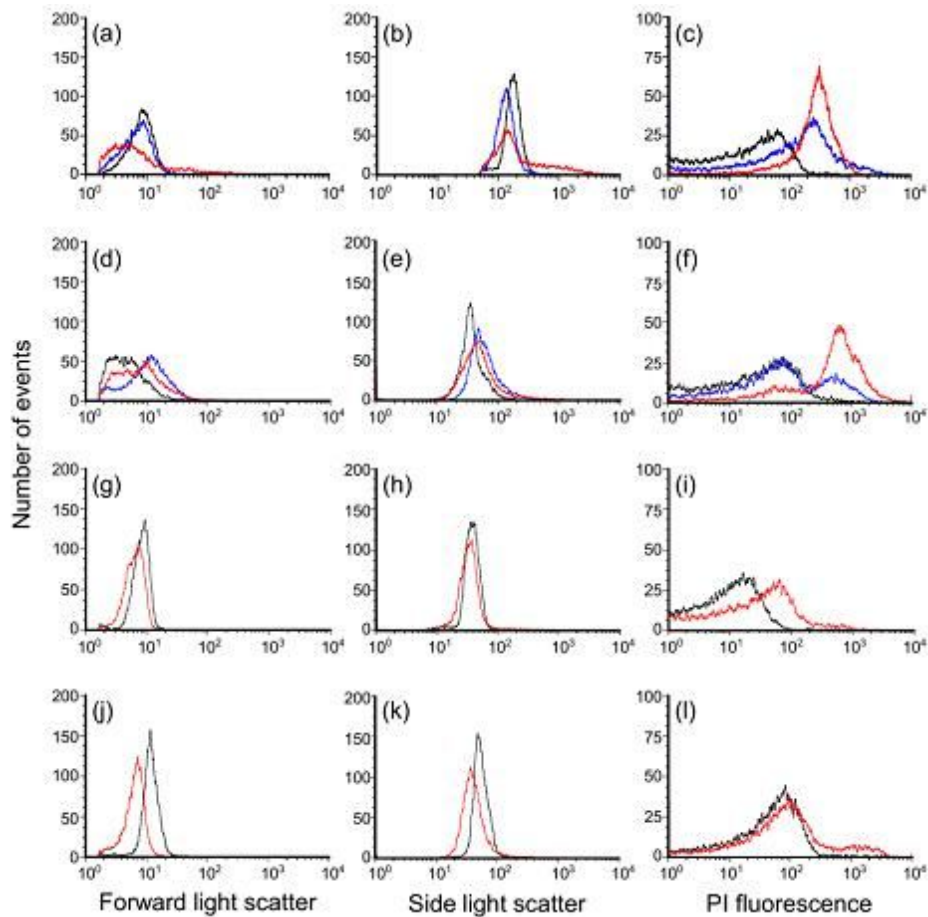


Figure 23. Histogram overlays of forward light scatter (a, d, g, j), side light scatter (b, e, h, k), and PI fluorescence intensity (c, f, i, l) for *L. monocytogenes* (a, b, c), *S. aureus* (d, e, f), *S. typhimurium* (g, h, i), and *S. boydii* (j, k, l) treated with no antimicrobial (blackline), nisinalone (blueline), and nisin in combination with AITC (redline).

Nisin의 단일 처리와 nisin과 AITC의 복합 처리가 *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. typhimurium*, *S. boydii*의 세포막전위 변화에 대한 mechanism을 평가하기 위하여 flow cytometry를 이용하여 depolarization assay를 시행하였다(Figure 5). DiOC2(3)의 적색과 녹색 형광이 나타내는 dot plot은 실험 균주들의 세포막전위 변화를 나타낸다(Figure 5a, c, e, g).

실험에 사용된 *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. typhimurium*, *S. boydii* 균주는 proton ionophore인 CCCP를 이용하여 각각 97%, 99%, 97%, 97%로 depolarization되었다(Figure 5b, 5d, 5f, 5h). Nisin 단독 처리시 유발된 세포막전위 depolarization 활성은 *L. monocytogenes*에서 72%, *S. aureus*에서 69%로 나타났는데, nisin과 AITC의 복합 처리에서는 각각 96%와 98%로 depolarization의 현저한 증가를 나타내었다 (Figure 5b, d). 반면 nisin과 AITC의 복합 처리를 한 *S. typhimurium*에서는 39%, *S. boydii*에서는 32%의 상대적으로 약한 depolarization 활성을 보였다 (Figure 5f, h).

탈분극도는 완전하게 세포생존력과 일치한다. 따라서 세포막전위는 미생물의 세포막붕괴에 따른 항미생물제 효과의 평가에 이용될 수 있다.

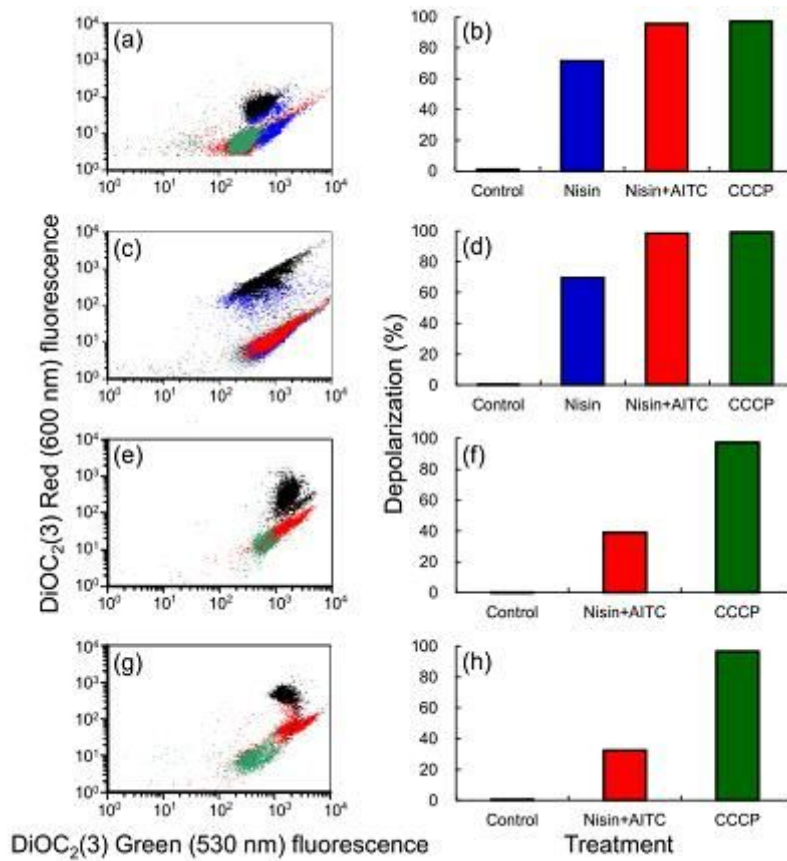


Figure 24. Dot plots of DiOC<sub>2</sub>(3) red and green fluorescence (a, c, e, g) and depolarization activity (b, d, f, h) of *L. monocytogenes* (a, b), *S. aureus* (c, d), *S. typhimurium* (e, f), and *S. boydii* (g, h) treated with no antimicrobial (black dots and bar), nisin alone (blue dots and bar), and nisin in combination with AITC (red dots and bar). A depolarization positive control is the CCCP-treated cells (green dots and bar)

## 제 4 장 Hurdle technology 적용을 통한 고품질 구현

### 1. 전처리 공정에 따른 최적 나물 가공 공정 연구

채소류의 가공 중 일어나는 조직감의 저하는 열에 의한 조직연화와 더불어 주로 펙틴질의 분해와 관련되어 있는 것으로 많이 알려져 있다. 펙틴은 세포막과 세포막 사이에 존재하는 얇은 층에 주로 존재하며 이 얇은 층을 메워주는 동시에 세포와 세포 사이를 결합시켜주는 물질로서 식물체 조직의 기계적 강도에 매우 중요한 작용을 한다. 때문에 펙틴은 채소류 가공 시 조직감의 변화를 최소화하기 위하여 가장 먼저 고려해야 될 사항 중 하나이다.

가공 시 조직연화를 효과적으로 방지하기 위해 사용하고 있는 방법 중 하나로 펙틴질의 분해에 관여하는 효소의 불활성화를 유도하기 위한 데치기 방법이 많이 활용된다. 데치기는 물에 재료를 넣고 고온에 일정시간 머무르기 때문에 수용성 영양성분의 파괴가 많이 일어난다. 따라서 데치기 외에 펙틴 분해효소의 불활성화를 야기할 수 있는 전처리 방법에 대한 실험을 진행하였다.

전처리는 전통적으로 이용되고 있는 Cook-chill 방법, 물에 의한 영향 및 영양파괴를 최소화 할 수 있는 Sous-vide 방법, 단 시간 조리 가능한 superheated steam 처리 방법을 사용하였으며, 방법 별로는 물, NaCl 용액, CaCl<sub>2</sub> 용액 등을 사용하여 조직 및 색의 변화를 최소화 할 수 있는 처리 방법을 찾고자 하였다.

NaCl 용액, CaCl<sub>2</sub> 용액의 농도는 1차년도 실험을 통해 선정된 0.5% 수준으로 제조하여 실험을 진행 하였다. 또한 현재 산업공정으로 사용되고 있는 방법을 이용하여 동일한 원료의 처리 후 조직 및 색의 변화가 어떠한 지 확인해 보았다.

조직의 변화의 경우 Texture analyzer(Stable Micro System Ltd, Model TA.XTExpress, UK)를 이용하여 시료에 대한 항복점에서의 절단강도(break intensity)와 경도(Hardness) 변화를 측정하였다. 경도 측정용 probe는 20mm를 이용하였고, 절단강도는 절단용 칼(adapter #31)로 10mm/min의 시료이동속도(table speed)에서 측정하였다. Texture analyser의 측정조건은 Table 1과 같고, 각 처리구마다 5회 반복하여 측정 및 1회 측정 시 5회 반복의 조건으로 측정하였다.

Table 66. Texture 분석을 위한 TA 측정조건

Item	Condition
Force units	Gram
Distance Format	Strain
Strain	60
Time	20
Tigger type	mm/s
Probe	20mm

색도의 경우 분쇄한 시료를 색도 측정용 dish에 동일하게 취한 후 표면을 고르게 한 후 색차계 (Minolta Co., Ltd., CM-3500d, Osaka, Japan)를 이용하여 L값(명도), a값(적색도), b값(황색도)를 측정하여 표시하였다. 전체적 색도의 차이를 나타내는  $\Delta E$  값은  $[(L-L')^2+(a-a')^2+(b-b')^2]^{1/2}$ 로 산출하였고, 표준판은 L=90.68, a=1.59, b=-8.60의 값을 가진 백색판을 이용하였다.

콩나물은 길이 10cm, 높이 3mm의 시료를 취하여 실험에 이용하였고, 시금치는 뿌리만 제거한 후 세척하여 사용하였으며, 길이가 고른 것들을 선택하여 실험에 이용하였다. 당근은 50mm x 2mm x 2mm 로 채 썬 후 이용하였으며, 기본 물성을 일정부분 동일하게 유지시키기 위해 가운데 조직이 약한 부분은 제외하고 사용하였다. 고사리는 불린 것으로 길이를 10cm정도 고르게 자른 후 실험에 이용하였다.

### 가. Cook-chill method



Figure 25. Cook-chill 처리에 의한 가공공정

각 시료를 동일한 양으로 취한 후 동일한 양의 70°C의 물, 0.5% NaCl, 0.5% CaCl<sub>2</sub> 용액에 각각 시간별 데치기(blanching) 후 chiller를 통해 90분간 3°C로 냉각시켜 실험에 사용하였다.

#### 1) 고사리의 품질 및 안전성 연구

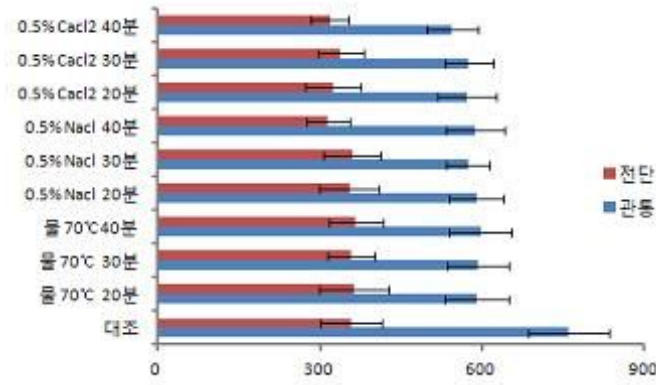


Figure 26. 처리 조건 별 고사리의 절단강도(break intensity) 변화

데치기 처리된 모든 시료들의 강도가 낮아졌으나 소금, 칼슘 등의 첨가 여부에 따른 차이는 거의 나타나지 않았으며 처리 시간에 따른 절단강도의 차이 역시 크게 나타나지 않았다.

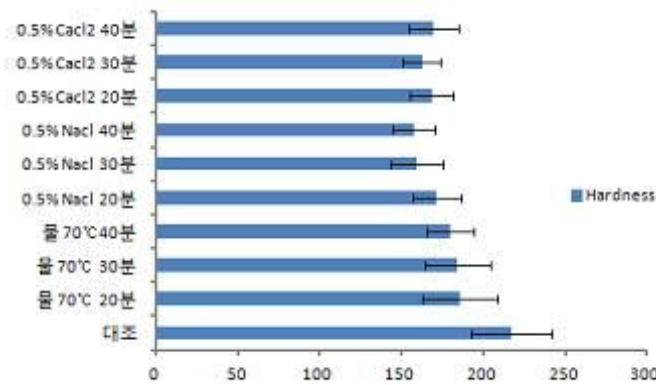


Figure 27. 처리 조건 별 고사리의 경도(Hardness) 변화

처리 시간이 길어짐에 따라 경도는 모두 낮아졌고, 시간에 따라 낮아지는 정도는 물에 처리한 시료보다 소금이나 칼슘이 첨가된 경우 적었으며, 소금보다는 칼슘이 첨가된 용액에 데치기 한 경우 경도 저하가 가장 적게 나타났다. 따라서, 칼슘이 조직의 경도에 영향을 주는 것으로 확인 되었다.

Table 67. 처리 조건 별 고사리의 색도 변화

	색도		
	L	a	b
대조구	34.50±2.15	6.13±0.91	17.79±1.19
70°C, 물, 20분	34.50±2.67	4.82±0.15	15.15±0.27
70°C, 물, 30분	35.96±1.57	5.31±0.24	16.23±1.57
70°C, 물, 40분	36.61±1.89	5.98±0.64	18.85±0.92
70°C, 0.5% NaCl, 20분	36.89±0.67	5.20±0.49	17.91±0.57
70°C, 0.5% NaCl, 30분	36.26±5.14	5.38±1.01	18.15±1.54
70°C, 0.5% NaCl, 40분	36.58±2.67	5.94±0.57	17.91±1.27
70°C, 0.5% CaCl <sub>2</sub> , 20분	36.67±3.12	5.17±0.87	18.97±1.19
70°C, 0.5% CaCl <sub>2</sub> , 30분	35.56±2.54	5.11±0.49	18.24±2.14
70°C, 0.5% CaCl <sub>2</sub> , 40분	35.90±1.57	5.09±0.24	18.64±2.08

처리 조건 별 고사리의 색도 변화는 Table 67. 와 같이 칼슘 처리에 의한 a값이 일부 낮아지는 현상을 보이고, L값과 b값은 큰 차이를 나타내지 않는 것으로 사료된다.

2) 당근의 품질 및 안전성 연구

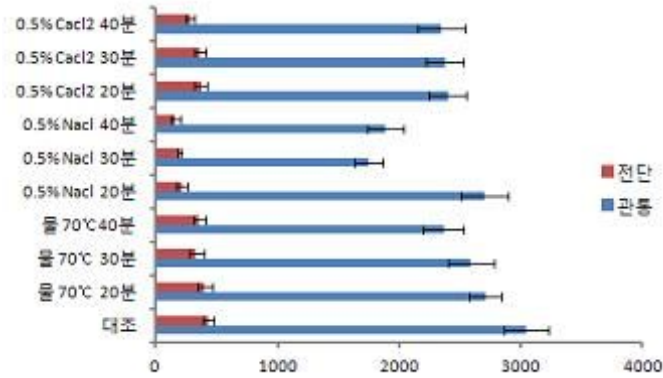


Figure 28. 처리 조건 별 당근의 절단강도(break intensity) 변화

0.5% NaCl 용액에서 처리한 시료의 관통력은 20분 처리 시 대조구와 큰 차이를 나타내지 않았으나, 처리 시간이 길어짐에 따라 급격히 저하된다.

전단력의 경우 0.5% NaCl 용액에서 처리한 시료의 값이 가장 낮게 측정되었고, 소금용액에서의 처리 시간이 길어질수록 강도가 약해지는 것으로 보아 저장성에도 큰 영향을 미칠 것이라 판단된다.

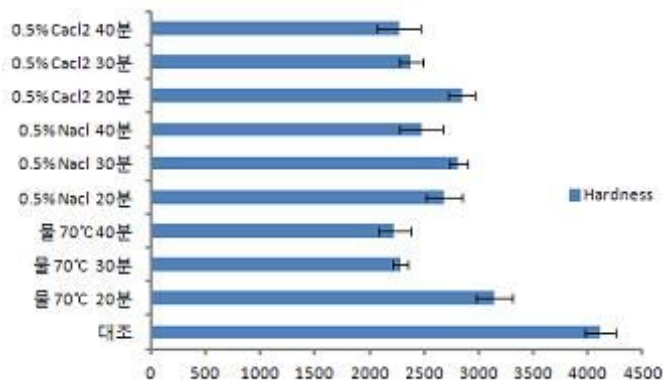


Figure 29. 처리 조건 별 당근의 경도(Hardness) 변화

70°C 물에서 처리한 시료의 경우 처리 시간이 길어질수록 수치 낮아지고, 소금과 칼슘을 첨가한 경우와 처리시간에 따른 경도 변화는 시료간의 값 차이가 크게 나타나지 않았다. 따라서, 당근의 경도에는 소금과 칼슘의 농도 영향이 크지 않은 것으로 판단된다.

Table 68. 처리 조건 별 당근의 색도 변화

	색도		
	L	a	b
대조구	38.75±2.27	32.04±0.19	39.11±0.87
70℃, 물, 20분	46.84±1.67	41.26±2.47	48.17±2.45
70℃, 물, 30분	46.30±2.02	39.24±0.68	46.47±2.19
70℃, 물, 40분	45.27±0.98	38.03±1.57	43.99±2.09
70℃, 0.5% NaCl, 20분	46.31±2.49	39.60±1.69	46.07±1.67
70℃, 0.5% NaCl, 30분	43.93±2.67	35.02±1.14	42.18±2.19
70℃, 0.5% NaCl, 40분	42.58±2.98	33.94±0.24	39.91±1.98
70℃, 0.5% CaCl <sub>2</sub> , 20분	46.67±1.14	37.17±0.67	42.97±1.75
70℃, 0.5% CaCl <sub>2</sub> , 30분	45.56±0.67	37.11±1.98	42.64±0.85
70℃, 0.5% CaCl <sub>2</sub> , 40분	44.90±2.64	36.09±1.11	42.64±1.57

당근은 열처리를 통해 L값, a값, b값이 모두 높아지는 경향을 보였다. 소금이나 칼슘을 넣지 않고 데치기 한 시료의 색도가 가장 좋은 것으로 나타났다. 따라서, 열처리에 의해 색이 밝아지는 것으로 추정된다.

### 3) 시금치의 품질 및 안전성 연구

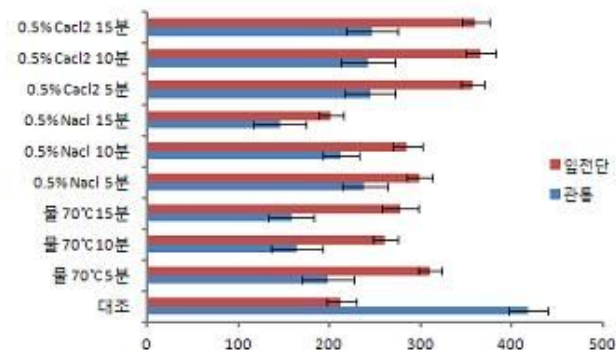


Figure 30. 처리 조건 별 시금치의 절단강도(break intensity) 변화

전체적으로 관통 정도는 대조구에 비해 많이 낮게 측정되었으나 전단력은 모두 증가하는 것으로 나타났다. 관통력과 전단력 모두 0.5% CaCl<sub>2</sub> 용액에서 처리한 시료가 우수한 것으로 나타났으며, 처리 시간에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다.

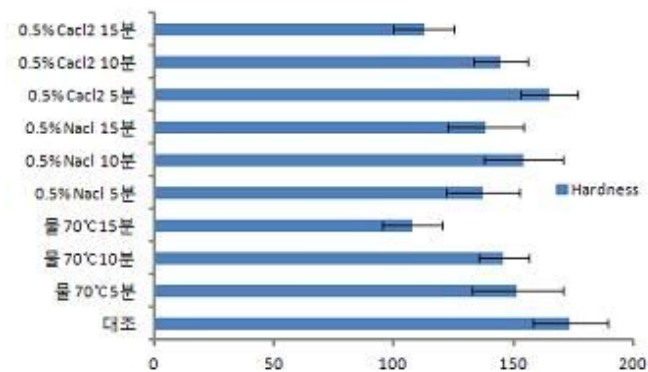


Figure 31. 처리 조건 별 시금치의 경도(Hardness) 변화

70℃ 물에서 처리한 시료의 경우 처리 시간이 길어짐에 따라 값이 낮아졌고, 물과 0.5% NaCl 용액에서 처리한 시료의 정도보다는 0.5% CaCl<sub>2</sub> 용액에서 처리한 시료의 정도가 높게 측정 되었다. 따라서, 칼슘이 조직의 정도에 영향을 주는 것으로 확인된다.

Table 69. 처리 조건 별 시금치의 색도 변화

	색도		
	L	a	b
대조구	17.13±0.68	-10.06±0.33	19.47±1.24
70℃, 물, 5분	21.81±0.57	-12.40±0.24	22.86±1.01
70℃, 물, 10분	22.36±0.24	-12.01±0.19	22.78±1.19
70℃, 물, 15분	24.24±1.05	-12.45±0.28	24.57±0.29
70℃, 0.5% NaCl, 5분	25.02±0.57	-14.16±0.18	25.09±0.67
70℃, 0.5% NaCl, 10분	23.57±0.94	-12.21±0.16	24.39±1.54
70℃, 0.5% NaCl, 15분	22.68±0.84	-12.57±0.54	24.48±0.57
70℃, 0.5% CaCl <sub>2</sub> , 5분	22.28±0.16	-12.78±0.24	28.71±0.84
70℃, 0.5% CaCl <sub>2</sub> , 10분	24.38±0.67	-13.38±0.19	25.33±1.57
70℃, 0.5% CaCl <sub>2</sub> , 15분	24.53±0.29	-12.72±0.67	24.19±1.67

실험 결과 열처리된 시금치의 L값은 대조구보다 모두 높아지는 경향을 보였고, a값은 모두 낮아지는 것으로 나타났다. b값은 대조구에 비해 모두 높아졌으나, 적색도가 감소하여 갈변이 억제되고 색이 선명해 지는 것으로 나타났다.

#### 4) 콩나물의 품질 및 안전성 연구

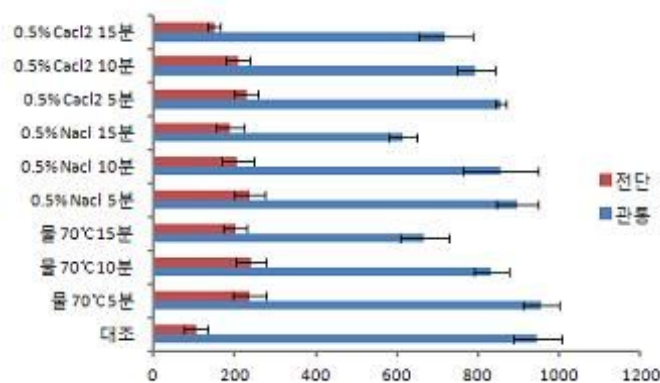


Figure 32. 처리 조건 별 콩나물의 절단강도(break intensity) 변화

절단강도는 70℃ 물에서 5분 처리한 시료와 대조구와 큰 차이를 보이지 않았다.

0.5% NaCl 용액 및 0.5% CaCl<sub>2</sub> 용액에서 5분 처리한 시료도 크게 차이를 나타내지 않았으며, 처리 시간이 길어질수록 수치는 모두 낮아지는 것으로 확인되었다.



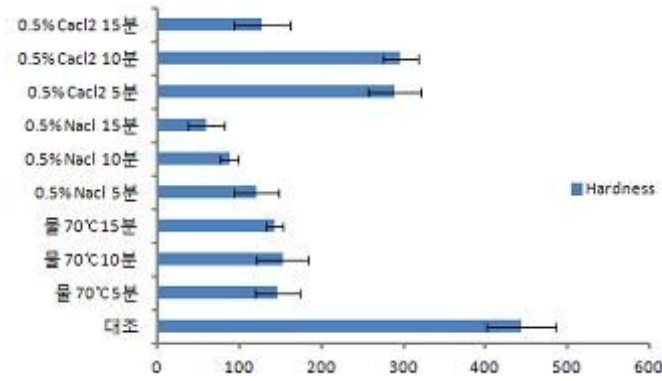


Figure 33. 처리 조건 별 콩나물의 경도(Hardness) 변화

물과 0.5% NaCl 용액에서 처리한 시료는 경도가 크게 낮아졌으나, 0.5% CaCl<sub>2</sub> 용액에서 5분, 10분 처리한 시료는 대조구보다 다소 낮게 측정되기는 하였지만, 물이나 0.5% NaCl 용액에서 처리한 시료보다 월등히 높은 수치를 나타내었다. 또한, 칼슘이 조직의 경도에 영향을 주는 것으로 확인되었다.

Table 70. 처리 조건 별 콩나물의 색도 변화

	색도		
	L	a	b
대조구	72.00±6.98	2.78±0.55	34.74±1.02
70°C, 물, 5분	68.51±5.45	2.89±0.23	28.46±1.09
70°C, 물, 10분	70.30±4.24	3.20±0.19	27.54±0.95
70°C, 물, 15분	70.22±9.24	3.07±0.42	27.65±0.48
70°C, 0.5% NaCl, 5분	72.36±4.68	2.98±0.24	26.58±1.24
70°C, 0.5% NaCl, 10분	72.50±7.25	2.35±0.23	28.32±1.37
70°C, 0.5% NaCl, 15분	71.69±6.09	2.07±0.97	28.20±1.15
70°C, 0.5% CaCl <sub>2</sub> , 5분	70.72±4.68	2.52±0.45	33.54±0.67
70°C, 0.5% CaCl <sub>2</sub> , 10분	69.67±2.57	2.89±0.67	30.90±0.94
70°C, 0.5% CaCl <sub>2</sub> , 15분	71.99±7.38	3.61±0.54	24.82±1.24

열처리한 샘플들의 L값은 대조구에 비해 대부분 2~4 정도 감소하였으나, 소금물에 처리한 샘플은 대조구와 거의 유사한 값을 나타내었다. 따라서 소금이 변색 방지에 영향을 주는 것으로 사료되나, 소금물에 의한 변색 방지도 처리시간이 길어짐에 따라 저하되므로, 조리시간은 10분을 넘지 않는 조건으로 처리하는 것이 좋을 것이라 사료된다. a값 역시 처리 시간이 길어짐에 따라 높아지는 경향을 보였으며, 소금물에 처리한 샘플의 값이 다소 낮게 측정되었다. b값은 대조구에 비해 대부분 낮아지는 것으로 나타났는데, 열처리에 의해 황색도가 저하되므로 장시간 처리는 적합하지 않을 것이라 생각된다.

Cook-chill 처리에 의한 콩나물의 관통력은 처리 시간이 5분을 넘지 않는 수준에서 대조구와 유사한 정도를 나타내었다. 또한 소금이나 칼슘 첨가 여부와 상관없이 비슷한 수준을 나타내었다.

경도는 열처리를 통해 낮아졌으나 칼슘 첨가의 경우 대조구의 80% 수준을 유지시키는 것으로

확인되어 저장기간을 확보하기 위한 첨가물로 소금보다는 칼슘이 더 효과가 좋은 것으로 판단된다. 하지만 칼슘을 첨가한 시료보다 소금을 첨가한 시료의 색도가 더 우수하기 때문에 칼슘과 소금을 적절히 혼합한 처리를 통해 상호보완효과를 기대할 수 있을 것이라 생각된다.

Cook-chill 처리에 의한 시금치의 관통력은 열처리를 통해 모두 낮아지기는 하였으나 일반 처리구에 비해 칼슘을 첨가한 시료의 관통력이 그나마 대조구에 가장 근접하게 유지 되는 것으로 확인되었다.

전단력 역시 일반처리구나 소금 첨가구에 비해 칼슘을 넣었을 경우 훨씬 우수한 것으로 나타났으며, 경도 역시 칼슘 첨가 시 대조구 수준으로 유지되는 것을 확인할 수 있었다.

색도는 소금 첨가구보다 큰 차이는 아니지만 조금은 더 향상되는 것으로 나타났다. 따라서 시금치는 칼슘을 첨가하여 5분 이내로 처리하는 것이 가장 좋을 것이라 생각된다.

당근의 관통력 및 색도는 Cook-chill 처리를 통해 크게 낮아지지는 않았으나, 소금 및 칼슘 첨가 여부에 따라 향상되는 양상은 나타나지 않았다. 따라서 아무 첨가 없이 물에 처리하는 것이 좋을 것이라 사료되며, 처리 시간은 20분 내외로 설정하는 것이 바람직하다고 생각된다.

고사리는 관통력이나 전단력, 색도 등이 열처리 시간이나 첨가물 여부에 상관없이 거의 일정하게 나타났다. 따라서 원물의 맛에 영향을 주지 않고 경제적인 처리를 위해 아무런 첨가 없이 처리 시간은 20분 내외로 설정하는 것이 좋을 것이라 생각된다.

결론적으로, 각 시료를 조건별로 처리한 결과 콩나물은 70℃ 0.5% CaCl<sub>2</sub> 용액에서 5분, 시금치는 0.5% CaCl<sub>2</sub> 용액에서 5분, 당근은 물에서 20분, 고사리는 물에서 20분 처리한 시료의 품질이 가장 우수한 것으로 확인되었다.

#### 나. Sous-vide method

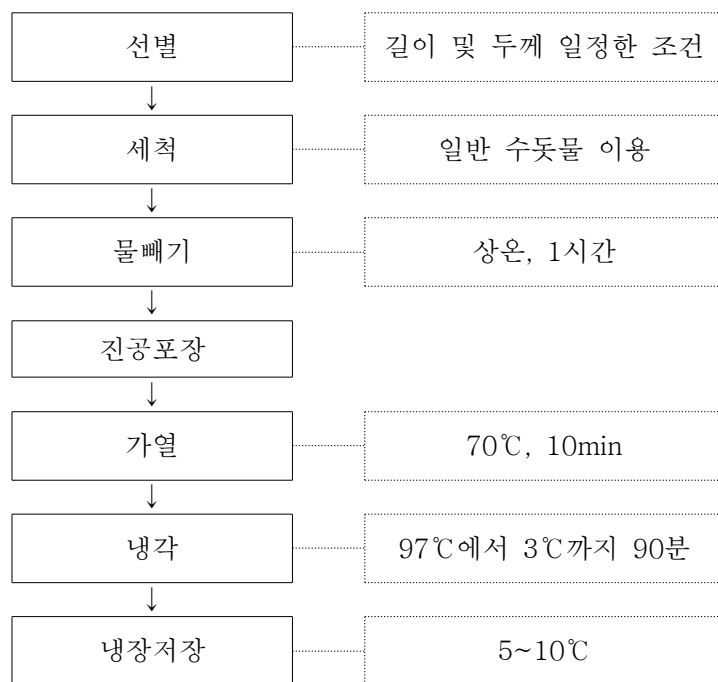


Figure 34. Sous-vide 처리에 의한 가공공정

각 시료를 500g 씩 진공 포장한 후 97℃ water bath에서 5분, 10분 처리한 후 chiller에서 90분간 3℃로 냉각하였다. 진공포장 전 0.5% 소금물에 5분, 10분 침지시킨 후 건져내어 진공 포장하여 97℃ water bath에 5분, 10분 처리한 후 chiller에서 90분간 3℃로 냉각하였다. 포장지에 시료와 0.5% 소금물을 1:1 비율로 넣은 후 진공 포장하여 97℃ water bath에 5분, 10분 처리한 후 chiller에서 90분간 3℃로 냉각하였다.

1) 고사리의 품질 및 안전성 연구

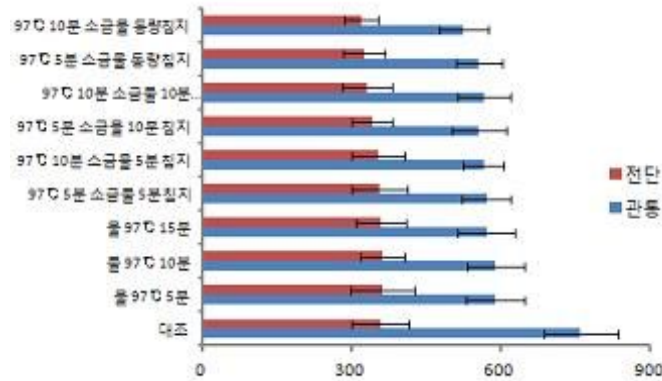


Figure 35. 처리 조건 별 고사리의 절단강도(break intensity) 변화

고사리의 절단 강도는 열처리에 의해 모두 낮아지기는 하였으나 처리 시간이나 처리 조건에 따른 차이는 거의 나타나지 않았다. 소금 처리 등에 의한 강도 향상 효과는 없는 것으로 판단된다.

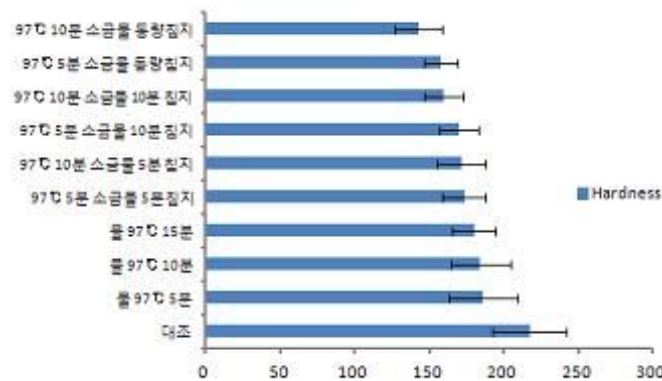


Figure 36. 처리 조건 별 고사리의 경도(Hardness) 변화

경도 역시 열처리에 의해 모두 낮아지기는 하였으나 처리 시간이나 처리 조건에 따른 차이는 거의 나타나지 않았다. 소금 처리 등에 의한 경도 향상 효과는 없는 것으로 판단된다.

Table 71. 처리 조건 별 고사리의 색도 변화

	색도		
	L	a	b
대조구	34.50±2.69	6.13±0.04	17.79±1.51
97℃, 5분	35.48±2.12	5.48±0.11	17.15±1.20
97℃, 10분	35.58±2.93	5.31±0.08	16.23±1.76
97℃, 15분	35.59±3.11	5.98±0.05	18.85±1.43
소금물 5분 침지 후 97℃, 5분	36.24±2.13	5.20±0.11	17.91±1.33
소금물 5분 침지 후 97℃, 10분	36.15±2.10	5.38±0.09	18.15±1.15
소금물 10분 침지 후 97℃, 5분	36.06±1.74	5.94±0.06	17.91±1.65
소금물 10분 침지 후 97℃, 10분	35.67±1.08	5.17±0.04	18.97±1.26
소금물 동량 첨가 후 97℃, 5분	36.12±2.94	5.11±0.19	18.24±1.29
소금물 동량 첨가 후 97℃, 10분	36.01±1.11	5.09±0.01	18.64±1.65

소금 처리에 의해 L값은 상승하고 a값은 낮아진 것으로 보이기는 하지만 전체적인 처리 조건 및 처리 시간에 따른 고사리의 색변화는 거의 나타나지 않는 것으로 생각된다.

2) 당근의 품질 및 안전성 연구

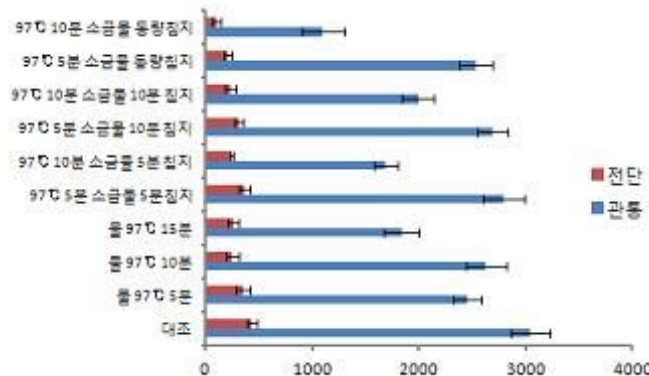


Figure 37. 처리 조건 별 당근의 절단강도(break intensity) 변화

관통력은 처리조건에 의한 영향보다는 처리 시간에 의한 차이가 많이 나타났으며, 처리시간이 길어질수록 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

전단력은 대부분 열처리에 의해 낮아지기는 했으나, 대조구와 큰 차이를 나타내지는 않았으며, 역시 처리 시간이 길어짐에 따라 낮아졌다. 특히 소금물을 넣고 처리한 샘플의 전단력과 관통력은 다른 처리구에 비해 더 낮아졌고, 일반 처리보다 소금물에 침지시킨 후 포장하여 Sous-vide 처리한 샘플의 관통력과 전단력이 가장 좋은 것으로 나타났다.

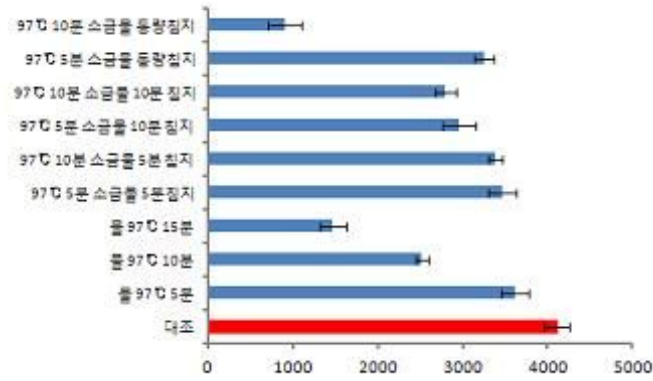


Figure 38. 처리 조건 별 당근의 경도(Hardness) 변화

경도는 아무런 처리 없이 Sous-vide 처리한 샘플보다 소금물에 침지한 후 건져내 진공 포장하여 Sous-vide 처리한 샘플의 값이 가장 좋았으며, 5분 처리한 샘플의 경도는 대조구와 큰 차이를 나타내지 않았다.

Table 72. 처리 조건 별 당근의 색도 변화

	색도		
	L	a	b
대조구	38.75±2.50	32.04±1.38	39.11±1.29
97°C, 5분	38.92±1.84	30.40±1.77	37.63±1.13
97°C, 10분	44.64±1.99	36.03±7.01	43.73±1.74
97°C, 15분	43.20±1.51	35.16±1.76	42.67±1.41
소금물 5분 침지 후 97°C, 5분	45.07±1.12	38.17±1.43	46.37±1.31
소금물 5분 침지 후 97°C, 10분	46.10±1.41	39.97±2.15	47.83±2.94
소금물 10분 침지 후 97°C, 5분	41.52±3.46	32.98±1.26	41.05±2.04
소금물 10분 침지 후 97°C, 10분	46.02±2.60	38.39±2.57	46.76±4.20
소금물 동량 첨가 후 97°C, 5분	46.51±2.16	38.40±2.49	45.37±2.78
소금물 동량 첨가 후 97°C, 10분	46.02±2.43	38.18±1.80	44.92±0.16

L값은 열처리에 의해 대부분 상승하였으나, 물에 5분간 처리한 샘플은 대조구와 유사한 수치를 나타내었다. 소금 처리에 의해 L값, a값, b값 모두 상승하였으며, 동일한 조건하에 가열시간이 증가함에 따라 색도도 증가하였으나, 소금물을 첨가하여 처리한 샘플의 경우 처리시간 5분, 10분간의 값 차이는 거의 나타나지 않았다.

열처리에 의해 밝기가 향상되고, 적색도와 황색도가 증가하면서 당근의 색감이 더욱 식감을 자극하는 색으로 유지되는 것으로 확인되었다.

### 3) 시금치의 품질 및 안전성 연구

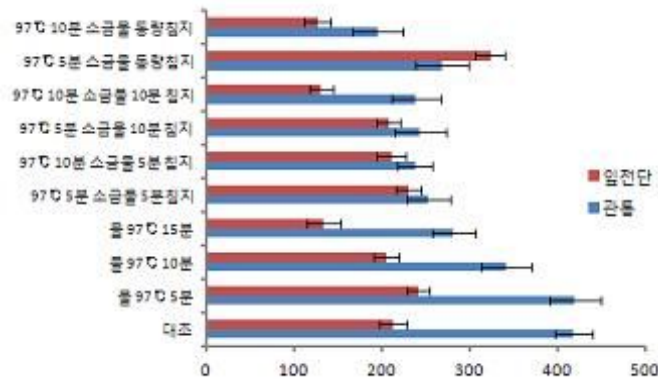


Figure 39. 처리 조건 별 시금치의 절단강도(break intensity) 변화

전체적으로 관통력은 대조구에 비해 크게 떨어지지 않았으나, 특히 아무 처리 없이 진공 포장하여 Sous-vide 처리한 샘플의 강도는 10분을 넘지 않는 수준에서 대조구와 큰 차이를 나타내지 않았다.

전단력의 경우 5분 처리한 샘플과 소금물을 첨가하여 Sous-vide 처리한 샘플의 값이 가장 대조구와 유사하게 측정되었다.

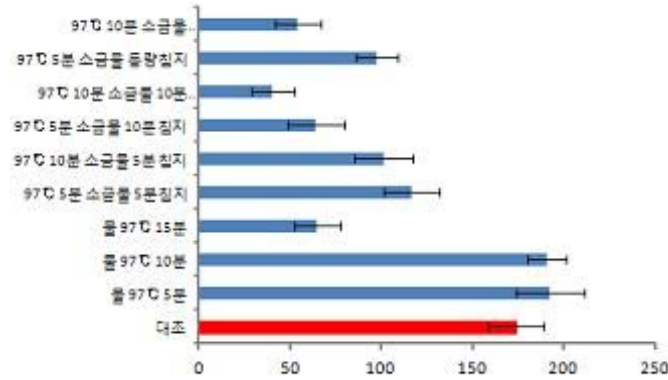


Figure 40. 처리 조건 별 시금치의 경도(Hardness) 변화

아무 처리 없이 진공 포장하여 Sous-vide 처리한 샘플의 경도는 대조구보다 약간 상승한 것으로 나타났다. 소금물에 침지한 후 진공 포장한 샘플과, 소금물을 넣어 진공포장 후 처리한 샘플의 경도는 모두 낮아진 것을 확인할 수 있었다.

Table 73. 처리 조건 별 시금치의 색도 변화

	색도		
	L	a	b
대조구	17.13±0.67	-10.06±0.23	19.47±0.47
97°C, 5분	24.69±1.72	-13.39±0.33	22.46±0.59
97°C, 10분	21.91±1.24	-12.47±0.49	23.08±0.27
97°C, 15분	21.63±1.67	-11.15±0.24	22.14±0.43
소금물 5분 침지 후 97°C, 5분	22.58±0.92	-13.93±0.67	23.71±0.28
소금물 5분 침지 후 97°C, 10분	22.86±0.72	-11.97±0.19	23.27±0.91
소금물 10분 침지 후 97°C, 5분	22.24±0.33	-13.60±0.94	22.29±1.01
소금물 10분 침지 후 97°C, 10분	22.73±1.09	-11.29±0.74	21.53±0.27
소금물 동량 첨가 후 97°C, 5분	22.16±1.47	-13.91±0.19	22.57±0.73
소금물 동량 첨가 후 97°C, 10분	22.09±1.51	-11.41±1.09	20.94±0.47

L값은 열처리를 통해 모든 시료가 상승하였다.

소금 첨가 없이 물에 처리한 시료는 가열 시간이 길어질수록 L값이 낮아지는 경향을 보였으나, 소금에 의한 처리를 거친 시료는 가열 시간에 따른 L값 변화를 나타내지 않았다. 소금물 침지 시간에 따른 값 차이는 크게 나타나지 않았다.

a값 역시 열처리에 의해 대부분 낮아졌으며, 가열 시간이 길어질수록 높아지는 것으로 나타나 가열에 의한 갈변이 발생하는 것으로 추측되어진다.

#### 4) 콩나물의 품질 및 안전성 연구

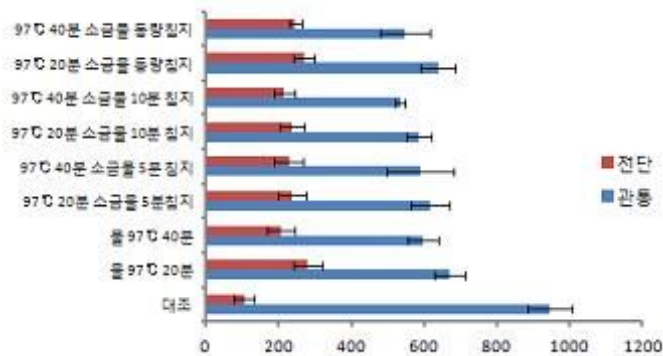


Figure 41. 처리 조건 별 콩나물의 절단강도(break intensity) 변화

Sous-vide 처리를 통한 콩나물의 절단강도는 처리 시간과 처리 용매에 의해 거의 차이를 나타내지 않았다. 전단력은 대조구에 비해 모두 상승했으나, 관통력은 모두 낮아졌고 그 정도는 처리구 간에 큰 차이는 나타나지 않았다.

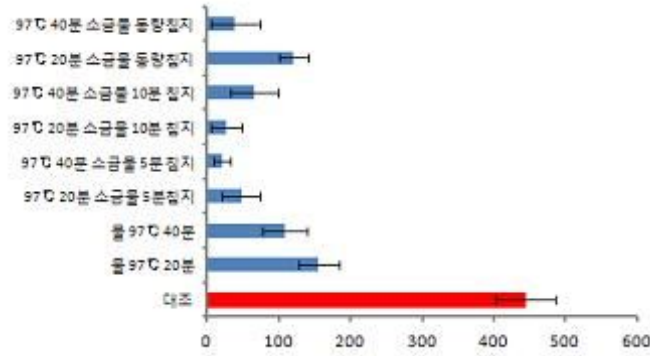


Figure 10. 처리 조건 별 콩나물의 경도(Hardness) 변화

경도는 Sous-vide 처리에 의해 그 정도가 모두 크게 낮아졌다. 아무런 처리 없이 진공 포장하여 Sous-vide 처리한 샘플의 경도가 소금물을 첨가하여 Sous-vide 처리한 샘플의 경도 보다 조금 높게 나타났다.

Table 74. 처리 조건 별 콩나물의 색도 변화

	색도		
	L	a	b
대조구	72.00±3.05	2.78±0.24	34.74±1.11
97°C, 20분	71.29±2.55	2.80±0.19	35.93±0.68
97°C, 40분	68.88±2.67	3.72±0.09	33.92±0.98
소금물 5분 침지 후 97°C, 20분	72.65±1.67	2.41±0.29	35.36±1.08
소금물 5분 침지 후 97°C, 40분	73.28±2.87	2.90±0.67	35.81±0.57
소금물 10분 침지 후 97°C, 20분	73.63±3.08	2.12±0.64	35.72±0.67
소금물 10분 침지 후 97°C, 40분	72.94±3.33	2.66±0.09	35.40±0.81
소금물 동량 첨가 후 97°C, 20분	71.62±2.67	2.44±0.23	34.65±0.53
소금물 동량 첨가 후 97°C, 40분	72.12±2.19	2.78±0.12	34.65±1.72

소금물 첨가 상태에서 L값은 처리 시간이 길어짐에 따라 크게 낮아졌고, a값은 높아졌다.

소금이 없는 경우보다는 소금물에 침지한 후 건져내어 처리한 샘플의 L값이 더 높게 측정되었고, 소금물 침지시간에 따른 차이는 거의 나타나지 않았다. 또한 소금물에 침지한 후 처리한 샘플의 a 값이 대조구보다 더 낮았으나 처리시간이 길어짐에 따라 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 소금에 침지한 경우와 소금물을 넣고 처리한 시료간의 L값 차이는 거의 나타나지 않았다. b값은 전체적으로 큰 차이를 나타내지 않았다.

각 시료를 조건별로 처리한 결과 콩나물은 97°C에서 20분, 시금치는 97°C 5분, 당근 역시 97°C 5분, 고사리는 97°C 20분이 가장 우수한 것으로 나타났다.

Sous-vide 처리에 의한 콩나물의 관통력 및 전단력 차이는 거의 나타나지 않았다.

경도는 모두 낮아졌으나 아무 처리 없이 진공 포장하여 20분 처리한 시료가 가장 우수했으며, 색도는 일부 차이가 나타났지만, 20분 처리 내외로 유사한 값을 나타내었다. 따라서 콩나물 처리를 위한 조리조건으로 소금 처리 없이 97°C, 20분 정도가 적절하다고 판단된다.



시금치 역시 아무 첨가 없이 진공 포장하여 Sous-vide 처리한 샘플의 관통력이 가장 우수하였고, 전단력 역시 우수한 것으로 나타났다. 경도 크기 또한 대조구와 유사한 정도를 나타내어 시금치 처리를 위한 조건으로 97℃, 5분이 적절한 것으로 사료된다.

당근의 관통력은 처리 시간 5분 내외로는 소금 첨가 여부와 상관없이 대조구와 유사한 정도를 나타내었으나, 전단력은 소금이 없는 상태에서 높게 측정되었고, 경도 역시 소금이 없는 상태로 5분 조리 시 대조구와 큰 차이를 나타내지 않았다. 따라서 당근 조리를 위한 Sous-vide 조건은 97℃, 5분이 적절한 것으로 나타났다.

고사리의 Sous-vide 처리 결과 관통력과 전단력, 경도의 차이가 거의 나타나지 않았으며, 그나마 소금 첨가 없이 5분 처리한 시료의 물성이 가장 우수한 것으로 나타났다.

#### 다. Superheated Steam (SHS) method

Superheated steam(과열수증기)은 조작압력 하에서 기화한 물(포화수증기)을 더욱 가열하여 끓는 점 이상의 온도로 한 완전 기체상태의 물로서 다음과 같은 특징을 이용하여 식품의 살균, 건조, 가열 조리, 배진, 해동, 탈취 및 폐기물의 탄화에 이용되고 있으며 빠른 열전달 속도, 무산소 가열, 수분증발억제, 탈유작용, 탈염작용, 살균기능, 색도변화 억제, 이취제거 등의 효과가 뛰어나다.

Superheated steam 시스템에서는 아래 그림과 같이 산소가 제거됨으로써 식품의 가열조리 시 발생하는 산소와의 반응에 의한 갈변반응, 지방의 산화, 영양성분 파괴 등의 품질저하 현상이 크게 억제되는 장점이 있다.

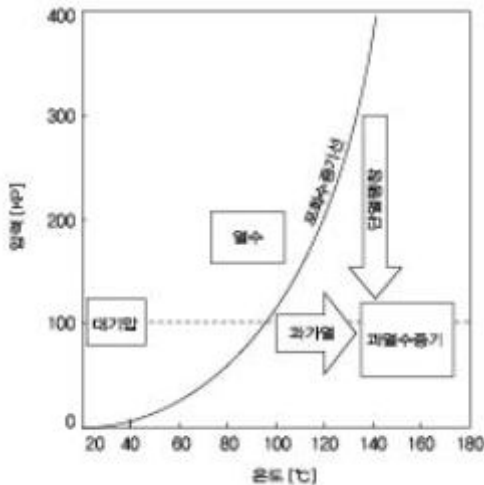


Figure 42. 고온고압과열증기 발생 온도와 압력

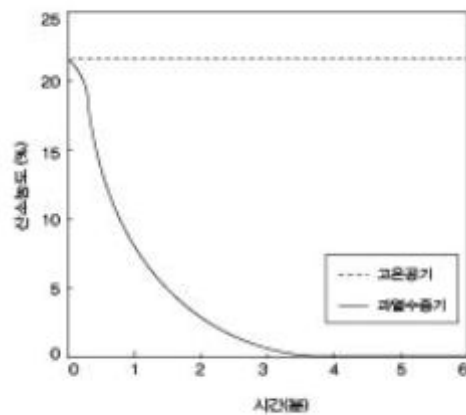


Figure 43. 과열수증기 발생에 따른 산소감소율

Superheated steam으로 식품을 조리할 경우 그림 과 같이 식품표면에 과열 수증기가 닿으며 냉각되어 응축수 역할을 하며 둘러싸게 되어 산화가 쉽게 일어나는 비타민C나 지방과 같은 성분의 파괴를 방지한다.

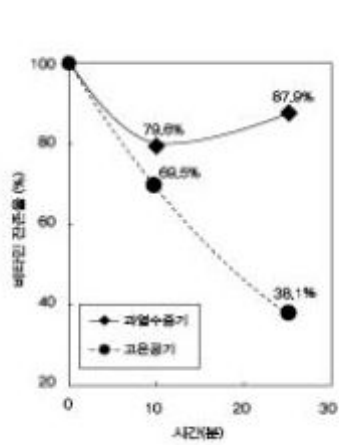


Figure 44. Superheated steam 조리시 비타민C 잔존율

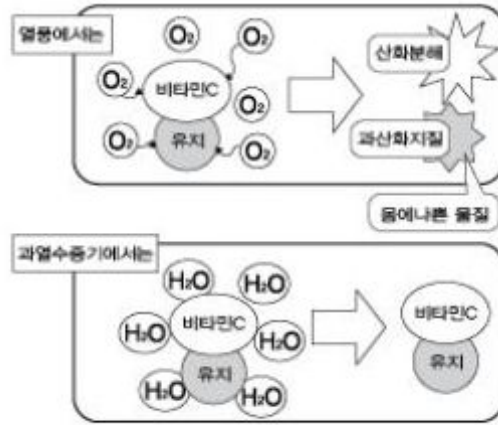


Figure 45. Superheated steam의 비타민C 잔존 기작

지방이 많이 함유되어 있는 육류나 생선 조리 후 저장기간 동안 지방의 산패현상이 아래 그림과 같이 크게 줄어든다.

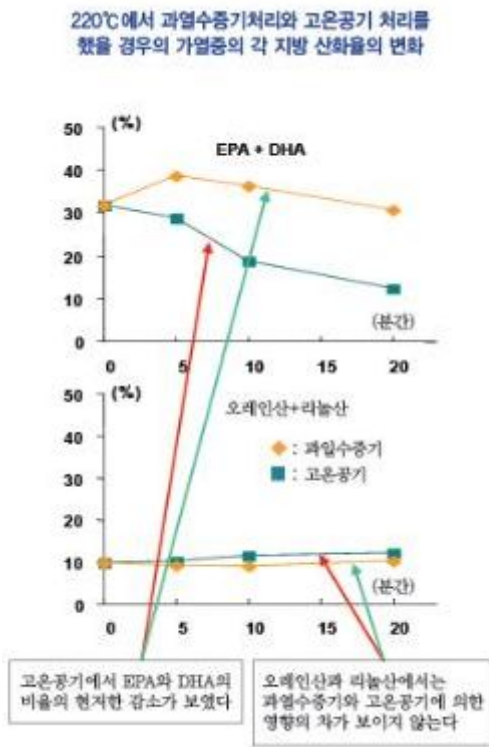


Figure 46. Superheated steam 조리시 잔류 DHA, EPA 성분 함량

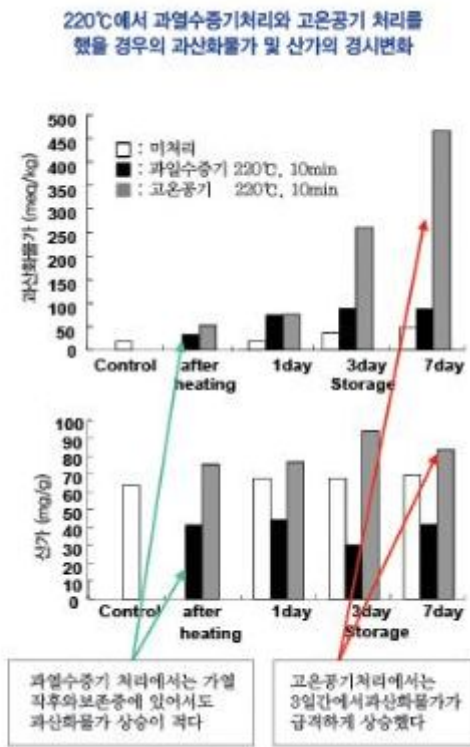


Figure 47. 조리 후 저장기간에 따른 지방의 산도와 과산화물가

고온고압증기에 의한 살균효과가 매우 커서 조리과 동시에 식재료에 오염되어 있는 미생물이 사멸되어 다음 이어지는 초고압 비가열살균 효과를 더욱 향상시킬 수 있다.

그 외에도 짧은 조리시간에 의해 채소나 과일 등의 색도 변화가 낮고, 식재료 내부의 수분함량 감소가 억제되어 무게와 부피 감량이 적어 식재료 원래의 형태가 유지될 수 있다.

과열수증기조리는 식재료 50g을 상부히터온도 100~250℃, 하부히터온도 100~250℃로 고정된 후 스팀온도 과열수증기조리장치(NAOMOTO,QF5100CB-RCL, JAPAN)에 넣어 30~90초간 체류시켜 급속히 조리 하였다.

조리된 시료는 chiller에 90분간 정치시켜 3℃로 냉각시킨 후 실험에 이용하였다.

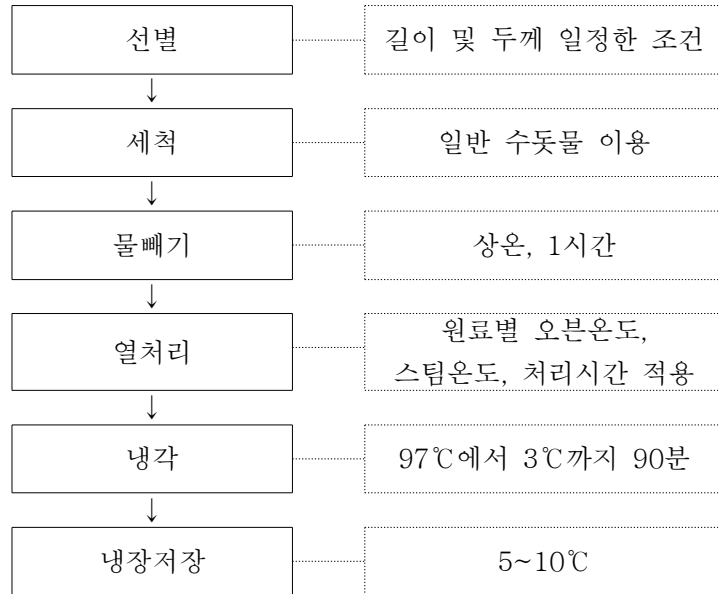


Figure 48. superheated steam 처리에 의한 가공공정

1) 고사리의 품질 및 안전성 연구

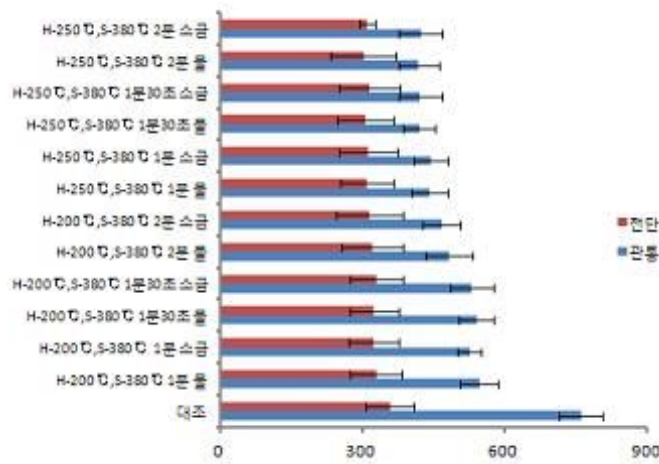


Figure 49. 처리 조건 별 고사리의 절단강도(break intensity) 변화

관통력은 오븐온도가 상승함에 따라 약간 낮아지는 현상이 나타났으며, 절단력은 처리 온도 및 시간에 큰 영향을 받지 않고 거의 비슷한 수준으로 나타났다.

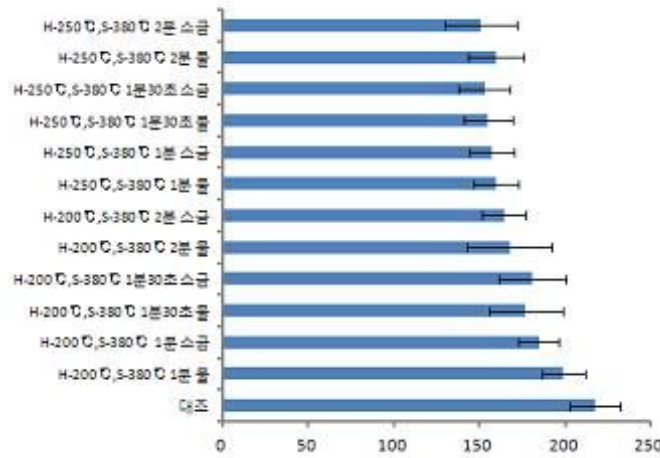


Figure 50. 처리 조건 별 고사리의 경도(Hardness) 변화

경도는 처리 시간이 길어짐에 따라 약간 낮아지는 듯 해 보이지만 큰 차이는 없는 것으로 판단되며, 오븐 온도가 높아짐에 따른 차이 역시 거의 없는 것으로 판단된다.

Table 75. 처리 조건 별 고사리의 색도 변화

	색도		
	L	a	b
대조구	35.50±2.98	6.13±0.54	17.79±1.15
oven 100 °C, steam 380 °C, 30초	35.24±2.47	6.16±0.47	17.15±1.10
oven 100 °C, steam 380 °C, 30초, 소금물 침지	35.96±2.10	5.81±0.10	16.23±1.23
oven 100 °C, steam 380 °C, 1분	35.61±2.23	5.98±0.23	18.85±1.41
oven 100 °C, steam 380 °C, 1분, 소금물 침지	34.50±2.62	6.03±0.19	17.79±1.03
oven 100 °C, steam 380 °C, 1분 30초	35.61±3.14	5.98±0.76	18.85±1.20
oven 100 °C, steam 380 °C, 1분 30초, 소금물 침지	35.96±2.31	5.91±0.33	16.23±1.76
oven 150 °C, steam 380 °C, 30초	35.89±3.174	5.20±0.15	17.91±1.15
oven 150 °C, steam 380 °C, 30초, 소금물 침지	35.26±2.28	5.98±0.29	18.15±1.33
oven 150 °C, steam 380 °C, 1분	35.58±2.21	5.94±0.27	17.91±1.25
oven 150 °C, steam 380 °C, 1분, 소금물 침지	35.67±2.54	5.97±0.15	18.97±1.11
oven 150 °C, steam 380 °C, 1분 30초	35.56±2.37	5.91±0.18	18.24±1.54
oven 150 °C, steam 380 °C, 1분 30초, 소금물 침지	35.90±2.48	5.99±0.65	18.64±1.25

과열증기 처리 조건을 달리한 고사리의 색도 변화는 Table 75. 와 같이 다른 시료들과 달리 superheated steam 처리 후 색도의 변화가 거의 나타나지 않았다. 열처리 후 대부분 시료의 L값이 높아진 것에 반해 고사리는 대조구와 거의 유사한 수치를 유지하고 있으며, a값, b값 모두 거의 차이를 나타내지 않았다.

2) 당근의 품질 및 안전성 연구

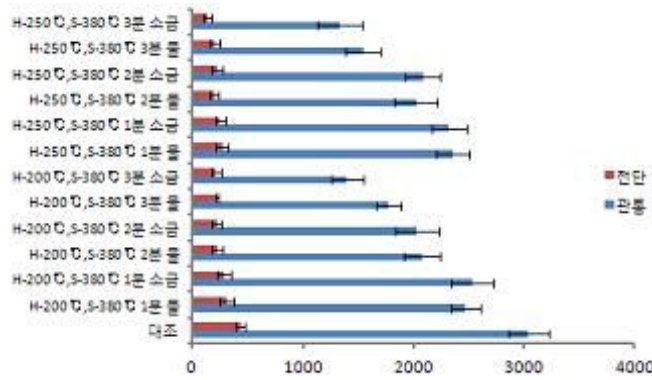


Figure 51. 처리 조건 별 당근의 절단강도(break intensity) 변화

당근의 절단강도는 조리시간이 길어짐에 따라 모두 낮아졌다. 오븐의 처리 온도가 높아져도 그 값이 크게 변하지 않아 처리온도 200~250°C 사이에는 그 값에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

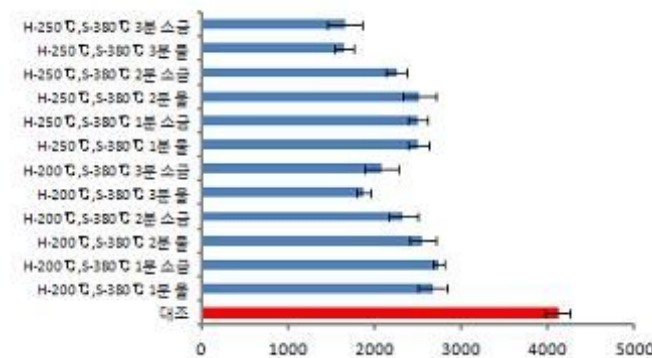


Figure 52. 처리 조건 별 당근의 경도(Hardness) 변화

경도 역시 처리 시간이 길어짐에 따라 낮아지는 것으로 나타났으며, 오븐온도 200~250°C 사이에 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 76. 처리 조건 별 당근의 색도 변화

	색도		
	L	a	b
대조구	38.75±2.50	32.04±2.11	39.11±3.38
oven 100°C, steam 380°C, 30초	44.01±2.67	36.69±2.62	43.78±3.39
oven 100°C, steam 380°C, 30초, 소금물 침지	44.54±3.15	37.47±2.96	44.29±3.77
oven 100°C, steam 380°C, 1분	44.04±3.15	37.23±2.89	43.45±3.35
oven 100°C, steam 380°C, 1분, 소금물 침지	44.73±3.34	37.76±2.32	43.60±3.20
oven 100°C, steam 380°C, 1분 30초	43.00±2.52	36.26±2.54	42.20±3.76
oven 100°C, steam 380°C, 1분 30초, 소금물 침지	44.39±2.25	38.21±2.74	44.82±3.15
oven 150°C, steam 380°C, 30초	44.40±2.78	36.26±2.41	43.37±3.49
oven 150°C, steam 380°C, 30초, 소금물 침지	44.56±2.37	37.15±2.34	43.86±3.65
oven 150°C, steam 380°C, 1분	43.95±2.74	36.26±3.11	42.34±3.60
oven 150°C, steam 380°C, 1분, 소금물 침지	44.29±2.54	35.58±2.48	42.71±3.26
oven 150°C, steam 380°C, 1분 30초	41.63±2.32	33.51±2.25	40.53±3.57
oven 150°C, steam 380°C, 1분 30초, 소금물 침지	43.08±2.89	35.37±2.78	41.78±3.49

과열증기 처리 조건을 달리한 당근의 색도 변화는 Table 76. 과 같이 열처리에 의해 색도가 높아졌으나 처리 온도 및 시간에 따른 값 차이는 크게 나타나지 않았다. 열처리 후 대부분 시료의 L값이 높아진 것에 반해 b값은 거의 차이를 나타내지 않았으며, a값의 차이도 크게 나타나지 않았다. superheated steam 처리 후 색 변화가 가장 적에 일어난 것으로 나타났다.

### 3) 시금치의 품질 및 안전성 연구

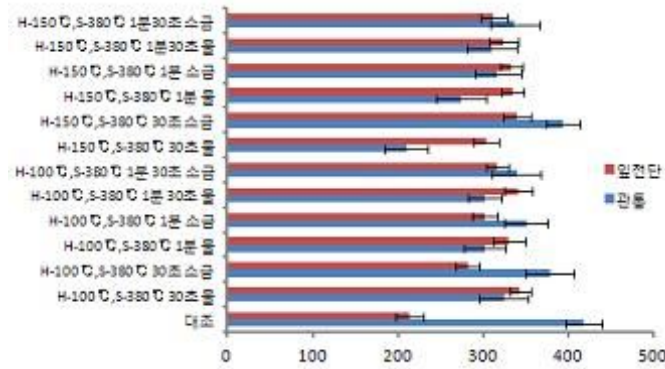


Figure 53. 처리 조건 별 시금치의 절단강도(break intensity) 변화

시금치의 관통력은 처리시간이 길어짐에 따라 낮아졌으며, 30초 처리에 대조구와 큰 차이를 나타내지 않았다. 진단력은 처리에 의해 모두 대조구 보다 높게 측정되었으며, 많이 크게 물러지거나 약해지지 않기 때문에 장기 저장을 위해 효율적일 것이라 사료된다.

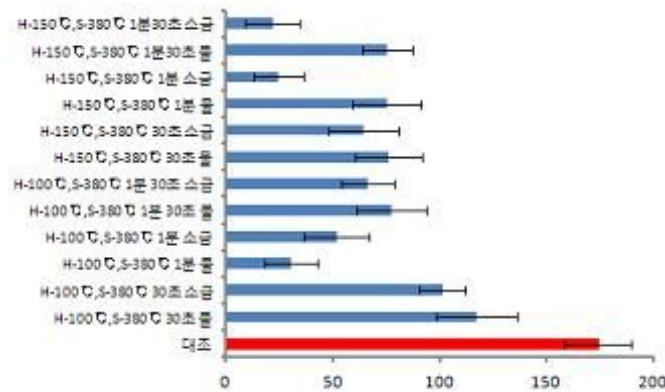


Figure 54. 처리 조건 별 시금치의 경도(Hardness) 변화

시금치의 경도는 처리시간이 길어짐에 따라 크게 감소하였으며, 같은 처리 시간을 기준으로 봤을 때 오븐 온도가 상승할수록 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

Table 77. 처리 조건 별 시금치의 색도 변화

	색도		
	L	a	b
대조구	17.13±1.45	-10.06±0.24	19.47±1.84
oven 100℃, steam 380℃, 30초	21.40±1.47	-12.64±0.31	21.31±1.51
oven 100℃, steam 380℃, 30초, 소금물 침지	21.67±1.10	-13.51±0.17	21.16±1.41
oven 100℃, steam 380℃, 1분	21.38±1.23	-12.64±0.18	20.11±1.65
oven 100℃, steam 380℃, 1분, 소금물 침지	21.99±1.35	-13.35±0.74	21.05±1.43
oven 100℃, steam 380℃, 1분 30초	22.94±1.51	-12.46±0.54	20.74±1.77
oven 100℃, steam 380℃, 1분 30초, 소금물 침지	20.67±1.41	-13.05±0.67	20.13±1.76
oven 150℃, steam 380℃, 30초	21.81±1.62	-13.80±0.61	22.15±1.15
oven 150℃, steam 380℃, 30초, 소금물 침지	21.08±1.26	-14.05±0.64	21.28±1.72
oven 150℃, steam 380℃, 1분	21.96±1.29	-13.24±0.58	20.64±1.37
oven 150℃, steam 380℃, 1분, 소금물 침지	21.19±1.57	-13.65±0.67	22.29±1.78
oven 150℃, steam 380℃, 1분 30초	21.26±1.37	-13.10±0.54	20.98±1.87
oven 150℃, steam 380℃, 1분 30초, 소금물 침지	20.86±1.65	-12.51±0.62	19.26±1.80

과열증기 처리 조건을 달리한 시금치의 색도 변화는 Table 77. 과 같이 L값은 열처리를 통해 대부분 증가하였으며, 가열 온도가 높아짐에 따른 차이는 거의 나타나지 않았다. 황색도 역시 열처리를 통해 대부분 증가하였으나 정도의 차이는 크게 나타나지 않았다.

소금 처리 유무에 따른 색도 차이는 거의 나타나지 않았으나 일부 소금 처리 후 L값이 낮아지기도 하였으며 처리 시간 및 온도에 크게 영향 받지 않는 것으로 생각된다.

#### 4) 콩나물의 품질 및 안전성 연구

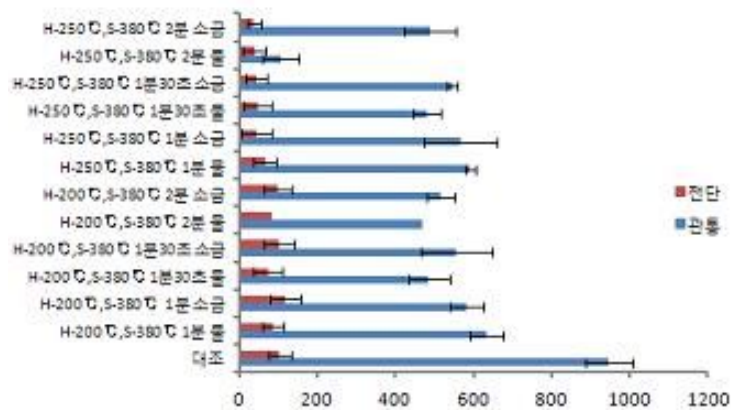


Figure 55. 처리 조건 별 콩나물의 질단강도(break intensity) 변화

관통력은 오븐 온도에 의한 영향보다는 처리 시간에 의한 차이가 많이 나타났으며, 처리시간이 길어질수록 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

전단력은 처리시간에 의해서도 약간씩 저하되었지만, 오븐온도가 상승함에 따라 낮아졌다.

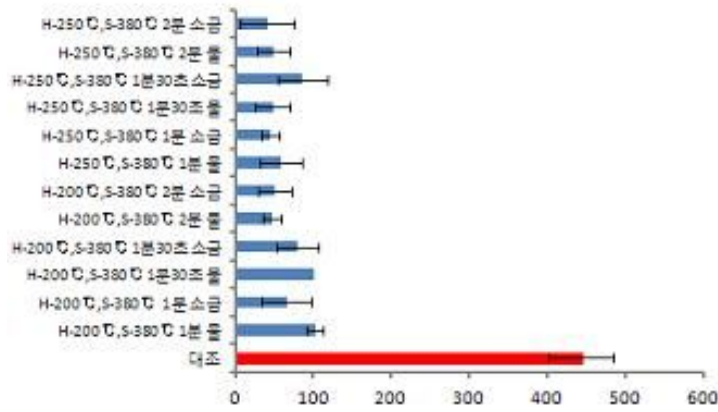


Figure 56. 처리 조건 별 콩나물의 경도(Hardness) 변화

콩나물의 경도는 처리에 의해 모두 크게 낮아졌으나 특히 오븐온도가 높아짐에 따라 감소하였고, 같은 온 도하에 처리 시간이 길어지면서 역시 낮아졌다.

Table 78. 처리 조건 별 콩나물의 색도 변화

	색도		
	L	a	b
대조구	72.00±4.14	2.78±0.19	34.74±1.24
oven 200°C, steam 380°C, 1분	68.81±4.09	3.19±0.16	29.31±1.57
oven 200°C, steam 380°C, 1분, 소금물 침지	69.09±4.62	3.25±0.17	30.03±1.84
oven 200°C, steam 380°C, 1분 30초	69.83±4.82	2.54±0.33	29.97±1.38
oven 200°C, steam 380°C, 1분 30초, 소금물 침지	67.91±4.96	3.57±0.47	31.24±1.77
oven 200°C, steam 380°C, 2분	68.13±4.17	3.67±0.29	30.32±1.35
oven 200°C, steam 380°C, 2분, 소금물 침지	66.69±4.74	3.97±0.57	30.58±1.51
oven 250°C, steam 380°C, 1분	68.50±3.98	3.45±0.19	30.77±1.70
oven 250°C, steam 380°C, 1분, 소금물 침지	68.81±3.67	3.79±0.80	30.63±1.76
oven 250°C, steam 380°C, 1분 30초	69.03±4.18	2.74±0.16	32.20±1.12
oven 250°C, steam 380°C, 1분 30초, 소금물 침지	68.20±3.45	3.95±0.65	31.33±1.41
oven 250°C, steam 380°C, 2분	67.05±4.19	4.14±0.48	31.34±1.43
oven 250°C, steam 380°C, 2분, 소금물 침지	66.19±4.24	4.41±0.57	30.97±1.15

과열증기 처리 조건을 달리한 콩나물의 색도 변화는 Table 78. 와 같이 L값은 열처리를 통해 대부분 낮아졌으며, 가열 온도가 높아짐에 따라 적색도는 증가하여 갈변이 진행됨을 알 수 있었다. 황색도 역시 열처리를 통해 대부분 낮아졌으나 정도의 차이는 크게 나타나지 않았다.

소금 처리 유무에 따른 색도 차이는 거의 나타나지 않았으나 일부 소금 처리 후 L값이 낮아지기도 하였으며 a값은 소금 처리 후 모두 약간씩 높아지는 경향을 나타내었다.

Superheated steam 처리를 통한 콩나물의 관통력은 대조구 보다는 낮아지기는 했지만 처리 시간 조절에 따라 대조구와 유사한 수준을 나타내었다. 경도 역시 모두 대조구 보다 낮아지기는 했으나 처리 시간을 최소화 하여 저장기간 동안 더 낮아지지 않게 처리 할 수 있도록 처리 조건을 설정하는 것이 중요하다고 생각된다.

시금치의 경우 처리 시간이 짧고, 오븐 온도가 낮을수록 시료의 품질변화가 적고 좋은 상태를 유



지하는 것으로 나타났다. 따라서 최소한의 조리를 실시하고 물성을 유지할 수 있도록 조건을 설정하여 테스트한 결과, 물에 직접 데쳐진 시료보다는 물성이 훨씬 좋고, 조직이 견고하게 남아 있어 저장기간을 연장하기 위한 최적의 조리조건이 될 수 있을 것이라 생각한다.

당근의 경우 역시 최소한의 조리시간을 설정하여 처리한 결과 기존의 방법으로 처리한 시료보다 물러짐이 덜하고, 색변화가 적어 저장기간 동안의 품질변화를 최소화 할 수 있을 것이라 생각된다.

고사리는 처리 전 불림 과정 등을 통해 1차 열처리가 진행되기 때문에 조리방법에 따른 차이가 크게 나타나지 않았다.

과열수증기(superheated steam) 처리를 통해 기존 조리시간을 훨씬 단축시킬 수 있고 과열수증기기의 컨베이어 시스템을 이용한 연속작업이 가능하기 때문에 생산 단가 등을 절약하고 효율적인 생산을 위해 적절한 조리 방법이 될 수 있을 것이라 생각한다.

과열수증기조리를 통해 처리한 결과 콩나물은 오븐온도 200℃, 스팀온도 380℃, 1분 처리, 시금치는 오븐온도 100℃, 스팀온도 380℃, 30초, 당근은 오븐온도 200℃, 스팀온도 380℃, 2분이 가장 우수한 것으로 나타났으며, 고사리는 오븐온도 200℃, 스팀온도 380℃, 1분 처리가 가장 우수한 것으로 나타났다.

그러나 현재 상업용 과열수증기(superheated steam) 조리시설을 제작하는 식품기계제조업체가 국내에 없기에 Sous-vide 조리 후 초고압비가열살균을 진행하는 시스템을 적용할 예정이다.

## 라. High pressure processing (HPP) method

### 1) 비빔밥 재료의 오염 미생물 탐색 및 초고압에 의한 미생물 사멸 특성의 이해

#### ① 실험 방법

##### - 총 균수의 측정

선별된 vegetables(당근, 시금치, 오이, 무, 콩나물, 고사리, 도라지, 표고버섯)의 총 균수 측정은 25g을 칭량하여 225mL의 0.1% peptone water로 희석하여 plate count agar (PCA)에 auto spiral plating system을 이용하여 도말하여 37℃에서 48시간 배양 후 Qcount colony counter system으로 계수하였다.

##### - 미생물 배양

*Salmonella typhimurium* KCCM 40253, *Listeria monocytogenes* KACC 12671, *Staphylococcus aureus* KACC 13236를 한국농업미생물보존센터(Korean Agricultural Culture Collection)와 한국 미생물중균협회(Korean Culture Center of Microorganisms)으로 분양받아 이용하였다. 균주는 37℃, 20시간 동안 호기적인 상태에서 계대배양을 한 후 원심분리(3,000×g, 20분) 하였다. 원심분리로 얻은 균주는 0.1% peptone water을 이용하여 약 10<sup>8</sup> CFU/mL로 희석하여 vegetables의 접종을 위해 사용하였다.

- 실험설계

초고압을 이용한 vegetables내 미생물의 사멸 특성을 이해하기 위해 *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*와 같은 indicator bacteria를 접종하여 미생물 저해 정도를 평가하였다. Raw vegetables과 cooked vegetables의 두 가지 다른 조건의 시료에 각각 접종하였다. 선별된 vegetables은 당근, 시금치, 오이, 무, 콩나물, 고사리, 도라지, 표고버섯 등이다. 실험 1에서는 당근과 시금치를 100, 300, 500 MPa에서 20분까지 초고압 처리하여 미생물사멸, 색의 변화 및 조직의 변화 등을 측정하였다. 실험 2에서는 선별된 8종의 vegetables에 대해 500MPa에서 30분까지 초고압 처리하여 미생물의 사멸 정도를 평가하였다.

- 접종 및 시료준비

선별된 raw와 cooked vegetables(당근, 시금치, 오이, 무, 콩나물, 고사리, 도라지, 표고버섯)을 각각 10g을 칭량하여 멸균된 polyethylene bag에 넣은 후 *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*을 약  $10^5$  CFU/g이 되도록 접종하였다. 접종된 시료들은 진공 포장하였다.

- 초고압처리

초고압처리는 high pressure processor(Fig. 57)를 이용하여 실험 1에서는 진공 포장된 시료들을 100, 300, 500 MPa에서 0, 5, 10, 15, 20분간 처리하였다. Come-up times은 100 MPa에서 26초, 300 MPa에서 1분 28초, 500 MPa에서 2분 30초였다 (Fig. 58). 실험 2에서는 500 MPa에서 0, 5, 10, 20, 30분까지 시료들을 처리하였다.

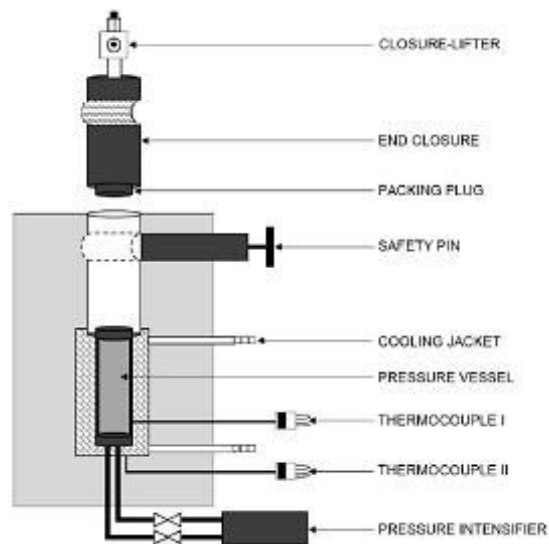


Figure 57. Schematic cross section of high pressure processor

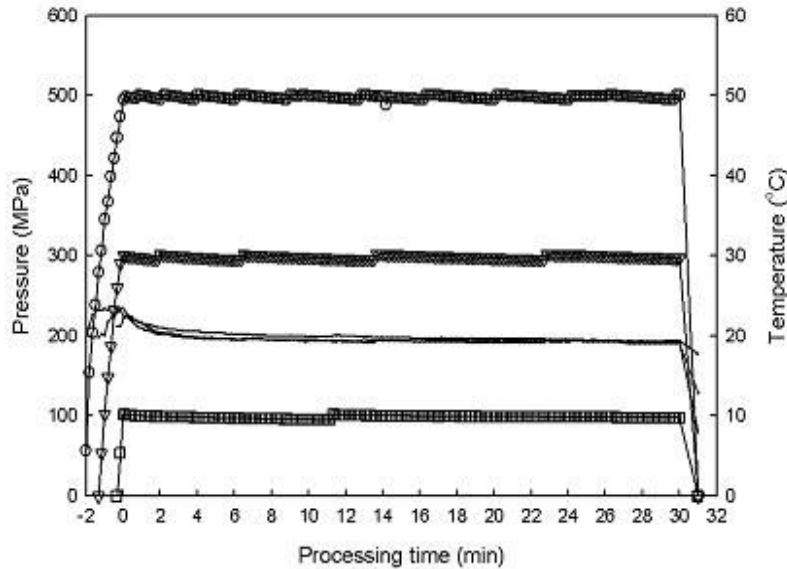


Figure 58. Typical pressure and temperature profiles during high pressure processing

- 미생물 평가

초고압 처리된 시료를 0.1% peptone water로 희석하여 접종한 *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*의 초고압 사멸은 평가하였다. *Salmonella typhimurium*은 Xylose Lysine Deoxycholate(XLD) agar, *Listeria monocytogenes*은 Modified oxford(MOX) agar, *Staphylococcus aureus*은 Baired-Parker(BP) agar에 auto spiral plating system을 이용하여 도달하여 37°C에서 48시간 배양 후 Qcount colony counter system으로 계수하였다.

- 색 및 조직감 평가

초고압 처리 후 시료의 색 변화는 Hunter colorimeter를 이용하여 L\*, a\*, b\*의 값으로 표시하였다. 시료의 조직감의 변화는 TA-XT2i Texture Analyzer를 이용하여 측정하였다.

② 실험 결과

- 초고압에 의한 선별된 비빔밥 재료 내 미생물의 사멸 특성

선별된 vegetables의 초기 미생물오염 정도를 평가하였다. (Figure 59) 도라지(ballonflower), 고사리(bracken), 당근(carrot), 오이(cucumber), 표고버섯(mushroom), 무(radish) 등은 초기 약 2-4 log 정도의 미생물이 존재하였고 콩나물(bean sprouts)와 시금치(spinach) 등은 4 log 이상의 호기적 미생물들이 검출되었다.

일반적으로 vegetables 내의 미생물은 가공 단계에서의 위생적 처리에 큰 영향을 받고 밀봉 후에도 많은 수의 미생물이 존재하기 때문에 vegetables의 저장기간 및 품질을 저하시키는 주요한 원인이 된다. 따라서 유통과정 중의 품질의 안정성을 확보하기 위하여 미생물 및 효소의 활성을 억제하기 위한 비가열처리 가공법 개발의 연구가 요구된다.

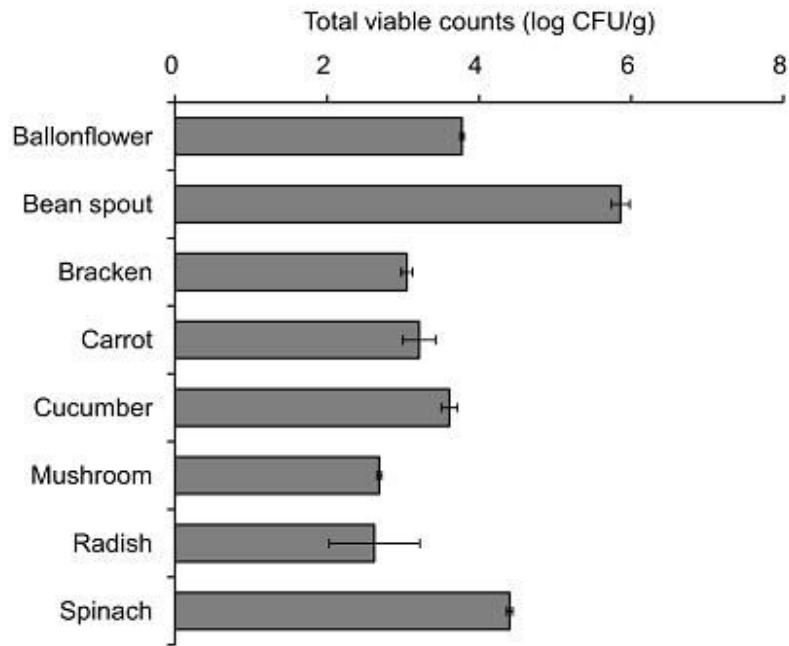


Figure 59. Indigenous bacteria counts in different vegetables.

초고압 처리 시 vegetable matrix의 영향을 알아보기 위해 peptone water에 미생물을 접종하여 사멸정도를 평가하였다. (Figure 60) G(+) cells인 *Staphylococcus aureus*와 *Listeria monocytogenes*는 come-up time(CUT) 동안 1log 이하의 감소를 보인 반면, G(-) cells인 *Salmonella typhimurium*은 1 log 이상의 감소를 보였다. 모든 균들은 초고압 처리 5분 후 생존 미생물 수가 2 log 이하가 되었고 10분 후에는 검출한계 이하로 감소되었다.

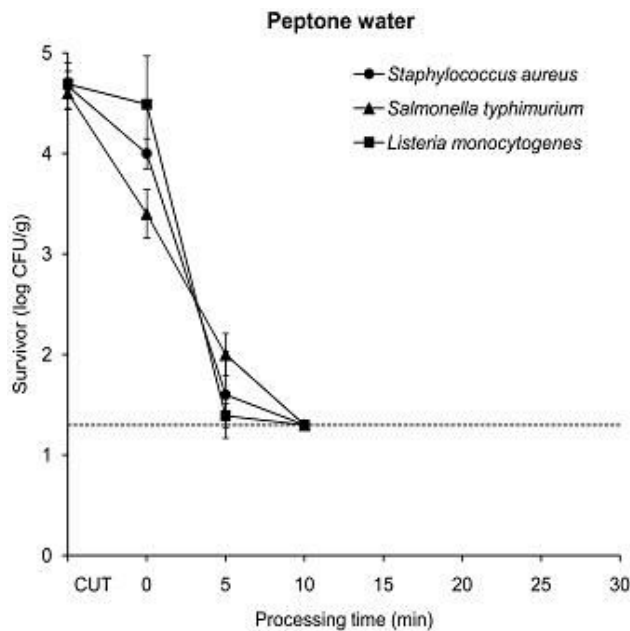


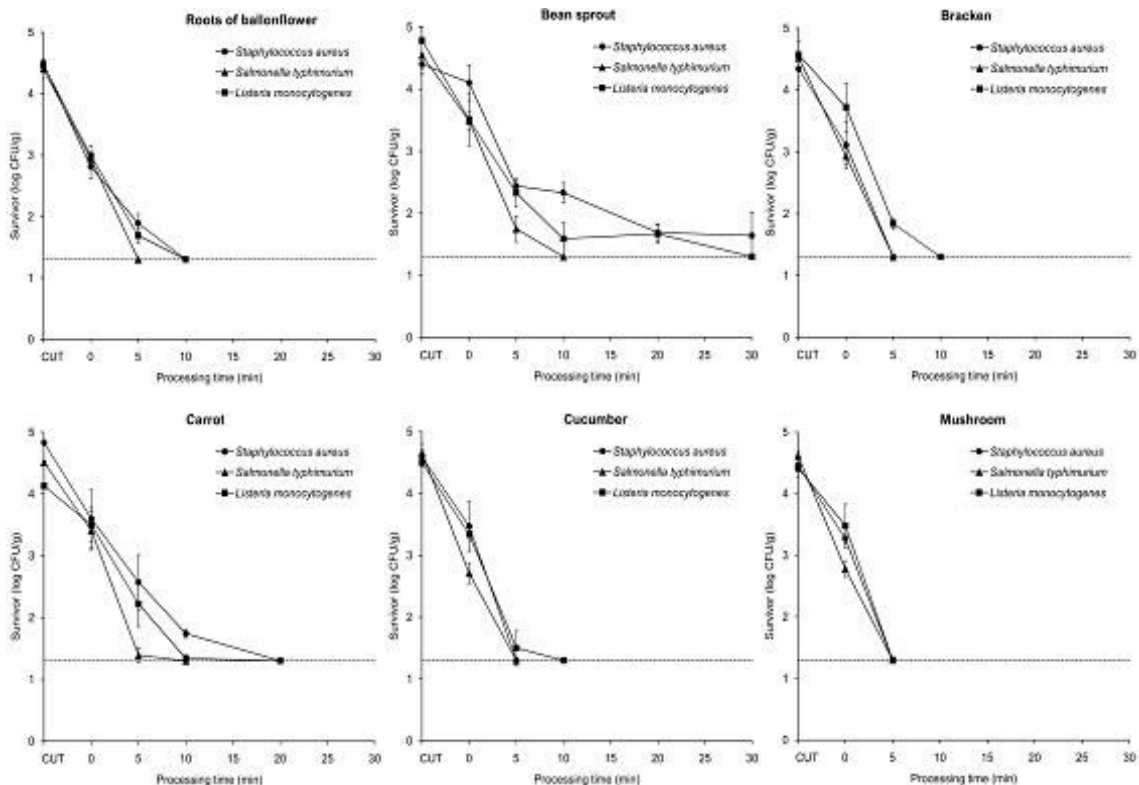
Figure 60. Survivor curves for selected foodborne pathogens in peptone water treated at 500 MPa for 30 min.

초고압 처리 시 콩나물과 시금치를 제외한 모든 vegetables 시료는 20분 이내에 3 log 정도 감소하였다. 이는 콩나물과 시금치를 제외한 vegetables에서 초고압에 의한 food matrix에 의한 미생물의 내성을 증가시키는 protective effect가 관찰되지 않음을 알 수 있다. 도라지에서 *Salmonella typhimurium*의 수가 검출한계(<1.3 log CFU/g)로 감소되었다.

*Staphylococcus aureus*와 *Listeria monocytogenes*은 초고압 처리 10분 후 검출한계 이하로 감소되었다. 일반적으로 G(-) cells이 G(+) cells보다 초고압 하에서 민감하게 저해된다. 콩나물 시료에서는 *Salmonella typhimurium*의 수가 초고압 처리 10분 후 검출되지 않았지만 *Staphylococcus aureus*와 *Listeria monocytogenes*은 뚜렷한 tailing 현상이 관찰되었다. 고사리에서는 *Listeria monocytogenes*에 비해 *Staphylococcus aureus*와 *Salmonella typhimurium*의 수는 초고압 하에서 민감하게 반응하여 5분 후 1.3 log CFU/g 이하로 저해되었다.

당근 처리군에서는 *Staphylococcus aureus*가 초고압 처리 시 다른 균에 비해 높은 저항성 (baroprotective effect)을 보여 20분 후 검출한계 이하로 감소되었다. 오이 처리군에서는 *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* 모든 균이 초고압 처리 10분 후 검출한계 이하로 감소되었다. 표고버섯에서는 *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* 모든 균이 민감하게 저해되어 초고압 처리 5분 후 검출한계 이하로 감소되었다. 시금치에서는 상대적으로 *Salmonella typhimurium*이 민감하게 저해되어 10분 후 검출한계 이하로 감소되었고 *Staphylococcus aureus*와 *Listeria monocytogenes*는 초고압 처리동안 긴 tailing 현상을 보였다.

미생물의 종류와 vegetables의 종류에 따라 약간의 저해 정도가 달리 관찰되었지만, vegetables의 초고압 처리는 미생물을 효율적으로 감소시켰다. 이는 vegetables의 미생물학적 안전성을 확보하기 위한 좋은 가공 방법임을 제시한다.



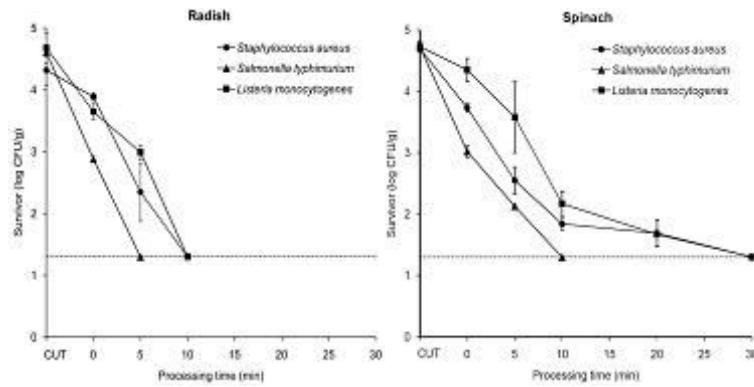


Figure 61. Survivor curves for selected foodborne pathogens in cooked vegetables treated at 500 MPa for 30min.

- 초고압에 의한 raw vegetables내 미생물의 사멸 특성

Vegetables의 미생물학적 안전성과 품질의 향상을 위한 관심의 증대로 microbial interventions을 위한 여러 방법 들이 제시되었다. Chlorinated water, hydrogen peroxide, peroxyacetic acid, trisodium phosphate, ozone, chlorine dioxide등의 다양한 수용성 sanitation treatments들이 제시되었지만 이들의 미생물 제어효과는 낮고 vegetables의 색변화와 같은 품질 특성의 저하를 초래하였다. 따라서 비열처리로 알려진 초고압의 응용은 미생물학적 안전성뿐만 아니라 vegetables의 저장성 및 품질특성을 유지하는데 좋은 가공방법으로 제시되어오고 있다.

당근과 시금치에 집중한 *Listeria monocytogenes*의 초고압 사멸 특성을 평가하였다. 100 MPa과 300 MPa로 처리된 당근과 시금치에서 *Listeria monocytogenes*는 20분 초고압 처리 후에도 1 log 정도의 낮은 감소를 보였다. 500 MPa를 처리된 당근에서 *Listeria monocytogenes*의 수는 초기 5분 내에 3.29 log까지 감소하였지만 20분까지 초고압 처리시간을 증가함에도 불구하고 4 log 정도의 수준에서 감소의 폭에 큰 변화가 없었다. 시금치에서 *Listeria monocytogenes* 내성을 보였지만 10분 후에는 약 2.5 log 정도의 감소를 보여 당근에서와 유사한 tailing 현상을 관찰하였다.

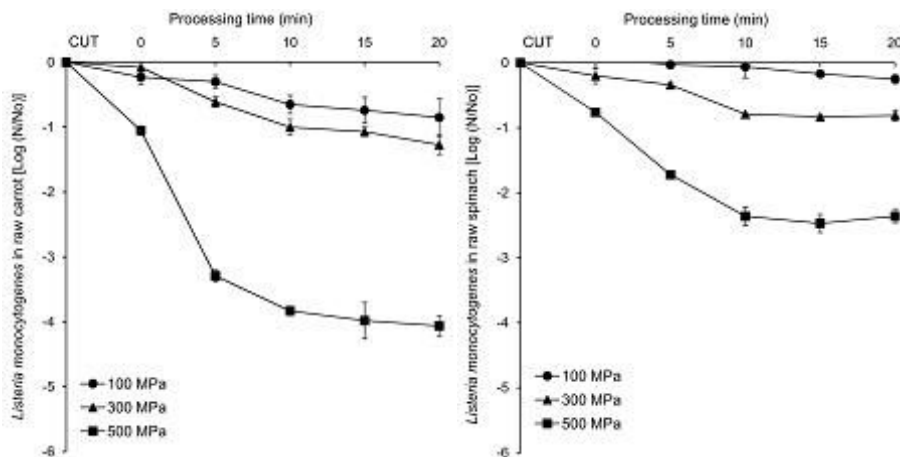


Figure 62. Reduction of *L. monocytogenes* treated by HPP at 100, 300, and 500 MPa for 20 min in raw carrot and spinach.

100 MPa로 처리된 당근에서 *Staphylococcus aureus*의 수는 1log 이하의 낮은 감소를 보였지만 초고압의 압력을 증가시킴에 따라 뚜렷한 감소 경향을 보였다. (Figure. 63) 300MPa로 처리된 당근에서 *Staphylococcus aureus*의 수는 20분 후 3.3log까지 감소하였으며 500MPa로 처리된 당근에서 *Staphylococcus aureus*의 수는 20분 후 5log 이상이 감소되었다. 반면 100, 300, 500 MPa로 초고압 처리된 시금치에서 *Staphylococcus aureus*의 수는 2log 이하의 낮은 감소 경향을 보였다. 이는 시금치의 food protective effect에 의해 *Staphylococcus aureus*가 초고압 하에서 보호되었을 것으로 사료된다.

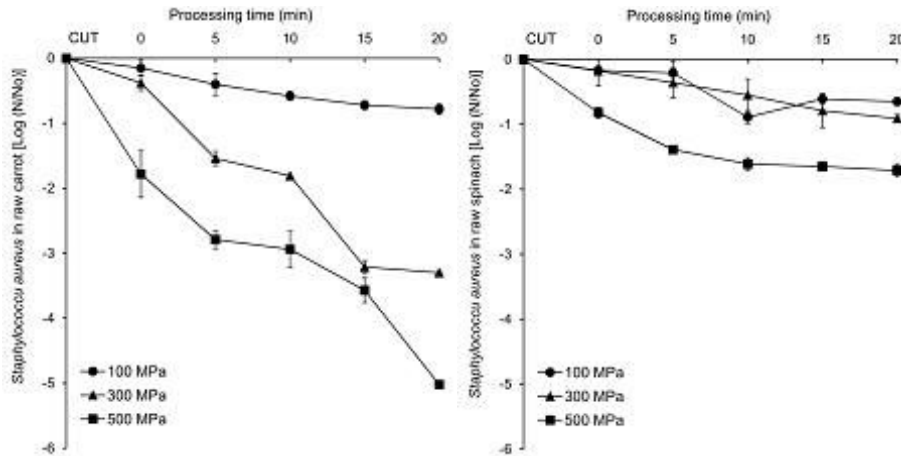


Figure 63. Reduction of *S. aureus* treated by HPP at 100, 300, and 500MPa for 20min in raw carrot and spinach.

당근과 시금치에 접종한 *Salmonella typhimurium*은 초고압에 의해 효율적으로 저해 되었다. (Figure. 64) 100MPa과 300MPa로 처리된 당근 내에서 *Salmonella typhimurium*의 수는 2 log 이하의 수준에서 감소되었으나 500MPa로 처리 시에는 5분 이내에 5log 이상이 감소되었다. 500MPa로 처리된 시금치에서도 당근에서와 같이 뚜렷한 tailing 현상이 관찰되지 않고 5 log 이상에서 *Salmonella typhimurium*을 수가 감소되는 경향을 보였다.

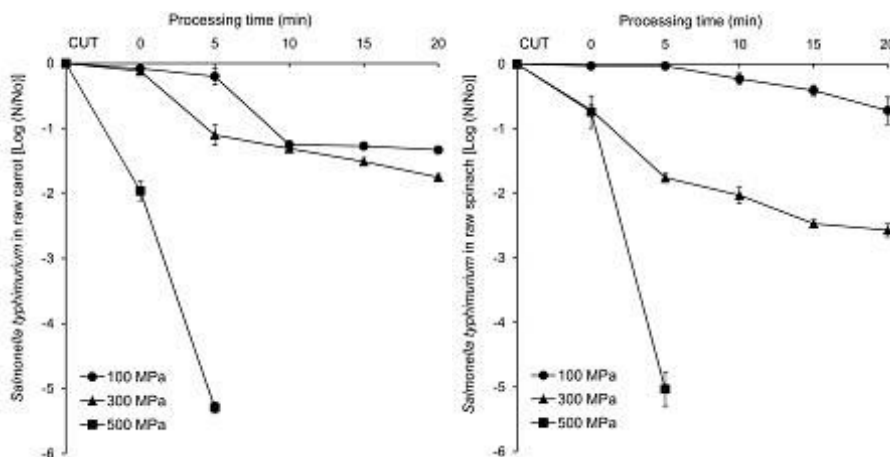


Figure 64. Reduction of *S. typhimurium* treated by HPP at 100, 300, and 500 MPa for 20 min in raw carrot and spinach.

초고압 처리 후 당근의 색 변화는 대조군에 비하여 L\* 값(brightness)은 감소하였다. 이는 초고압 처리에 의해 당근의 밝기가 떨어짐을 알 수 있다. (Table 79) 대조군에서 a\*(redness)는 100MPa의 초고압처리 후 감소하는 경향을 보였으나 압력과 처리 시간의 증가에 따라 a\* 값이 대조군의 값과 유사하였다.

b\*(yellowness) 값의 변화도 a\* 값과 유사한 경향을 보였다. 당근의 carotenoids는 압력에 안정하다.

Table 79. Color changes of the raw carrot treated at 100, 300, and 500 MPa for 20 min

Treatment		Color		
Pressure (MPa)	Time (min)	L*	a*	b*
0.1	0	59.02 ± 0.54	30.85 ± 0.96	35.37 ± 0.82
100	0	53.24 ± 1.33	20.97 ± 1.84	25.27 ± 1.39
100	5	53.15 ± 1.74	20.06 ± 0.82	25.39 ± 1.12
100	10	52.92 ± 1.59	22.99 ± 0.98	23.77 ± 1.43
100	15	55.54 ± 1.30	25.38 ± 0.82	28.31 ± 1.56
100	20	52.97 ± 1.39	22.97 ± 1.84	26.78 ± 0.78
300	0	48.76 ± 0.91	21.39 ± 0.68	27.70 ± 1.21
300	5	47.29 ± 0.59	24.20 ± 0.61	33.12 ± 0.90
300	10	50.10 ± 0.30	30.73 ± 0.93	37.06 ± 0.76
300	15	51.83 ± 0.92	28.94 ± 1.60	34.36 ± 2.63
300	20	51.05 ± 0.70	28.19 ± 0.77	36.89 ± 1.30
500	0	48.25 ± 1.28	26.02 ± 1.31	30.78 ± 3.33
500	5	51.65 ± 1.43	29.95 ± 1.36	35.19 ± 2.89
500	10	52.71 ± 0.46	29.63 ± 0.74	38.74 ± 2.27
500	15	50.69 ± 1.33	30.72 ± 0.69	37.96 ± 0.76
500	20	49.12 ± 0.40	32.46 ± 0.57	38.49 ± 1.00

초고압 처리 후 시금치의 색 변화는 대조군에 비하여 L\* 값은 감소하였다. L\* 값은 압력과 처리 시간이 증가함에 따라 현저하게 감소하는 경향을 보였다. (Table 80) 대조군에서 a\* 값은 감소하였고 b\* 값은 약간의 증가를 보였다. 이는 초고압처리 후 시금치의 green이 미약하게 상실되었고 yellowness는 증가하였다. 조짐감은 소비자의 선호도를 결정하는 주요한 결정 인자 중의 하나로 고려되고 있다.

색의 변화에 있어 초고압의 영향은 vegetables의 종류에 따라 다르다. 일반적으로 열처리 가공과 비교하여 초고압 가공은 vegetables의 색의 유지를 위한 좋은 방법 중의 하나로 이용될 수 있다. vegetables에 존재하는 chlorophyll은 열처리 가공 시 변하고 열을 수반하는 초고압 처리 시 변성된다. 따라서 실온에서 초고압의 처리는 vegetables의 미생물학적 안전성을 향상시킬 뿐만 아니라 색의 보존에 의한 품질 향상을 기대할 수 있다.



Table 80 Color changes of the raw spinach treated at 100, 300, and 500 MPa for 20 min

Treatment		Color		
Pressure (MPa)	Time (min)	L*	a*	b*
0.1	0	44.17 ± 2.10	-5.07 ± 0.65	5.51 ± 1.07
100	0	44.82 ± 0.75	-4.98 ± 0.29	6.12 ± 0.50
100	5	42.80 ± 2.45	-4.05 ± 0.45	4.76 ± 0.69
100	10	46.49 ± 2.49	-5.60 ± 0.39	6.58 ± 0.41
100	15	42.25 ± 1.93	-4.21 ± 0.73	5.20 ± 1.09
100	20	43.83 ± 1.19	-5.12 ± 0.34	6.09 ± 0.47
300	0	42.05 ± 1.53	-3.95 ± 0.53	4.87 ± 0.63
300	5	32.13 ± 2.56	-6.54 ± 1.09	7.94 ± 1.46
300	10	35.40 ± 1.74	-5.01 ± 1.01	5.84 ± 1.42
300	15	35.84 ± 3.39	-4.12 ± 1.00	4.67 ± 1.39
300	20	32.51 ± 2.20	-4.11 ± 0.70	5.39 ± 0.95
500	0	34.97 ± 4.62	-3.05 ± 0.57	3.80 ± 1.08
500	5	33.32 ± 1.79	-4.02 ± 0.73	5.59 ± 1.17
500	10	34.75 ± 2.02	-5.39 ± 0.63	6.40 ± 0.76
500	15	36.56 ± 1.84	-4.91 ± 0.97	5.80 ± 1.31
500	20	34.17 ± 3.30	-4.71 ± 0.65	5.94 ± 0.88

초고압 처리 후 당근과 시금치의 toughness는 Table 81과 같이 압력과 처리 시간의 증가에 따라 증가하였다. 초고압은 지질-단백질 구조 복합체의 분자적 구조의 변화와 phosphatidic acid 이중막 구조의 파괴를 유도한다. 이에 따라 ion permeability와 textural changes가 보고되고 있다. 증가된 압력은 proton extrusion을 저해하여 세포막 ATPase를 불활성화 시키고 membrane fluidity를 감소시킨다. vegetables의 cell 구조는 초고압 하에서 turgor pressure와 firmness를 잃게 된다. Peroxidase와 polyphenoloxidase는 400MPa에서 불활성화 되지 않고 안정하다고 보고되었다. 이는 효소와 기질간의 반응은 초고압 처리에 의해 증가하여 효소적 갈변을 촉진하였다. Pectinmethylesterase와 polygalacturonase와 같은 vegetables의 내재성 pectinases의 활성은 조직변화와 밀접한 관계가 있다. 당근의 경우에 열처리에 따라 pectin이 calcium과 가교를 이루어 세포벽의 rigidity를 증가시킨다.

Table 81. Hardness changes of the raw carrot and raw spinach treated at 100, 300, and 500 MPa for 20 min

Treatment		Sample	
Pressure	Time	Raw carrot	Raw spinach
Control		653 ± 60	428 ± 38
100 MPa	0 min	630 ± 28	448 ± 67
100 MPa	5 min	748 ± 39	623 ± 53
100 MPa	10 min	685 ± 49	885 ± 71
100 MPa	15 min	1075 ± 78	845 ± 113
100 MPa	20 min	750 ± 64	815 ± 127
Control		681 ± 80	409 ± 37
300 MPa	0 min	360 ± 71	481 ± 60
300 MPa	5 min	605 ± 92	818 ± 68
300 MPa	10 min	758 ± 74	782 ± 120
300 MPa	15 min	683 ± 159	715 ± 226
300 MPa	20 min	698 ± 110	533 ± 39
Control		645 ± 49	440 ± 39
500 MPa	0 min	423 ± 11	490 ± 14
500 MPa	5 min	313 ± 159	618 ± 39
500 MPa	10 min	325 ± 148	820 ± 163
500 MPa	15 min	645 ± 78	645 ± 71
500 MPa	20 min	543 ± 230	563 ± 95

- 초고압에 의한 cooked vegetables내 미생물의 사멸 특성

100MPa로 처리된 당근과 시금치에 접종한 *Listeria monocytogenes*의 수는 20분 후에도 1log 이하의 낮은 감소를 보였다. (Figure 65) 초고압의 압력과 처리시간의 증가에 따라 *Listeria monocytogenes*의 수의 감소는 증가하였다. 500MPa를 처리된 당근에서 *Listeria monocytogenes*의 수는 초기 10분 내에 약 3log까지 감소하였지만 20분까지 3log 정도의 감소를 유지하는 tailing 현상을 보였다. 당근에 비교하여 시금치에서 *Listeria monocytogenes*의 내성이 관찰되었다.

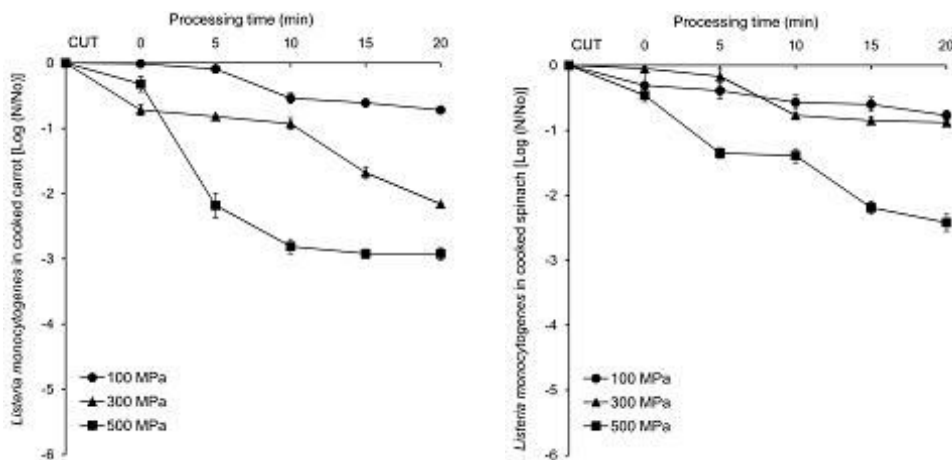


Figure 65. Reduction of *L. monocytogenes* treated by HPP at 100, 300, and 500MPa for 20min in cooked carrot and spinach.

100MPa로 처리된 당근에서 *Staphylococcus aureus*의 수는 1 log 이하의 낮은 감소를 보였다. 초고압의 압력을 100MPa에서 300MPa로 증가시켜도 *Staphylococcus aureus*의 수의 유의성 있는 감소를 보이지 않았다. (Figure 66) 반면 500MPa로 처리된 당근에서 *Staphylococcus aureus*의 수는 10분 후 3 log 까지 감소하였으며 500MPa로 처리된 시금치에서 *Staphylococcus aureus*의 수는 20분 후 2 log 정도 감소되었다.

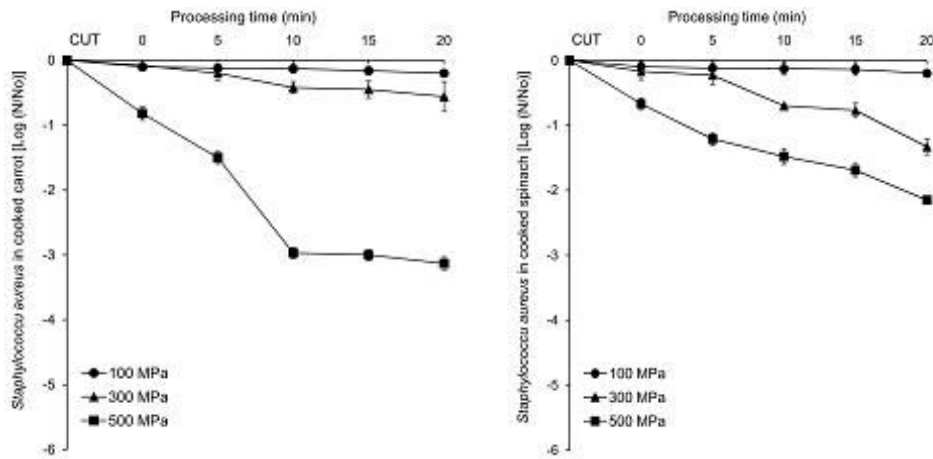


Figure 66. Reduction of *S. aureus* treated by HPP at 100, 300, and 500 MPa for 20 min in cooked carrot and spinach.

당근과 시금치에 접종한 *Salmonella typhimurium*은 초고압에 의해 효율적으로 저해 되었다. (Figure 67) 100MPa과 300MPa로 처리된 당근 내에서 *Salmonella typhimurium*의 수는 20분 후 1 log와 2 log의 감소를 보였고 500MPa로 처리 시 10분 후 5 log 이상이 감소되었다. 500MPa로 처리된 시금치에서도 5분 후 5log 이상에서 *Salmonella typhimurium*의 수가 감소되었다. 일반적으로 Gram(-) cells이 Gram(+) cells에 비해 초고압에 민감함을 보인다.

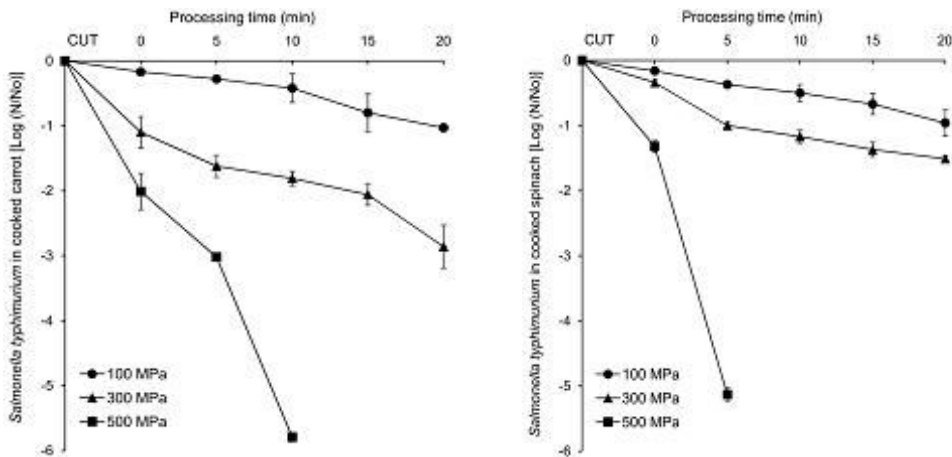


Figure 67. Reduction of *S. typhimurium* treated by HPP at 100, 300, and 500MPa for 20min in

cooked carrot and spinach.

초고압 처리 후 당근의 색 변화는 대조군에 비교하여 큰 유의성이 없었다. (Table 82) 이는 L\* 값의 변화가 없고 초고압처리에 따라 L\* 값이 증가함을 보였다. a\*와 b\*값도 대조군과 비교하여 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 생 당근과 시금치에 비해 조리된 당근과 시금치에서 초고압처리 후에도 색변화가 크지 않음을 보인다.

Table 82. Color changes of the cooked carrot treated at 100, 300, and 500 MPa for 20 min

Treatment		Color		
Pressure (MPa)	Time (min)	L*	a*	b*
0.1	0	52.85 ± 2.47	26.79 ± 1.08	37.34 ± 0.85
100	0	52.42 ± 0.73	29.02 ± 0.25	34.81 ± 0.81
100	5	51.20 ± 0.82	27.69 ± 1.10	36.96 ± 1.85
100	10	52.01 ± 1.18	28.04 ± 0.96	40.25 ± 1.05
100	15	50.80 ± 0.96	30.71 ± 0.66	39.24 ± 1.21
100	20	54.37 ± 0.69	26.51 ± 0.87	35.12 ± 0.57
300	0	55.89 ± 1.66	24.92 ± 2.99	29.50 ± 2.52
300	5	52.90 ± 1.08	29.60 ± 0.77	36.14 ± 1.47
300	10	51.33 ± 0.73	31.15 ± 0.23	39.20 ± 1.06
300	15	52.36 ± 1.15	29.15 ± 0.25	35.79 ± 0.93
300	20	52.78 ± 1.41	29.80 ± 0.78	39.44 ± 0.78
500	0	53.08 ± 0.43	28.57 ± 1.13	33.79 ± 1.63
500	5	53.25 ± 1.13	29.02 ± 0.38	37.26 ± 0.60
500	10	53.26 ± 0.71	26.81 ± 0.72	34.69 ± 1.77
500	15	53.17 ± 0.82	27.15 ± 1.36	37.10 ± 2.05
500	20	55.49 ± 1.19	26.27 ± 1.04	36.55 ± 1.75

초고압 처리 후 시금치의 색 변화는 대조군에 비교하여 L\*, a\*, b\* 값에서 큰 차이가 관찰되지 않았다. (Table 83) 생 시금치와는과는 달리 가열 처리된 시금치는 이미 열 가공과정 중에 색소의 변화가 일어나 초고압 처리에 따른 색의 변화는 관찰되지 않았다.

Table 83. Color changes of the cooked spinach treated at 100, 300, and 500 MPa for 20 min

Treatment		Color		
Pressure (MPa)	Time (min)	L*	a*	b*
0.1	0	33.32 ± 0.50	-6.56 ± 0.26	7.59 ± 0.51
100	0	32.87 ± 0.88	-5.86 ± 0.39	6.75 ± 0.48
100	5	33.73 ± 1.84	-5.34 ± 0.52	6.00 ± 0.49
100	10	32.62 ± 1.46	-5.63 ± 0.21	6.35 ± 0.30
100	15	33.03 ± 1.08	-5.70 ± 0.69	6.26 ± 0.71
100	20	32.42 ± 1.27	-5.78 ± 0.63	6.32 ± 0.74
300	0	39.05 ± 1.91	-3.50 ± 0.40	3.75 ± 0.46
300	5	32.65 ± 2.60	-4.97 ± 0.56	5.91 ± 0.85
300	10	33.67 ± 1.56	-4.84 ± 0.56	5.68 ± 0.81
300	15	34.35 ± 1.71	-4.87 ± 0.38	5.34 ± 0.61
300	20	32.45 ± 1.54	-5.58 ± 0.65	6.52 ± 1.03
500	0	36.31 ± 2.66	-6.72 ± 1.08	8.14 ± 1.87
500	5	31.88 ± 2.70	-5.40 ± 0.74	6.46 ± 0.96
500	10	33.09 ± 2.52	-5.31 ± 0.49	6.24 ± 0.73
500	15	35.07 ± 2.51	-4.34 ± 0.61	5.08 ± 0.86
500	20	33.46 ± 0.94	-6.08 ± 0.41	7.13 ± 0.52

조리된 당근과 시금치의 toughness는 Table 84와 같이 raw vegetables에 비교하여 초기 낮은 값이 관찰되었다. 초고압처리 후 당근과 시금치의 toughness는 압력과 처리 시간의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였다. Vegetables 조직의 변화는 효소 및 비효소적 반응에 의해 세포벽 중합체들의 변형으로 기인된다. 초고압 가공에 따른 vegetables 조직의 파괴는 효소 및 비효소적 반응이 활성화된다. 일반적으로 초고압 가공의 초기 단계에 vegetables의 firmness가 감소하지만 초고압 처리시간의 증가에 따라 firmness가 증가하는 경향을 보인다. 이는 효소인 pectinmethylesterase가 유리되어 기질인 methylated pectin과 반응하여 demethylation이 유도되므로 기인된다. 초고압 하에서 vegetables의 조직에 미치는 물리적 영향이 다르기 때문에 효소의 활성화는 압력의 세기에 따라 불규칙적으로 변한다.

Table 84. Hardness changes of the cooked carrot and cooked spinach treated at 100, 300, and 500 MPa for 20 min

Treatment		Sample	
Pressure	Time	Cooked carrot	Cooked spinach
Control		161 ± 62	225 ± 21
100 MPa	0 min	163 ± 48	240 ± 14
100 MPa	5 min	203 ± 60	243 ± 39
100 MPa	10 min	278 ± 32	243 ± 46
100 MPa	15 min	583 ± 61	205 ± 28
100 MPa	20 min	448 ± 46	253 ± 74
Control		188 ± 38	218 ± 39
300 MPa	0 min	218 ± 56	260 ± 42
300 MPa	5 min	408 ± 46	323 ± 194
300 MPa	10 min	403 ± 67	313 ± 46
300 MPa	15 min	500 ± 71	413 ± 187
300 MPa	20 min	695 ± 177	210 ± 78
Control		173 ± 28	248 ± 32
500 MPa	0 min	188 ± 25	248 ± 60
500 MPa	5 min	210 ± 32	243 ± 25
500 MPa	10 min	260 ± 29	270 ± 14
500 MPa	15 min	335 ± 21	250 ± 28
500 MPa	20 min	308 ± 131	243 ± 11

2) 초고압 처리된 비빔밥 재료용 채소의 물리 화학적 특성 변화

① 실험 방법

각 실험에서 추출 및 반응을 위하여 사용된 Trichloroacetic acid (TCA), Folin-Ciocalteu reagent, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), ascorbic acid, polyvinylpyrrolidone (PVP), catechol, guaiacol, hydrogen peroxide은 Sigma사에서 구입하였으며 모든 시약 및 용매는 HPLC나 분석용 grade를 사용하였다.

시금치와 당근은 춘천 농수산물도매시장에서 구매하였다. 시금치는 뿌리 부분을 제거한 후에 물에 담가 세척하고, 이것을 3회 반복 후 증류수에 1회 세척하여 사용하였다. 당근은 흐르는 물에 손으로 비벼 세척 후 흙을 제거하고 야채 필러로 표면을 고르게 제거 후, 증류수에 1회 세척한 뒤에 채칼을 이용하여 절단하여 사용하였다. 시금치와 당근의 열처리는 끓는 물에 각각 7분과 5분간 넣어 처리하였다. 그리고 초고압 처리를 위한 생시료는 진공 포장 하였다.

진공 포장된 시료는 각각 100, 300, and 500MPa에서 20분간 초고압 처리를 하였다. 초고압 처리 온도는 20도를 유지하였다. 100, 300, 500MPa의 come-up times은 각각 0.8, 1.5, 2.8분 이었다. 초고압 처리 후 모든 시료는 더 이상의 반응을 억제하기위해 얼음에 침지하였다.

당근과 시금치의 총 caroteboids함량은 spectrophotometric method의해 분석하였다. 시료 5g을 30ml acetone과 혼합하여 마쇄하고 여과한 후 petroleum ether가 함유된 500mL separation funnel에

서 분리하였다. Aqueous phase를 제거한 후 20g의 anhydrous sodium sulfate가 함유된 100ml volumetric flask에 넣었다. 흡광도는 450nm에서 측정하였고 총 carotenoids의 함량은  $Ct = (A_{450} \cdot V \cdot 104 \cdot D) / (E1\% \cdot W)$ 에 의해 계산하였다 (E1%는 b-carotene의 extinction coefficient, 2592).

시금치와 당근의 ascorbic acid 측정은 minor modification with 비색법을 이용하여 측정하였다. 시료 50g을 100mL의 10% trichloroacetic acid와 균질화시킨 후에, 얼음에 5분간 침지시키고, 원심분리(5000 x g, 10분)하였다. 원심분리 후 상층액 1mL을 취하여 증류수 1mL을 첨가한 후 0.2mL의 10% Folin-Ciocalteu reagent를 첨가하여 강하게 섞은 후에 10분간 방치하였다. Ascorbic acid의 표준 곡선은 0에서 100mg/mL 사이에서 준비되었다. 준비된 시료는 Labomed UV 2800 spectrophotometer (Labomed Inc.)를 이용하여 760 nm에서 흡광을 측정하였다.

각 시료 50g을 4%의 polyvinylpyrrolidone (PVP)가 포함된 0.2 M phosphate sodium buffer (pH 6.5) 200mL과 균질화시킨 후 40C, 1시간 교반하였다. 교반 후에 원심분리(8000 x g, 20분, 4%)하여 상층액을 취해 polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD)의 활성 측정에 사용하였다. Catechol은 PPO와 반응하여 갈색의 복합체를 형성하는데, 이것을 Labomed UV 2800 spectrophotometer (Labomed Inc.)를 이용하여 420nm의 흡광에서 250C, 3분간 측정하였다. POD활성 측정을 위하여 원심 분리한 추출액 1mL을 취하여 4mL의 1% guaiacol solution과 0.4mL of 0.1% hydrogen peroxide solution을 첨가하여 반응시켰다. Guaiacol은 POD와 반응, 산화하여 갈색의 tetraguaiacol로 변화된다. 반응물은 470nm 흡광에서 250C, 3분간 측정하였다. PPO와 POD의 명확한 활성도는 반응 시간 동안 흡광도의 변화를 선형으로 표시하여 나타내었다 (A/min). PPO와 POD의 residual activities (RA) 값은 다음과 같은 식을 사용하여 측정하였다.

$$RA (\%) = A/Ac \times 100 \quad (Ac \text{와 } A \text{는 각각 대조군과 처리군의 효소활성을 나타낸다.})$$

시료의 색도 변화는 colorimeter (Minolta Chroma Meter CR-400, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. L\*, a\*, and b\* coordinates는 각각 lightness, redness, yellowness를 나타낸다. 생 당근과 시금치에 비교한 색도의 차이는  $\Delta E = [(\Delta L^* - \Delta L_c^*)^2 + (\Delta a^* - \Delta a_c^*)^2 + (\Delta b^* - \Delta b_c^*)^2]^{0.5}$ 에 의해 계산하였다. 갈변정도는  $BI = [100 \cdot (x - 0.31)] / 0.172$ ,  $x = (a^* + 1.75 \cdot L^*) / (5.645 \cdot L^* + a^* - 3.012 \cdot b^*)$ 으로 계산하였다.

총 페놀 함량은 Folin-Denis법에 따라 추출물 0.1g/mL에 Folin-Ciocalteu 시약 및 10% NaOH 용액을 각 1mL씩을 첨가한 후 실온에서 1시간 정치한 후 spectrophotometer를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 0~512mg/L의 농도로 제조하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 표준검량선으로부터 시료 추출물의 총 페놀 함량을 산출하였다. 총 플라보노이드는 Moreno 등의 방법에 따라 추출물 0.1g/mL에 0.8mL의 90% diethyl glycon을 혼합한 후 0.02mL 4M sodium hydroxide과 400C에서 10분간 반응시켰다. 흡광도는 415nm에서 측정하였고 rutin을 표준물질로 하여 0~512mg/L의 농도 범위에서 얻어진 표준검량선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

추출물의 전자공여작용은 각각의 추출물에 대한 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)의 전자공여효과로 각 시료의 환원력을 측정하였다. 추출물 (0.05g/mL)을 에탄올에 용해된 0.5mL의 0.2mM

DPPH와 25°C에서 30분간 반응 시켰다. 흡광도는 517nm에서 측정하였으며 전자공여능(%)은  $AA(\%) = [1 - (A1/A0)] \times 100$ 으로 계산하였다. IC50는 50%의 DPPH소거능을 보이는 추출물의 농도로 결정하였다.

SEM image를 찍어 생 당근과 시금치의 조직적 차이를 비교하였다. 시료를 주사전자현미경으로 관찰하기 위해 먼저 3% glutaraldehyde 용액으로 실온에서 3시간 동안 고정 한 후, 0.1 M sodium phosphate buffer (pH 6.87)로 15분씩 3회 세척하였다. 세척된 시료는 2% aqueous osmium tetroxide에 의해 4°C에서 26시간 고정 처리하였고 0.1 M sodium phosphate buffer로 세척되었다. 30% acetone을 시작으로 10%씩 상승된 graded acetone series 탈수과정을 거치고, 시료는 Hitachi HCP-2 critical point dryer를 이용하여 liquid CO2에 의한 임계점 건조과정을 거쳐 Hitachi E-1030 putter 장치로 약 10 nm 두께의 금속피막 (Au gold coating)을 입힌 후 LVSEM Hitachi S-3500N 저진공 주사 전자현미경으로 관찰하였다.

## ②실험 결과

초고압 처리 후 당근과 시금치의 Ascorbic acid와 총carotenoids 함량의 변화를 관찰하였다 (Figure 68). 초고압 처리 후 당근과 시금치에서 ascorbic acid와 총 carotenoids의 함량변화를 보인다. 열처리된 당근의 ascorbic acid 함량은 생당근에 비해 15% 감소하였으며 초고압처리된 당근에서는 47 mg/g 이상으로 유지되었다. 시금치의 ascorbic acid 함량변화도 당근과 유사한 변화를 보였다. 열처리 후 시금치의 ascorbic acid의 함량은 24%정도 감소하였으며 초고압 처리 수준의 증가에 따라 ascorbic acid함량의 증가를 관찰하였다 (Figure 68A). 총 carotenoids의 함량도 열처리에 비해 초고압 처리된 당근과 시금치에서 잘 보존됨을 보였다 (Figure 68B). 이는 초고압 처리에 따른 추출율의 증가와 열처리에 비해 degradation이 감소됨을 보인다.

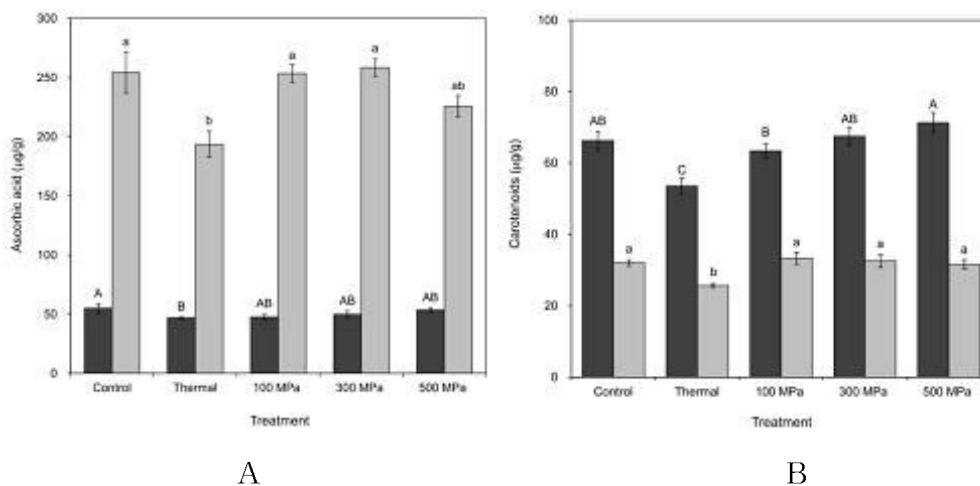


Figure 68. Ascorbic acid contents (mg/g, A) and total carotenoids (mg/g, B) in raw, thermal, and HP-treated (100, 300, and 500 MPa for 20 min) carrot (■) and spinach (■). Means with different letters (A-C) within carrot samples are significantly different at  $p < 0.05$  and means with different letters (a-c) within spinach samples are significantly different at  $p < 0.05$ .



Table 85에서 초고압 처리된 당근과 시금치의 색도 변화를 보인다. 열처리 후 당의 brightness가 생당근과 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았다. 초고압 (500 MPa) 처리후 당근의 redness와 yellowness는 각각 21.1-23.7과 18.7-20.1로 증가하였다. 이는 초고압에 의한 당근 조직의 파괴로 축압 내성 색소의 용출을 증가한 것으로 사료된다. 시금치의 brightness는 축압 처리 후 감소하였다. 당근의 greenness는 열처리 후 증가하였으며 100MPa 처리 후 감소하는 경향을 보였다. 시금치의 yellowness도 greenness와 유사하게 열처리 후 증가되었다. 시금치의 redness와 yellowness는 초고압 (>300 MPa) 처리에서 생시금치와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 색도차( $\Delta E$ )는 100 MPa에서 처리된 당근과 500MPa에서 처리된 시금치를 제외하고는 대조군과 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 초고압에 의한 색도의 변화가 크지 않는 것으로 보인다.

Table 85. Color changes ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ) and color differences ( $\Delta E$ ) of carrot and spinach treated at 100, 300 and 500 MPa for 20min

Treatment	Carrot			
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E$
Control	36.38 ± 1.22 <sup>a<sup>x</sup></sup>	21.07 ± 0.28 <sup>b</sup>	18.67 ± 0.11 <sup>ab</sup>	
Thermal	35.57 ± 1.41 <sup>a</sup>	21.32 ± 0.96 <sup>b</sup>	17.68 ± 0.29 <sup>b</sup>	1.39 ± 0.12 <sup>b</sup>
100 MPa	37.01 ± 0.93 <sup>a</sup>	21.14 ± 1.28 <sup>b</sup>	17.89 ± 1.01 <sup>b</sup>	1.43 ± 0.53 <sup>b</sup>
300 MPa	37.42 ± 0.56 <sup>a</sup>	22.83 ± 1.07 <sup>a</sup>	19.63 ± 0.34 <sup>a</sup>	2.37 ± 0.39 <sup>ab</sup>
500 MPa	37.47 ± 0.75 <sup>a</sup>	23.72 ± 0.34 <sup>a</sup>	20.11 ± 0.20 <sup>a</sup>	

Treatment	Spinach			
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E$
Control	19.59 ± 0.15 <sup>a</sup>	-3.68 ± 0.10 <sup>b</sup>	5.17 ± 0.29 <sup>ab</sup>	
Thermal	18.94 ± 0.09 <sup>ab</sup>	-5.15 ± 0.12 <sup>c</sup>	6.04 ± 0.31 <sup>a</sup>	1.80 ± 0.06 <sup>b</sup>
100 MPa	17.01 ± 0.52 <sup>c</sup>	-1.70 ± 0.10 <sup>a</sup>	3.64 ± 0.69 <sup>c</sup>	3.62 ± 0.54 <sup>a</sup>
300 MPa	18.45 ± 0.14 <sup>b</sup>	-3.48 ± 0.08 <sup>b</sup>	4.57 ± 0.10 <sup>bc</sup>	1.34 ± 0.14 <sup>b</sup>
500 MPa	18.50 ± 0.32 <sup>b</sup>	-3.53 ± 0.07 <sup>b</sup>	4.39 ± 0.24 <sup>bc</sup>	1.37 ± 0.46 <sup>b</sup>

초고압 처리된 당근과 시금치에서 POD와 PPO 활성의 변화는 Figure 7에서 보여진다. 당근의 POD활성은 300MPa까지의 초고압 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 초고압 하에서 POD 활성의 저해는 보결분자단의 해리와 효소의 구조적 변형으로 기인되었다. 300MPa에서 처리된 당근에서 가장 낮은 17%의 POD 활성을 보였다. 반면 시금치의 POD 활성은 초고압의 증가에 따라 48% (100MPa), 50% (300MPa), 59% (500MPa)로 유의적 증가를 보였다. 이는 시금치의 POD는 초고압에 강한 내성을 보임을 제시한다. POD와는 달리 PPO는 초고압의 증가에 따라 유의적으로 저해되었다. 초고압 하에서 이러한 다양한 효소활성 저해의 경향은 식품, 구성성분, 압력수준, pH 등 여러 요소에 의해 영향을 받는 것으로 알려졌다. 일반적으로 초고압에 의한 활성저해는 lipoxygenase, lactoperoxidase, pectinesterase, lipase, phosphatase, catalase, polyphenoloxidase, peroxidase의 순으로 감소하는 경향을 보였다.

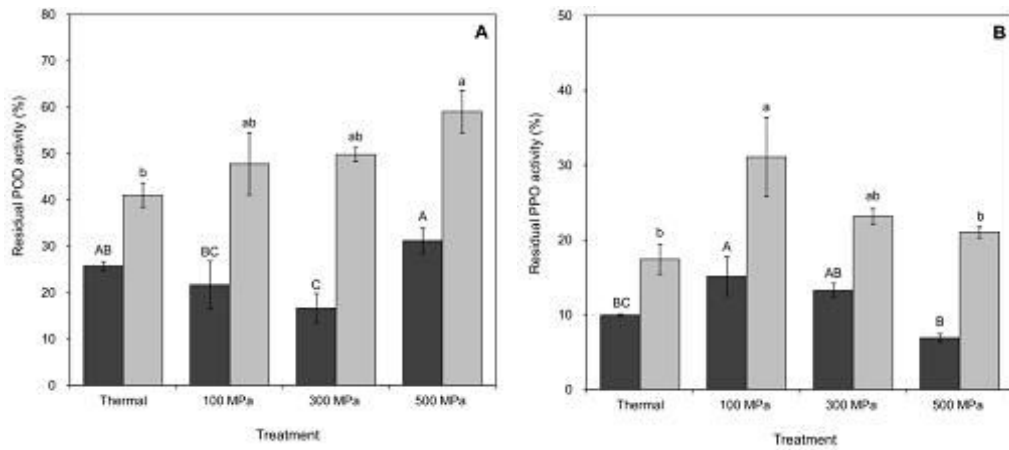


Figure 69. Residual activities of POD (A) and PPO (B) in thermal and HP-treated (100, 300, and 500 MPa for 20 min) carrot (■) and spinach (■). Means with different letters (A-C) within carrot samples are significantly different at  $p < 0.05$  and means with different letters (a-c) within spinach samples are significantly different at  $p < 0.05$ .

열처리 및 초고압 처리 후 총페놀 및 플라보노이드의 함량 변화를 측정하였다(Table 86). 생 당근과 시금치에서 각각 25, 86mg GAE/100g의 총페놀의 함량과 8, 42mg GAE/100g의 플라보노이드 함량을 보였다. 총페놀과 플라보노이드의 함량은 초고압의 처리 수준의 증가에 따라 증가되는 경향을 보였다. 이는 초고압 처리에 의한 물리적인 tissue의 파괴로 인한 추출수율이 증가되었음을 시사한다.

Table 86. Total phenols (mg GAE/100 g) and flavonoid (mg RE/100 g) in raw, thermal, and HP-treated (100, 300, and 500 MPa for 20 min) carrot and spinach

Treatment	Carrot		Spinach	
	Phenol	Flavonoid	Phenol	Flavonoid
Control	25.17 ± 2.40cd <sup>x</sup>	7.96 ± 1.03b	86.33 ± 0.79c	42.35 ± 2.77d
Thermal	29.78 ± 1.61b	9.12 ± 0.82ab	95.31 ± 1.35b	57.27 ± 1.90b
100 MPa	25.14 ± 1.02d	7.27 ± 0.27b	75.48 ± 2.73d	48.04 ± 0.82cd
300 MPa	29.67 ± 1.53bc	8.54 ± 0.54ab	87.81 ± 1.84c	53.79 ± 2.20bc
500 MPa	36.31 ± 2.28a	9.92 ± 0.33a	104.52 ± 1.38a	63.46 ± 2.28a

<sup>x</sup> Means with different letters within a column are significantly different at  $p < 0.05$ .

Figure 70에서는 열처리 및 초고압 처리 후 당근과 시금치의 항산화력 측정을 나타내었다. 항산화력은 열처리 후 유의적으로 감소함을 보였고 초고압 처리 수준의 증가에 따라 증가됨을 관찰하였다 (Figure 70). 500 MPa에서 처리된 당근과 시금치의 IC50값은 각각 45, 3mg/mL로 다른 처리군에 비해 강한 항산화력을 보였다. 이는 열처리에 비해 초고압 처리가 항산화관련 물질들의 보존에 더 효과적임을 나타내 주고 있다.

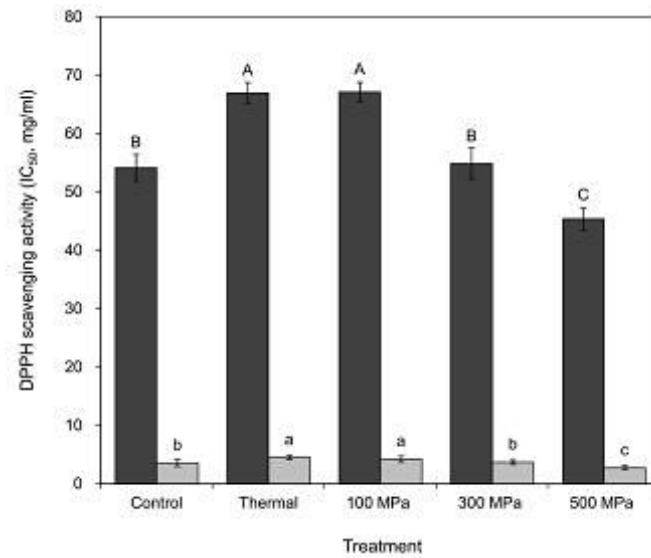


Figure 70. DPPH scavenging activity (IC<sub>50</sub>) of raw, thermal and HP-treated (100, 300 and 500 MPa for 20min) carrot (■) and spinach (■). Means with different letters (A-C) within carrot samples are significantly different at  $p < 0.05$  and means with different letters (a-c) within spinach samples are significantly different at  $p < 0.05$ .

초고압 처리된 당근과 시금치의 형태적 변화를 알아보기 위하여 SEM image를 관찰하였다. 500MPa에서 초고압 처리된 당근에서는 체관부의 변화가 나타났고, 시금치에서는 기공의 변화가 나타났다 (Figure 9). 생당근과 비교하였을 때 (Figure. 71A, B), 초고압 처리된 당근은 조직이 파괴되거나 천공된 모습을 보인다 (Figure 71C, D). 초고압 처리된 시금치는 기공의 확대가 매우 크게 관찰되었고 (Figure 9G), 공변세포막의 뭉쳐짐이 확인되었다 (Figure 71H). 이러한 구조의 변화는 초고압 처리시 당근과 시금치의 세포내부물질 유출에서 기인된다.

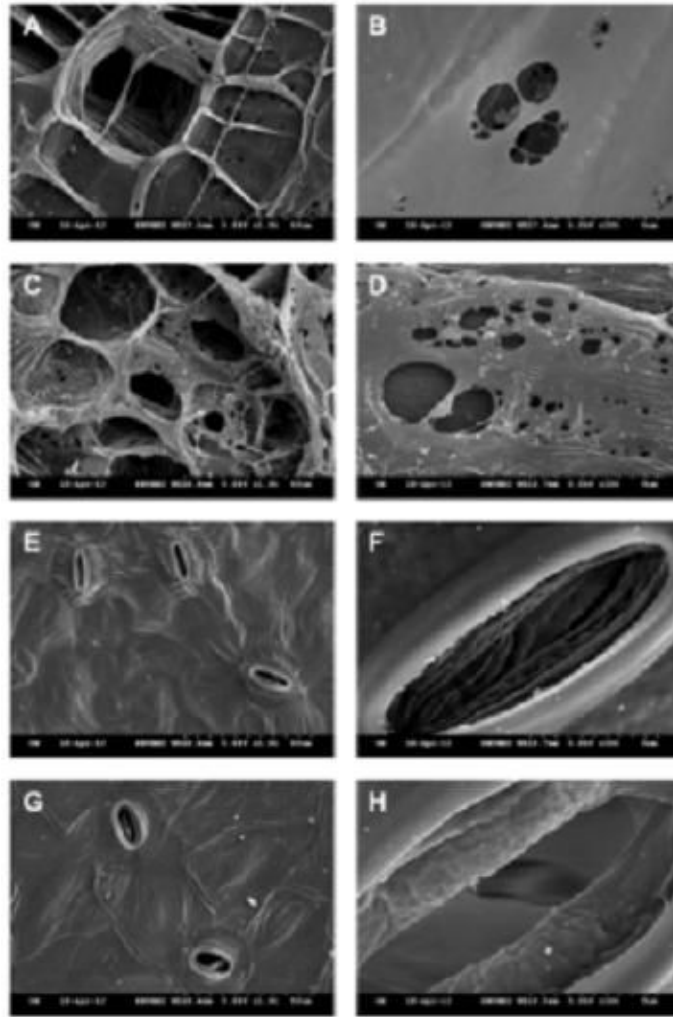


Figure 71. SEM images: A, untreated carrot (control;  $\times 1,000$ ); B, untreated carrot (control,  $\times 10,000$ ); C, treated carrot (500MPa, 20min;  $\times 1,000$ ); D, treated carrot (500MPa, 20 min;  $\times 10,000$ ); A, untreated spinach (control;  $\times 1,000$ ); B, untreated spinach (control,  $\times 10,000$ ); C, treated spinach (500MPa, 20min;  $\times 1,000$ ); D, treated spinach (500MPa, 20min;  $\times 10,000$ ).

#### 마. 전처리 공정에 따른 영양성분 및 품질 변화 연구

##### 1) 영양성분 검사

현재 산업현장에서 사용되고 있는 제조 방법은 대부분 물에 시료를 담구어 처리하는 방식으로 물에 의한 수용성 비타민 및 미네랄의 소실이 많이 생기고, 고온 처리에 의한 파괴가 수반될 것 이라 예측된다.

시료와 물의 접촉을 차단할 수 있는 Sous-vide 방법 및 superheated steam 처리를 통해 수용성 비타민 및 미네랄 소실 여부와 처리시간의 단축에 따른 파괴 여부를 확인하기 위한 실험을 진행하였다.

Cook-chill 방법과 Sous-vide, superheated steam 처리조건은 위의 실험에서 결정된 조건으로 적용하여 실험하였다.

Table 87. 조리가공방법에 따른 고사리 성분변화

	비타민 A ( $\mu\text{g}$ RE/100g)	비타민 C (mg/100g)	인(P) (mg/100g)	마그네슘 (Mg) (mg/100g)	칼슘(Ca) (mg/100g)	아연(Zn) (mg/100g)	철(Fe) (mg/100g)	나트륨 (Na) (mg/100g)
Cook-chill	16.40	5.24	56.57	7.24	14.24	0.05	0.87	8.69
Sous-vidé	<b>34.12</b>	<b>8.25</b>	<b>84.24</b>	<b>8.21</b>	<b>19.47</b>	<b>0.09</b>	<b>1.46</b>	<b>18.02</b>
superheated steam	24.45	8.12	64.57	7.68	15.04	0.05	1.42	12.24
pilot	18.75	3.25	24.48	6.45	11.24	0.01	0.54	10.19

조리가공방법에 따른 고사리 성분변화는 Table 87.과 같이 모든 영양성분이 Sous-vidé 처리 후 가장 높게 측정되었다. 비타민 A의 함량은 Cook-chill 및 pilot 처리 후 크게 저하된 것을 확인할 수 있었으며, 비타민 C함량 역시 절반 이상 감소되었다.

인의 함량은 pilot 처리 시 Sous-vidé 처리 후 보다 3~4배 정도 낮게 측정되었으며, 다른 성분역시 2~3배 정도 낮은 것으로 나타나, 대량 생성공정을 통해 상당 성분들이 유실되는 것으로 판단된다.

Table 88. 조리가공방법에 따른 당근 성분변화

	비타민 A ( $\mu\text{g}$ RE/100g)	비타민 C (mg/100g)	인(P) (mg/100g)	마그네슘 (Mg) (mg/100g)	칼슘(Ca) (mg/100g)	아연(Zn) (mg/100g)	철(Fe) (mg/100g)	나트륨 (Na) (mg/100g)
Cook-chill	942.67	8.67	0.77	<b>11.55</b>	<b>18.23</b>	<b>0.17</b>	<b>0.18</b>	<b>46.79</b>
Sous-vidé	<b>1298.02</b>	11.24	0.88	7.52	12.14	0.07	0.05	18.88
superheated steam	1126.42	11.68	0.72	8.23	14.25	0.09	0.00	14.88
pilot	646.15	9.74	<b>1.27</b>	7.15	12.97	0.05	0.05	25.72

조리가공방법에 따른 당근 성분변화는 Table 88.과 같이 3가지 처리 방법에 의한 영양 손실을 확인한 결과 당근은 마그네슘, 칼슘, 아연, 철, 나트륨 함량이 Cook-chill 처리 후 가장 높게 측정되었다.

특히 당근에 많이 존재하는 비타민 A 함량은 pilot 공정 처리 후 보다 Sous-vidé 처리 후 약 2배 가까이 높게 존재하는 것으로 나타났고, superheated steam 처리 후 함량과 거의 유사한 수준을 나타내었다.

비타민 C 함량 역시 Sous-vidé 공정 및 superheated steam 처리 후 가장 많이 존재하는 것으로 나타나 기존의 공정을 개선할 수 있는 방법으로 이용하기에 적절할 것으로 사료된다.

Table 89. 조리가공방법에 따른 시금치 성분변화

	비타민 A (ug RE/100g)	비타민 C (mg/100g)	인(P) (mg/100g)	마그네슘 (Mg) (mg/100g)	칼슘(Ca) (mg/100g)	아연(Zn) (mg/100g)	철(Fe) (mg/100g)	나트륨 (Na) (mg/100g)
Cook-chill	851.06	12.12	1.56	36.31	22.02	0.38	0.72	23.24
Sous-vide	495.55	16.47	1.68	92.87	34.61	0.68	<b>1.62</b>	67.03
superheated steam	<b>1072.41</b>	18.05	0.23	<b>97.07</b>	<b>48.82</b>	<b>0.69</b>	1.50	<b>96.03</b>
pilot	786.58	9.84	<b>2.76</b>	67.64	33.92	0.54	1.07	39.11

조리가공방법에 따른 시금치의 성분변화는 Table 87.과 같이 비타민 A와 마그네슘, 칼슘, 아연, 나트륨 함량이 superheated steam 처리 후 가장 높게 측정되었으며, 비타민 C의 함량 역시 superheated steam 처리 후 가장 높게 측정되었다.

비타민 A의 함량은 superheated steam 처리 후 양이 Sous-vide 처리 후 함량보다 2배 이상 높게 측정되었으며, 비타민 C 함량 역시 18.05 mg로 Sous-vide 처리 후 함량과 크게 차이를 나타내지 않았다.

하지만 pilot 처리 공정 후 비타민 함량보다 1.5~2배 정도 높게 측정되어 영양 손실을 최소화 하기 위한 조리법으로 superheated steam 처리가 가장 우수함을 확인할 수 있었다.

Table 90. 조리가공방법에 따른 콩나물 성분변화

	비타민 A (ug RE/100g)	비타민 C (mg/100g)	인(P) (mg/100g)	마그네슘 (Mg) (mg/100g)	칼슘(Ca) (mg/100g)	아연(Zn) (mg/100g)	철(Fe) (mg/100g)	나트륨 (Na) (mg/100g)
Cook-chill	11.5	12.12	2.04	27.43	<b>23.12</b>	0.39	0.77	16.34
Sous-vide	11.94	14.23	2.52	<b>37.55</b>	19.45	<b>0.57</b>	<b>0.91</b>	62.59
superheated steam	<b>31.59</b>	<b>16.13</b>	1.62	24.01	17.61	0.34	0.53	<b>63.60</b>
pilot	12.75	9.46	<b>3.21</b>	24.98	16.57	0.32	0.42	13.04

조리가공방법에 따른 콩나물의 성분변화는 Table 87.과 같이 비타민 A 함량은 Cook-chill, Sous-vide, pilot 방법에 의한 함량변화는 거의 나타나지 않았으며, superheated steam 처리한 시료에서 가장 높게 측정되었다.

인의 함량은 pilot 샘플에서 가장 높게 측정되었으나 Sous-vide 처리 및 Cook-chill 처리 시 측정된 값과 큰 차이를 나타내지 않았다.

마그네슘 및 아연, 철의 함량은 Sous-vide 처리 샘플에서 가장 높게 측정되었고, 나트륨 함량은 superheated steam 처리 후 가장 높게 측정되었다.

비타민 C 함량은 superheated steam 처리 후 가장 많이 남아있는 것으로 나타났으며, Sous-vide 처리에도 비슷한 수준으로 검출되었고, pilot 처리 후 가장 적게 검출되어 기존 공정으로 인한 영양 손실이 많음을 확인할 수 있었다.

2) 각 원료별 최적 전처리 조건

① 고사리의 품질변화

Table 91. 조리방법에 따른 고사리의 특성 변화

	관통	전단	경도	색도
Cook-chill (70℃, 물, 20분)	<b>596.71±58.42</b>	<b>365.62±50.09</b>	179.58±14.61	37.99
Sous-vidé (97℃, 물, 20분)	587.47±58.53	360.24±64.29	185.76±22.91	39.79
superheated (oven 200℃, steam 380℃, 1분)	545.14±38.53	327.54±54.24	<b>198.57±12.54</b>	39.67

조리방법에 따른 고사리의 특성 변화는 Table 91.과 같다. 고사리는 3가지 처리방법에 의해 관통, 전단력, 경도가 모두 큰 차이 없이 측정되었다. 그 중 관통과 전단력은 Cook-chill 조리법이 조금 더 우수하였고, 경도는 superheated steam 처리가 우수하였다.

조리방법에 선택에 대한 결정은 영양 손실 및 에너지 사용량, 처리비용 등을 고려하여 결정하는 것이 올바른 것으로 사료된다.

② 당근의 품질변화

Table 92. 조리방법에 따른 당근의 특성 변화

	관통	전단	경도	색도
Cook-chill (70℃, 물, 20분)	<b>2707.73±132.88</b>	<b>400.70±62.29</b>	3143.36±164.76	78.85
Sous-vidé (97℃, 물, 5분)	2545.92±132.88	350.27±62.29	<b>3616.78±164.76</b>	62.09
superheated (oven 200℃, steam 380℃, 1분)	2470.99±132.88	316.63±62.30	2665.50±164.76	72.11

조리방법에 따른 당근의 특성 변화는 Table 92.와 같다. 3가지 처리에 의한 관통력 및 전단력을 크게 차이를 나타내지 않았으나 그나마 Cook-chill 처리가 가장 우수하였고, 경도는 Sous-vidé 처리 시 가장 좋았다. 하지만 Sous-vidé 처리 후 색도가 가장 낮아져 색이 바래지는 현상이 나타났다.

### ③ 시금치의 품질변화

Table 93. 조리방법에 따른 시금치의 특성 변화

	관통	전단	경도	색도
Cook-chill (70°C, 0.5% CaCl, 5분)	244.19±27.48	<b>357.12±12.98</b>	165.10±11.80	38.52
Sous-vide (97°C, 물, 5분)	<b>419.98±28.76</b>	241.49±12.95	<b>192.45±19.00</b>	35.96
superheated (oven 100°C, steam 380°C, 30초)	324.24±26.47	343.23±16.67	117.44±11.24	32.74

조리방법에 따른 시금치의 특성 변화는 Table 93.과 같다. 시금치의 경우 각 처리 방법에 따른 전단력 차이는 크게 나타나지 않았다. 하지만 관통력은 Sous-vide 처리 시 가장 우수하였고, 경도 역시 Sous-vide 처리 시 가장 우수한 것으로 나타났으며, superheated steam 처리에 의해 경도가 가장 낮아진 것을 확인할 수 있었다. 따라서 Sous-vide 처리가 시금치 조리에 가장 적절한 것으로 판단 된다.

### ④ 콩나물의 품질변화

콩나물의 열처리 방법에 따른 최적 처리 조건은 아래의 표와 같다.

Table 94. 조리방법에 따른 콩나물의 특성 변화

	관통	전단	경도	색도(ΔE)
Cook-chill (70°C, 0.5% NaCl, 5분)	<b>853.43±13.50</b>	227.96±28.62	289.24±32.57	79.99
Sous-vide (97°C, 물, 20분)	669.38±44.02	<b>279.95±40.57</b>	<b>155.75±25.14</b>	79.88
superheated (oven 200°C, steam 380°C, 1분)	633.08±32.24	86.48±28.24	101.98±11.24	74.86

조리방법에 따른 콩나물의 특성 변화는 Table 94.과 같다. 각 처리 방법에 따른 경도 차이는 크게 나타나지 않았으나, 관통력에 대한 크기는 Cook-chill 처리 시 가장 높은 것으로 나타나 물성에 변화가 가장 없음을 확인할 수 있었다. 하지만, 전단력은 Sous-vide 처리 시 가장 우수한 것으로 나타나 두 처리 방법에 의한 영양 손실 등을 고려하여 최적 처리 조건을 확립하는 것이 옳다고 사료된다.

## 2. 조리 가공 방식과 초고압 처리의 Huddle technology 를 통한 공정 개발

위에서 연구한 조리 가공 방식(데치기, 볶기, SHS)을 바탕으로 Huddle technology 를 통한 공정 개발 연구하고자 하였다. 초고압 처리 조건은 임의로 선택 하였고(500MPa 3분), 샘플은 비빔밥 나물 4종을 이용하였으며 종류별로 조리 가공방법에 따른 물리·이화학적 변화를 측정하였다.



가. 이화학적 변화

1) pH 변화

Table 95. 고사리의 가공 조건별 초고압 처리 및 저장기간에 따른 pH 변화측정

	대조구						초고압 처리구					
	데치기		볶기		super heated steam		데치기		볶기		superheated steam	
	0분	7분	0분	3분	200℃, 5분	400℃, 3분	0분	7분	0분	3분	200℃, 5분	400℃, 3분
0일	5.85 ±0.010	5.98 ±0.006	5.95 ±0.010	5.95 ±0.006	5.95 ±0.010	5.83 ±0.010	5.85 ±0.010	5.98 ±0.006	5.71 ±0.006	5.96 ±0.012	5.67 ±0.010	5.84 ±0.006
5일	5.99 ±0.006	5.87 ±0.010	5.89 ±0.010	5.95 ±0.010	5.87 ±0.006	5.86 ±0.010	5.88 ±0.006	5.96 ±0.012	5.75 ±0.010	5.90 ±0.010	5.74 ±0.006	5.80 ±0.010
10일	5.94 ±0.006	5.90 ±0.006	5.87 ±0.006	5.95 ±0.012	5.94 ±0.006	5.78 ±0.010	5.86 ±0.012	5.92 ±0.006	5.78 ±0.012	5.92 ±0.006	5.72 ±0.012	5.82 ±0.010

Table 96. 당근의 가공 조건별 초고압 처리 및 저장기간에 따른 pH 변화측정

	대조구						초고압 처리구					
	데치기		볶기		super heated steam		데치기		볶기		superheated steam	
	0분	5분	0분	3분	400℃, 90초	400℃, 120초	0분	5분	0분	3분	400℃, 90초	400℃, 120초
0일	5.85 ±0.010	5.98 ±0.06	5.71 ±0.010	5.96 ±0.010	5.67 ±0.010	5.84 ±0.010	5.75 ±0.012	5.87 ±0.06	5.85 ±0.006	5.94 ±0.006	5.90 ±0.012	5.85 ±0.010
5일	5.98 ±0.006	5.97 ±0.010	5.98 ±0.010	5.97 ±0.006	6.00 ±0.012	5.99 ±0.006	5.87 ±0.010	5.89 ±0.012	5.90 ±0.010	5.91 ±0.012	5.94 ±0.010	5.88 ±0.006
10일	5.95 ±0.006	5.86 ±0.010	5.90 ±0.006	5.94 ±0.010	5.86 ±0.010	5.95 ±0.010	5.85 ±0.006	5.84 ±0.010	5.92 ±0.012	5.96 ±0.010	5.92 ±0.006	5.91 ±0.010

Table 97. 시금치의 가공 조건별 초고압 처리 및 저장기간에 따른 pH 변화측정

	대조구					초고압 처리구				
	데치기			super heated steam		데치기			superheated steam	
	0분	0.5분	1분	250℃, 30초	400℃, 40초	0분	0.5분	1분	250℃, 30초	400℃, 40초
0일	5.85 ±0.010	5.84 ±0.006	5.91 ±0.010	5.91 ±0.006	5.93 ±0.006	5.98 ±0.006	5.96 ±0.012	5.97 ±0.010	5.92 ±0.010	5.92 ±0.005
5일	5.76 ±0.006	5.80 ±0.006	5.88 ±0.006	5.96 ±0.010	5.98 ±0.006	5.96 ±0.012	5.94 ±0.010	5.95 ±0.005	5.90 ±0.012	5.88 ±0.012
10일	5.85 ±0.006	5.88 ±0.010	5.87 ±0.010	5.97 ±0.010	5.90 ±0.010	5.94 ±0.010	5.97 ±0.006	5.94 ±0.012	5.91 ±0.005	5.90 ±0.010

Table 98. 콩나물의 가공 조건별 초고압 처리 및 저장기간에 따른 pH 변화측정

	대조구					초고압 처리구				
	데치기			super heated steam		데치기			superheated steam	
	0분	10분	15분	250℃, 5분	350℃, 4분	0분	10분	15분	250℃, 5분	350℃, 4분
0일	5.75 ±0.012	5.87 ±0.006	5.85 ±0.000	5.94 ±0.006	5.90 ±0.006	5.86 ±0.006	5.78 ±0.012	5.77 ±0.006	5.92 ±0.012	5.94 ±0.012
5일	5.98 ±0.006	5.96 ±0.012	5.97 ±0.012	5.92 ±0.010	5.92 ±0.005	5.77 ±0.012	5.80 ±0.006	5.88 ±0.012	5.90 ±0.010	5.89 ±0.006
10일	5.86 ±0.000	5.78 ±0.012	5.77 ±0.012	5.92 ±0.012	5.94 ±0.006	5.90 ±0.006	5.85 ±0.012	5.82 ±0.010	5.88 ±0.006	5.92 ±0.010

고사리 및 당근, 시금치와 콩나물의 초고압 처리에 따른 pH 변화는 크게 나타나지 않았다.

이는 조리시간과 저장 기간에 따른 변화 역시 크게 나타나지 않았고, 냉장저장 기간이 길어짐에 따라 약간 차이가 생길 수도 있을 것으로 예상은 되지만 냉장 10일간의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나 한 달 이상 길어질 경우 pH 는 어느 수준 이하로 떨어질 것이라 예상된다.

2) 수분활성도(Aw) 변화

Table 99. 고사리의 가공 조건별 초고압 처리 및 저장기간에 따른 Aw 변화측정

	대조구						초고압 처리구					
	데치기		볶기		superheated steam		데치기		볶기		superheated steam	
	0분	7분	0분	3분	200℃, 5분	400℃, 3분	0분	7분	0분	3분	200℃, 5분	400℃, 3분
0일	0.984 ±0.008	0.982 ±0.007	0.983 ±0.007	0.984 ±0.008	0.989 ±0.002	0.973 ±0.008	0.989 ±0.011	0.990 ±0.014	0.984 ±0.008	0.983 ±0.017	0.988 ±0.021	0.976 ±0.010
5일	0.981 ±0.007	0.984 ±0.008	0.985 ±0.009	0.984 ±0.008	0.989 ±0.002	0.976 ±0.012	0.992 ±0.015	0.995 ±0.007	0.988 ±0.014	0.988 ±0.012	0.990 ±0.019	0.980 ±0.023
10일	0.983 ±0.007	0.982 ±0.007	0.985 ±0.009	0.984 ±0.008	0.987 ±0.002	0.976 ±0.012	0.997 ±0.009	0.991 ±0.014	0.986 ±0.007	0.987 ±0.021	0.991 ±0.004	0.982 ±0.015

Table 100. 당근의 가공 조건별 초고압 처리 및 저장기간에 따른 Aw 변화측정

	대조구						초고압 처리구					
	데치기		볶기		super heated steam		데치기		볶기		superheated steam	
	0분	5분	0분	3분	400℃ 90초	400℃ 120초	0분	5분	0분	3분	400℃ 90초	400℃ 120초
0일	0.989 ±0.005	0.990 ±0.004	0.984 ±0.008	0.983 ±0.007	0.988 ±0.001	0.976 ±0.013	0.981 ±0.012	0.984 ±0.008	0.985 ±0.014	0.984 ±0.010	0.989 ±0.015	0.976 ±0.019
5일	0.985 ±0.009	0.984 ±0.008	0.984 ±0.008	0.985 ±0.009	0.988 ±0.001	0.976 ±0.012	0.984 ±0.009	0.988 ±0.012	0.988 ±0.011	0.987 ±0.015	0.992 ±0.020	0.980 ±0.014
10일	0.985 ±0.008	0.981 ±0.007	0.986 ±0.005	0.984 ±0.005	0.988 ±0.007	0.980 ±0.005	0.985 ±0.009	0.989 ±0.008	0.990 ±0.009	0.981 ±0.012	0.984 ±0.014	0.984 ±0.015

Table 101. 시금치의 가공 조건별 초고압 처리 및 저장기간에 따른 Aw 변화측정

	대조구					초고압 처리구				
	데치기		super heated steam			데치기		superheated steam		
	0분	0.5분	1분	250℃, 30초	400℃, 40초	0분	0.5분	1분	250℃, 30초	400℃, 40초
0일	0.988 ±0.002	0.986 ±0.005	0.987 ±0.008	0.987 ±0.001	0.976 ±0.011	0.977 ±0.011	0.992 ±0.007	0.994 ±0.006	0.983 ±0.009	0.987 ±0.008
5일	0.987 ±0.003	0.991 ±0.002	0.991 ±0.003	0.986 ±0.001	0.978 ±0.013	0.967 ±0.013	0.975 ±0.009	0.989 ±0.008	0.988 ±0.011	0.990 ±0.012
10일	0.986 ±0.005	0.986 ±0.005	0.986 ±0.008	0.988 ±0.002	0.981 ±0.014	0.982 ±0.008	0.983 ±0.011	0.982 ±0.009	0.987 ±0.012	0.986 ±0.007

Table 102. 콩나물의 가공 조건별 초고압 처리 및 저장기간에 따른 Aw 변화측정

	대조구					초고압 처리구				
	데치기			super heated steam		데치기			super heated steam	
	0분	10분	15분	250℃, 5분	350℃, 4분	0분	10분	15분	250℃, 5분	350℃, 4분
0일	0.977 ±0.002	0.992 ±0.003	0.994 ±0.006	0.983 ±0.003	0.980 ±0.002	0.988 ±0.004	0.986 ±0.007	0.987 ±0.015	0.987 ±0.010	0.976 ±0.011
5일	0.983 ±0.003	0.980 ±0.002	0.976 ±0.001	0.984 ±0.003	0.982 ±0.002	0.985 ±0.011	0.990 ±0.012	0.988 ±0.016	0.990 ±0.024	0.982 ±0.017
10일	0.985 ±0.002	0.987 ±0.003	0.986 ±0.002	0.990 ±0.001	0.980 ±0.002	0.993 ±0.008	0.992 ±0.024	0.984 ±0.027	0.985 ±0.026	0.985 ±0.016

수분활성도(Aw) 역시 pH 변화와 마찬가지로 초고압 처리에 따른 차이는 크게 나타나지 않았으며, 조리방법 및 조리시간에 따라 초고압 처리 여부에 따른 값 차이도 나타나지 않았다. 대조구와 초고압 처리구 모두 저장 기간에 따른 값 차이는 저장 10일 경과 후까지는 거의 나타나지 않아 냉장 저장에 따른 수분활성도 변화는 크게 나타나지 않을 것으로 사료되었다.

## 나. 미생물학적 변화

초고압 처리에 따른 가공 나물의 저장기간별 총균수 변화는 Table 103.에서 Table 106.과 같다. 초고압 처리에 따른 나물의 초기균수는 조리 정도에 영향 없이 대부분 대조구에 비해 log 2~4 수준으로 감소한 것으로 나타났다.

저장 0일에 초고압 처리구는 모두 균이 10개 미만으로 검출되지 않았고, 저장기간이 지남에 따라 일부 샘플에서 균이 증식하는 것을 확인 할 수 있었다.

당근의 경우 볶기 처리를 한 샘플 중 일부 조리시간이 길었던 경우 냉장 저장 5일 경과 후에도 균이 검출되지 않았고, 고사리의 경우 역시 볶기 처리한 샘플 중 일부 냉장 저장 5일까지 균이 증식하지 않은 것으로 나타났다. 일부 차이는 나타났지만 대부분의 시료에서 초고압 처리 전 log4 이상의 높은 균수가 초고압 처리를 통해 log 2~4 수준으로 감소되었다.

Table 103. 고사리의 가공 조건별 초고압 처리 및 저장기간에 따른 총균수 변화측정

(단위 : cfu/unit)

	대조구						초고압 처리구					
	데치기		볶기		super heated steam		데치기		볶기		superheated steam	
	0분	7분	0분	3분	200℃, 5분	400℃, 3분	0분	7분	0분	3분	200℃, 5분	400℃, 3분
0일	5.70 x10 <sup>4</sup>	7.10 x10 <sup>3</sup>	5.70 x10 <sup>4</sup>	8.25 x10 <sup>2</sup>	2.47 x10 <sup>2</sup>	2.75 x10 <sup>2</sup>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
5일	9.20 x10 <sup>6</sup>	2.50 x10 <sup>4</sup>	9.20 x10 <sup>6</sup>	7.50 x10 <sup>3</sup>	1.49 x10 <sup>3</sup>	2.16 x10 <sup>3</sup>	1.12 x10 <sup>1</sup>	1.54 x10 <sup>1</sup>	3.68 x10 <sup>1</sup>	N.D	4.10 x10 <sup>1</sup>	4.25 x10 <sup>1</sup>
10일	8.60 x10 <sup>7</sup>	2.34 x10 <sup>5</sup>	8.60 x10 <sup>7</sup>	8.10 x10 <sup>5</sup>	2.42 x10 <sup>4</sup>	3.10 x10 <sup>4</sup>	6.55 x10 <sup>2</sup>	7.48 x10 <sup>2</sup>	3.12 x10 <sup>2</sup>	1.10 x10 <sup>2</sup>	2.12 x10 <sup>2</sup>	2.54 x10 <sup>2</sup>

Table 104. 당근의 가공 조건별 초고압 처리 및 저장기간에 따른 총균수 변화측정

(단위 : cfu/unit)

	대조구						초고압 처리구					
	데치기		볶기		super heated steam		데치기		볶기		superheated steam	
	0분	5분	0분	3분	400℃, 90초	400℃, 120초	0분	5분	0분	3분	400℃, 90초	400℃, 120초
0일	3.40 x10 <sup>4</sup>	1.84 x10 <sup>3</sup>	3.40 x10 <sup>4</sup>	5.05 x10 <sup>2</sup>	4.80 x10 <sup>2</sup>	1.31 x10 <sup>2</sup>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
5일	2.10 x10 <sup>6</sup>	2.30 x10 <sup>4</sup>	2.10 x10 <sup>6</sup>	1.74 x10 <sup>3</sup>	5.70 x10 <sup>3</sup>	2.30 x10 <sup>3</sup>	6.40 x10 <sup>1</sup>	5.45 x10 <sup>1</sup>	1.24 x10 <sup>1</sup>	N.D	2.45 x10 <sup>1</sup>	1.89 x10 <sup>1</sup>
10일	5.60 x10 <sup>7</sup>	3.40 x10 <sup>5</sup>	5.60 x10 <sup>7</sup>	3.10 x10 <sup>5</sup>	2.16 x10 <sup>4</sup>	7.00 x10 <sup>4</sup>	4.70 x10 <sup>2</sup>	6.25 x10 <sup>2</sup>	4.12 x10 <sup>2</sup>	3.10 x10 <sup>2</sup>	4.58 x10 <sup>2</sup>	5.78 x10 <sup>2</sup>

Table 105. 시금치의 가공 조건별 초고압 처리 및 저장기간에 따른 총균수 변화측정

(단위 : cfu/unit)

	대조구					초고압 처리구				
	데치기		super heated steam			데치기		superheated steam		
	0분	0.5분	1분	250℃, 30초	400℃, 40초	0분	0.5분	1분	250℃, 30초	400℃, 40초
0일	1.30x10 <sup>4</sup>	5.70x10 <sup>3</sup>	1.20x10 <sup>3</sup>	5.70x10 <sup>2</sup>	4.24x10 <sup>2</sup>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
5일	3.00x10 <sup>5</sup>	4.60x10 <sup>5</sup>	2.14x10 <sup>4</sup>	3.20x10 <sup>3</sup>	2.14x10 <sup>3</sup>	2.27x10 <sup>2</sup>	3.25x10 <sup>1</sup>	1.24x10 <sup>1</sup>	1.24x10 <sup>1</sup>	2.54x10 <sup>1</sup>
10일	6.20x10 <sup>7</sup>	2.60x10 <sup>7</sup>	4.10x10 <sup>6</sup>	1.12x10 <sup>4</sup>	1.45x10 <sup>4</sup>	1.10x10 <sup>4</sup>	4.21x10 <sup>2</sup>	2.15x10 <sup>2</sup>	1.68x10 <sup>2</sup>	1.80x10 <sup>2</sup>

Table 106. 콩나물의 가공 조건별 초고압 처리 및 저장기간에 따른 총균수 변화측정

(단위 : cfu/unit)

	대조구					초고압 처리구				
	데치기		super heated steam			데치기		super heated steam		
	0분	10분	15분	250℃, 5분	350℃, 4분	0분	10분	15분	250℃, 5분	350℃, 4분
0일	2.28x10 <sup>4</sup>	2.90x10 <sup>2</sup>	1.50x10 <sup>1</sup>	3.12x10 <sup>2</sup>	1.26x10 <sup>2</sup>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
5일	2.00x10 <sup>6</sup>	7.00x10 <sup>3</sup>	4.20x10 <sup>2</sup>	5.40x10 <sup>2</sup>	2.45x10 <sup>2</sup>	2.14x10 <sup>2</sup>	4.75x10 <sup>1</sup>	1.10x10 <sup>1</sup>	2.54x10 <sup>1</sup>	3.12x10 <sup>1</sup>
10일	5.40x10 <sup>8</sup>	1.24x10 <sup>4</sup>	2.25x10 <sup>3</sup>	6.10x10 <sup>3</sup>	4.20x10 <sup>3</sup>	1.25x10 <sup>3</sup>	2.45x10 <sup>2</sup>	2.05x10 <sup>2</sup>	3.12x10 <sup>2</sup>	2.54x10 <sup>2</sup>

모든 초고압 처리 시료가 저장기간이 길어짐에 따라 약간 증가하는 현상을 나타냈었는데 저장 10일이 경과 후 그 수는 log 2~4 수준으로 나타났고, 냉장 저장 10일까지 안전한 상태로 볼 수 있다.

#### 다. pH의 영향에 따른 초고압하에서 미생물 사멸 평가

##### 1) 실험 방법

사용균주는 *Listeria monocytogenes* KACC 12671으로 한국농업미생물보존센터(Korean Agricultural Culture Collection)에서 제공받아 사용하였다. 균주는 trypticase soy broth(TSB)에서 37°C, 20시간 동안 호기적인 상태로 배양되었다. 배양된 균주는 원심분리(3,000×g, 10 min, 4°C) 한 후 취하여 약 107CFU/mL이 되도록 sterile phosphate buffered saline (PBS, pH 7.2)에 희석하였다.

미생물에 산성 환경을 만들어주기 위하여 PBS에 HCl과 lactic acid를 각각 첨가 후, pH를 4.0, 5.0, 6.0로 적정하여 약 107CFU/mL 로 희석되도록 *L. monocytogenes*를 접종하였다. PBS (pH 7.2)에 접종한 균주는 대조군으로 사용되었다. 각 시료를 5mL 씩 sterile plastic bag(5 × 5 cm)에 주입 후, impulse heat sealer를 이용하여 밀봉하였다.

포장된 시료는 초고압 처리를 위하여 high pressure processor의 vessel에 넣고 300MPa에서 5분간 초고압 처리하였다. 초고압 처리의 come-up time은 1.5분이었고 10초 내에 depressurization을

마쳤다. 초고압 처리 후에, 균주의 추가적인 사멸이나 회복을 저해하기 위하여 처리된 시료를 얼음에 침지하였다.

초고압 처리된 균주의 사멸도를 측정, 계수하기 위하여 처리된 시료를 연속적으로 1:10으로 0.1% peptone water에 희석하였다. Autoplate spiral plating system을 이용하여 희석된 시료를 각 50mL씩 취하여 trypticase soy agar(TSA)에 도말한 후, 37°C에서 24~48시간 동안 배양하여 Qcount colony counter system으로 계수하였다.

Propidium iodide(PI) staining은 세포 손상이나 사멸 시에 생기는 세포막의 공극을 통하여 세포 내부로 침투한 propidium iodide가 DNA와 결합하는 원리를 이용한 것으로, 본 실험에서는 초고압 처리 균주들을 PI staining 후에 flow cytometry를 이용하여 세포막의 상태 변화를 평가하였다. PI stock solution(2mg/mL)을 sterile PBS를 이용, 희석하여 50mg mL<sup>-1</sup>의 PI working solution을 제조하여 암실에 보관하였다. 초고압 처리된 균주를 원심분리(2000xg, 20min)하여 PI working solution (1mL)에 재부유 시키고, 37°C에서 10분간 배양하였다. 염색된 균주는 세척을 위하여 PBS에 재부유 시키고 원심분리(2000xg, 20min)하여 세척하는 과정을 2회 반복하였다. PI로 염색된 균주는 1시간 이내에 cytometric analysis를 위하여 얼음에 침지 후 암실 조건에서 보관하였다. PI staining의 음성 대조군으로 초고압 처리를 하지 않은 균주를 사용하였다. 염색된 균주들은 flow cytometry를 이용하여 분석하고, 분석 시 675-nm long-pass filter를 이용하여 붉은색 형광인 PI signal을 측정하였다.

초고압 처리된 균주들의 세포막전위 변화를 관찰하였다. 처리된 균주들을 1mL의 PBS에 재부유 시키고, 3 mM diethyloxycarbocyanine iodide (DiOC2(3)) 10 ml을 섞어준 후에 25°C에서 5분간 방치하였다. 양성 대조군을 위하여 균주를 depolarizing agent인 carbonyl cyanide m-chlorophenylhydrazone (CCCP)로 처리한 후 사용하였다.

Scanning electron microscopy (SEM)은 초고압 처리된 균주의 형태적 변화를 관찰하기 위해 이용되었다. 초고압 처리된 균주를 phosphate-buffered saline (PBS, pH 7.2)로 세 차례 세척 후 4% glutaraldehyde로 고정하였다. 고정된 균주를 세 번 세척 후 50% ethanol에서 100% ethanol까지 순차적으로 처리하였다. 처리 후 33%, 66%, 100% hexamethyldisilazane으로 탈수과정을 수행하였다. 탈수된 시료는 금 박막 (gold palladium)을 만들어 전자현미경으로 관찰하였다.

## 2) 실험 결과

대표적인 지표 오염균인 *L. monocytogenes*의 pH 영향에 따른 초고압하에서 사멸 양상과, 처리된 균주의 4°C, 24시간 저장 기간 동안 사멸/회복을 관찰하여, 대조군과 처리군의 계수 결과를 Figure 70에 나타내었다.

PBS(pH 7.2)에 접종한 *L. monocytogenes*는 4°C, 24시간 저장 기간 동안 초고압처리된 균주와 그렇지 않은 균주 모두 1 log unit 이하의 수준에서 감소하였다 (Figure 70A). 이처럼 4°C에서 24시간의 저장 기간 중 초고압 처리 균주와 비처리 균주 모두 현저한 감소가 없는 이유는, 자연적인 저온 상태에서 세포 대사 활성이 낮아지기 때문으로 사료된다. HCl과 lactic acid를 이용하여 pH 4로 적정한 PBS에 접종 초고압 처리 후, 4°C에서 24시간 저장된 균주들은 6 log unit 이상의 감소율을 나타내었다 (Figure 70B). 초고압 처리되지 않은 균주와 비교하였을 때, 초고압 처리된 균주들은

모든 pH 수준에서 더 많은 감소율이 관찰되었다. 이같은 결과는

pH를 4로 적정한 초고압 비처리 균주를 24시간 저장 후에 *L. monocytogenes*의 감소율을 비교하여 보면 lactic acid를 이용하여 산도를 조절한 균주가 HCl을 이용하여 산도를 조절한 균주보다 더 많은 사멸이 나타난 것을 볼 수 있는데, 감소율은 1log unit 이하로 나타났다 (Figure 70B). Figure 70C와 D에서는 pH가 5와 6으로 적정된 PBS에서 *L. monocytogenes*의 감소율을 나타내고 있고, 그 감소율은 0.3 log unit 이하로 나타났다.

낮은 산도와 초고압 처리의 병행은 *L. monocytogenes* 균주의 감소에 대하여 매우 큰 효과가 있는 것으로 나타났는데, pH 4로 적정된 균주에 초고압을 동시에 처리하였을 때는 저장 기간 동안 detection limit (20 CFU/mL) 이하의 숫자를 보였다 (Fig. 70). 그러나 초고압 비처리 균주들은 24시간 저장기간 동안 모든 산도에서 회복 양상을 보였다.

HCl과 lactic acid를 이용하여 pH5로 적정 후 초고압을 처리한 균주에서는 산의 종류에 따라 서로 다른 양상을 보였다. HCl을 이용하여 pH5로 적정한 균주는 0, 12, 24시간의 저장 기간 동안 각각 3.69, 4.87, 5.25log unit 으로 감소되었다. 반면 lactic acid를 이용하여 pH 5로 적정한 균주는 HCl을 이용하여 pH 5로 적정한 균주와 비교하였을 때 현저한 감소율을 보였는데, 저장 기간 동안 6-log unit이상의 감소율을 보였다.

저장 기간 동안 초고압 비처리 균주의 생존율이나 감소율은 큰 변화를 보이지 않았으나, 초고압 처리 균주는 저장 기간이 증가할수록 균주의 감소율도 증가하는 양상을 보였다 (Figure 70). HCl을 이용한 것과 비교하면, lactic acid를 이용하여 pH 6으로 적정한 균주는 더 높은 감소율을 보였다. 0, 12, 24시간의 저장 기간 동안 HCl을 이용하여 pH 6으로 적정한 균주는 각각 1.15, 1.81, 2.13 log unit의 감소율을 보이는 반면, lactic acid를 이용하여 적정한 균주는 각각 2.26, 3.02, 3.28 log unit의 감소율을 보였다 (Figure 70D).

Lactic acid는 초고압 처리시에 pH 의존적으로 *L. monocytogenes*를 사멸시키는데, HCl보다 lactic acid를 이용하여 pH를 적정한 *L. monocytogenes*에서 더 높은 감수성이 나타났다. 이것은 HCL 보다 lactic acid가 항상성을 효과적으로 상실시켜 *L. monocytogenes*의 내부 pH (pHi)를 효과적으로 변화시키기 때문으로 생각된다. pHi의 변화는 단백질과 핵산에 심각한 변성을 일으키고, 결국은 균주의 사멸을 초래한다. 이러한 결과들은 물속에서 HCl과 lactic acid의 해리도 차이에서 기인된 것으로, HCl이 물에 완전히 해리되어 H<sup>+</sup>이 되는 반면 acetic acid, lactic acid, citric acid와 같은 유기산들은 대부분 해리되지 않은 상태로 남아있기 때문에, 세포막을 통해 세포질로 쉽게 확산되고 해리되어 proton을 방출하여 균주를 사멸시킨다. 해리된 H<sup>+</sup>는 proton의 낮은 막 침투성 때문에 ATP synthase, Na/H antiporters, electron transport system과 같은 경로를 통하여 균주 내부로 유입될 수 있다.

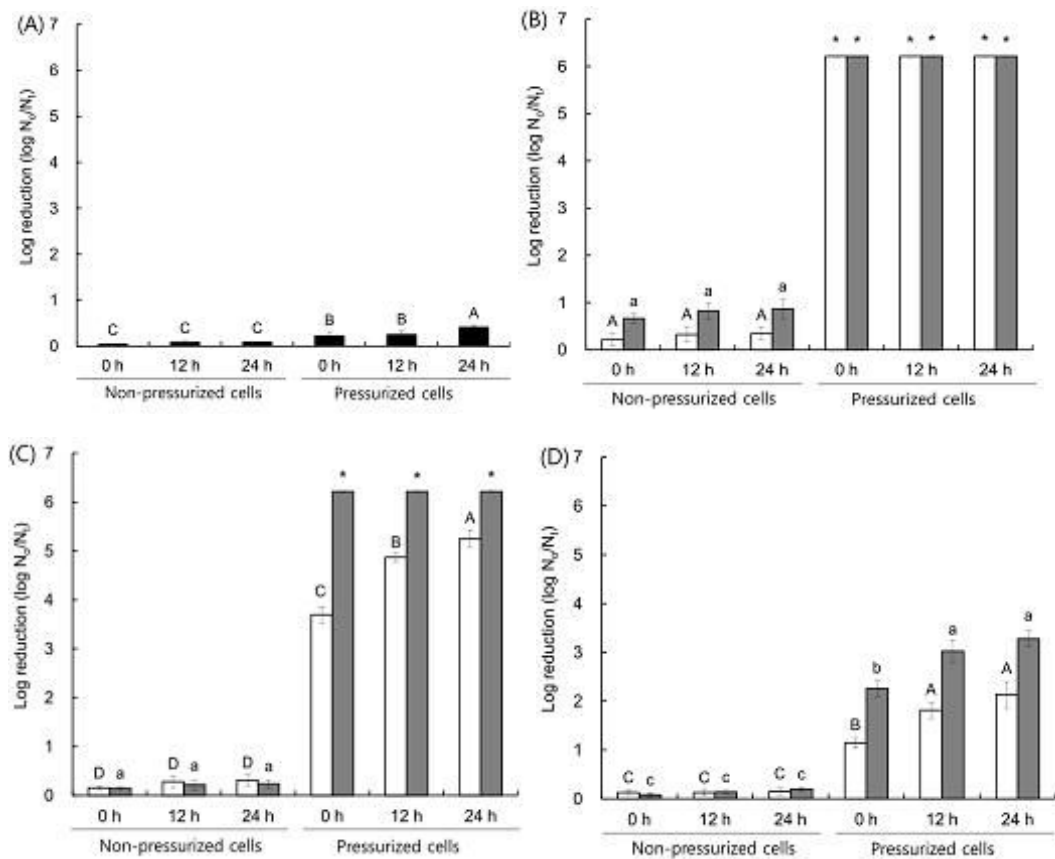


Figure 70. Reduction of *L. monocytogenes* cells in control (A, ■; PBS, pH 7.2) and PBS adjusted to pH 4.0 (B), 5.0 (C), and 6.0 (D) with HCl (□) or lactic acid (■) treated with HPP (300 MPa, 5 min) for 24 h of incubation at 4°C. Means with different letters with in HCl (A-D) and lactic acid (a-c) on the bars are significantly different at p<0.05. N<sub>0</sub> and N<sub>t</sub> represent the inoculum level and the bacterial count after 5min of process time, respectively. N<sub>0</sub> was approximately 7.51 log CFU/mL. (\*) indicates N<sub>0</sub> was reduced to below the detection limit (<20 CFU/mL) during the HPP.

각각 다른 산을 이용하여 pH가 적정된 PBS에 접종한 *L. monocytogenes*의 초고압 처리 후 세포막 변화 특성 변화 측정을 위하여 초고압 처리 후 4°C, 12시간 저장된 *L. monocytogenes*를 Flow cytometry를 통하여 fluorescence intensity를 관찰하였다(Figure 71). 초고압 처리를 하지 않고 4°C, 12시간 저장된 시료를 살펴보면, HCl을 사용하여 pH를 적정한 시료는 fluorescence intensity가 크게 변화하지 않음을 알 수 있었다. pH 4, 5, 6에 각각 38.03, 40.6, 34.50%의 fluorescence intensity가 나타났다(Figure 71A, 71E, 71I). 그리고 lactic acid를 사용하여 pH를 적정한 시료는 39.65%에서 63.49%사이의 fluorescence intensity를 나타내었다. 초고압 처리를 하지 않은 시료들과 비교하였을 때, 초고압 처리 후 4°C, 12시간 저장된 시료들을 살펴보면 현저한 변화가 있는 것이 관찰되었다. 먼저 HCl로 처리한 시료는 64.99% (pH 6.0), 61.82% (pH 5.0), 78.23% (pH 4.0)로 fluorescence intensity가 증가한 것을 살펴볼 수 있었다(Figure 71C, 71G, 71K). 이와 유사하게, lactic acid로 처리한 시료들도 큰 변화를 나타내었다(Figure 71D, 71H, and 71L). 이와 같은 세포막 손상의 결과는



*L. monocytogenes* 균주의 사멸과 연관 지어 볼 수 있는데, Figure 70B에서 볼 수 있는 6 log unit 이상의 생균수 감소와 관련된 것으로 사료된다.

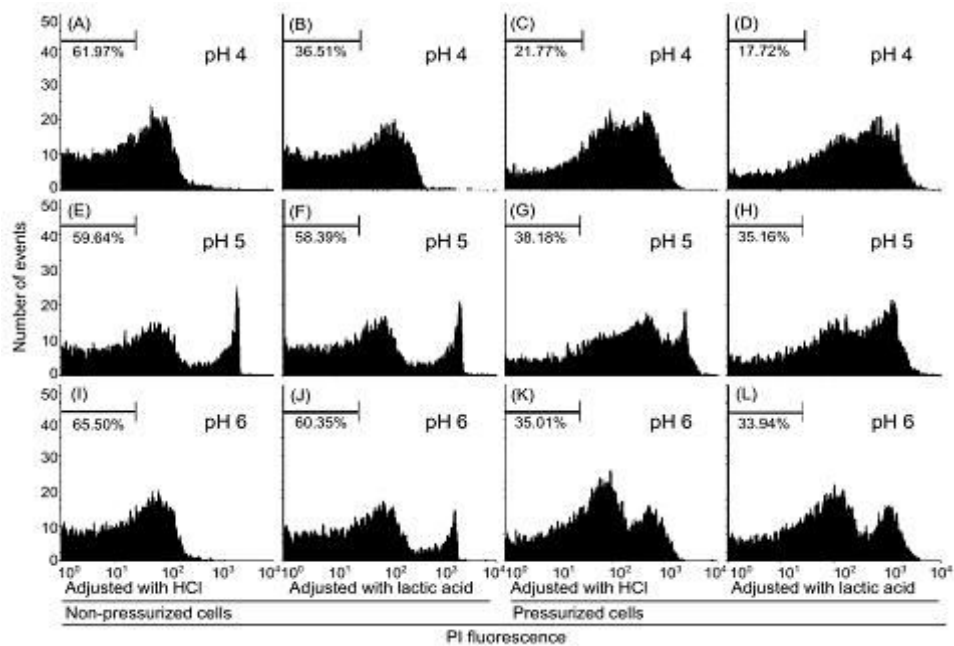


Figure 71. Histograms of PI fluorescence intensity for the non-pressurized and HP-treated *L.monocytogenes* in PBS adjusted with HCl (A, C, E, G, I, and K) and lactic acid (B, D, F, H, J, and L) to pH 4.0 (A-D), 5.0 (E-H), and 6.0(I-L) after 12h of incubation at 4°C.

각각 다른 산 이용하여 pH가 적정된 PBS에 접종한 *L. monocytogenes*의 초고압 처리 후 세포막전위 변화 특성을 측정하였다. HCl과 lactic acid를 이용하여 pH를 적정한 PBS(pH 4.0, 5.0, 6.0)에 *L. monocytogenes*를 접종하고 초고압 처리 후에 12시간 보관하였다., 초고압 처리된 시료들과 비처리된 시료들을 flow cytometry를 이용, 세포막전위 변화를 측정하였다(Table 107). 세포막전위의 변화는 초고압 처리되지 않은 일반 산성 조건에서도 나타났다. CCCP를 이용하여 depolarization 시킨 균주는 97.50%였고, PBS (pH 7.2)에 접종하여 초고압 처리된 균주와 비처리된 균주의 depolarization activity는 각각 5.33%와 3.36%로 약하게 나타났다.

산의 종류나 초고압 처리와는 상관없이, pH가 감소할수록 *L. monocytogenes*의 depolarization activity는 향상되었다. DiOC2(3)로 염색된 균주의 비율은 70.81%에서 97.07%까지 다양한 범위로 나타났다 (Table 107). 세포막전위의 변화는 초고압 비처리 균주보다 처리 균주에서 약간 증가함을 관찰할 수 있다. Depolarization이 pH의 차이에 의해매우 크게 연관되는 것은, 세포질 기질과 suspending medium과의 pH차이가 기인한다.

Table 107. Depolarization\* of HP-treated *L.monocytogenes* in PBS (pH 7.2) adjusted with HCl and lactic acid to pH 4.0, 5.0, and 6.0 after 12h of incubation at 4°C

Treatment	Acidulant	pH	Depolarization (%)	
Non-pressurization	PBS	7.2	3.36 ± 0.37	
	HCl	4.0	92.90 ± 0.99	
		5.0	90.78 ± 3.82	
		6.0	70.81 ± 3.63	
	Lactic acid	4.0	94.80 ± 3.86	
		5.0	93.21 ± 4.38	
		6.0	81.80 ± 11.29	
	Pressurization	PBS	7.2	5.33 ± 2.44
		HCl	4.0	96.24 ± 3.17
5.0			96.33 ± 2.70	
6.0			80.43 ± 5.21	
Lactic acid		4.0	97.07 ± 3.22	
		5.0	95.85 ± 3.20	
		6.0	81.64 ± 8.51	

\* A depolarization positive control is the CCCP-treated cells.

초고압과 산성 조건 처리에 따른 *L. monocytogenes*의 형태적 특성을 측정하기 위하여 SEM images을 통하여 산성조건과 초고압의 복합 처리 후 4°C, 12시간 저장된 *L. monocytogenes*의 형태적 변화를 관찰하였다(Figure 72). 300 MPa, 5분 처리에서 세포 형태의 특별한 변화는 관찰되지 않았지만, 세포 형태가 더 길어진 것을 관찰할 수 있었다. 이것은 *L. monocytogenes*를 300 MPa에서 초고압 처리시 사멸 원인이 세포막의 파괴에 있는 것이 아니라, 세포 내부 구조의 붕괴에서 오는 것으로 사료된다.

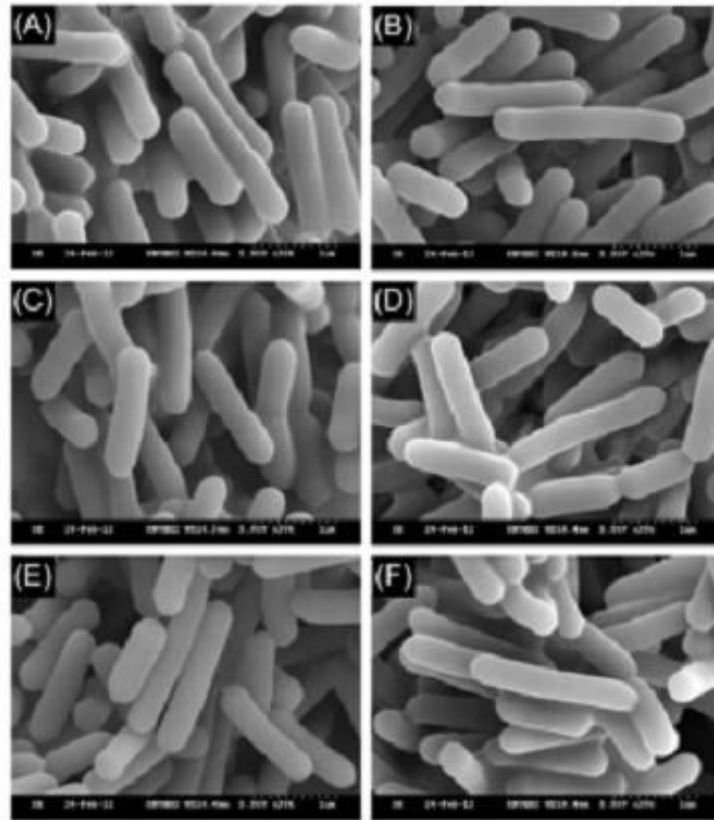


Figure 72. SEM images of *L. monocytogenes* in control (A, B; PBS, pH7.2) and PBS adjusted to pH 4.0 with HCl(C, D) and lactic acid (E and F) treated without (A, C, D) or with (B, D, F) HPP (300 MPa, 5 min) after 12 h of incubation at 4°C.

본 연구를 통해 lactic acid와 초고압의 복합 처리가 *L. monocytogenes*의 사멸에 효과적인 영향을 준다는 것을 밝혀내었다. 초고압 처리로 사멸된 균주가 직접적인 형태학적 변화를 보이는 것은 아니지만, 초고압 처리는 세포막의 파괴로 이어질 수 있는 것으로 보여진다. 세포막 전위의 감소도 균주의 생리적 상태와는 직접적인 연관이 없는 것으로 나타났다. 따라서 초고압에 의한 균주 사멸 mechanism의 더 발전된 연구를 위하여 세포막의 손상에 의한 세포 사멸을 flow cytometry로 정확하게 측정하는 것이 필요하다고 사료된다. 이러한 결과를 비빔밥 재료의 미생물 안전성 확보를 위하여 응용할 시에 lactic acid와 같은 유기산과 초고압의 동반 처리는 단일 처리시보다 매우 큰 synergistic effect를 나타내므로, 미생물 안전성 확보에 응용 될 것이다.

#### 라. 초고압에 의한 미생물 사멸에 대한 항미생물제와 산성조건의 영향

##### 1) 실험 방법

##### ①미생물 및 생육조건

사용균주는 *Listeria monocytogenes* KACC 12671으로 한국농업미생물보존센터 (Korean Agricultural Culture Collection)에서 분양받아 사용하였다. 균주는 37°C, 20시간 동안 호기적인 상태

에서 2회 계대배양을 하고 biofilm 형성에 이용되었다.

## ② Biofilm의 형성

균주를 stainless steel coupons(1mm×20mm×20mm)에서 호기적으로 biofilm cells의 수가 약 10<sup>6</sup> CFU/mL이 될 때까지 배양하였다. 배양 후 멸균수를 이용하여 coupons상에 약하게 biofilm을 형성한 cells을 제거 하였다.

## ③ 시료준비

TSB 배지를 pH5.0 과 pH7.0가 되도록 acetic acid를 이용하여 적정하였다. Nisin은 0.02M HCl로 용해시켜 최종 nisin의 농도가 1,000 IU/mL이 되도록 희석하였다. Biofilm이 형성한 coupons을 nisin을 함유한 pH7.0과 pH5.0의 TSB 배지(TSB7+N, TSB5+N)와 nisin을 포함하지 않는 pH7.0과 pH5.0의 TSB 배지(TSB7-N, TSB5-N)에 각각 넣고 밀봉하였다.

## ④ 초고압처리

포장된 시료는 high pressure processor (Fig. 16)의 vessel에 넣고 400MPa에서 20분간 초고압 처리하였다.

초고압의 come-up time은 2.5분이었고 1분 내에 depressurization을 마쳤다. 초고압 처리된 시료는 미생물 계수에 이용되었고 전자현미경 (SEM)을 통해 images을 얻었다.

## ⑤ 미생물 계수

Planktonic cells과 biofilm cells의 수는 pour plate method를 이용하여 측정하였다. Cell scraper로 형성된 biofilm cells를 수확하여 적절하게 0.1% peptone water로 희석하여 시료를 MOX agar에 plating하였다. Planktonic cells도 같은 방법으로 희석하여 MOX agar에 plating 한 후 37°C, 48시간 동안 항온기에서 배양하였다.

## ⑥ Scanning electron microscopy (SEM)

SEM은 biofilm cells의 형태적 변화를 관찰하기 위해 이용되었다. Coupons 상에 형성된 biofilm cells을 phosphate-buffered saline(PBS, pH 7.2)로 두 차례 씻은 후 4% glutaraldehyde로 고정하였다. 고정된 biofilm cells을 세 번 세척 후 50% ethanol에서 100% ethanol까지 순차적으로 처리하였다. 처리 후 33%, 66%, 100% hexamethyldisilazane으로 탈수과정을 수행하였다. 탈수된 시료는 금박막(gold palladium)을 만들어 전자현미경으로 관찰하였다.

## ⑦ Storage study

초고압 처리한 균의 회복 능력을 평가하기 위해 4, 20, 37°C의 각각 다른 조건에서 9일 동안 저장하였다. 또한 Biofilm과 planktonic cells의 수는 0, 2, 5, 9일에 각각 측정하였다.

## 2) 실험 결과

① 항미생물제와 산성조건에서 초고압 살균 특성

본 실험에서는 vegetables상에 존재 가능성이 있는 biofilm cells의 제거를 위해 초고압의 살균 능력을 평가하였다. 구체적으로 nisin 및 산성조건에서 biofilm cells의 초고압의 처리 과정에서 부착균과 부유균의 생리학적 특성을 평가하였다.

산성조건 하에서 초고압과 nisin의 복합 처리에 따른 *L. monocytogenes* biofilm cells의 사멸: 초고압에 의한 coupons에 형성된 biofilm cells의 저해 정도를 각각 다른 배지(TSB7-N, TSB7+N, TSB5-N, TSB5+N)에서 평가하였다. Biofilm cells의 초기 농도는  $3.2 \times 10^6$  CFU/mL이었다. 모든 처리군에 대해 일반배지인 TSA와 선택배지인 MOX상에서 biofilm cells의 감소가 통계적으로 유의성이 없었다. 이는 biofilm cells의 내성적 특성 때문에 낮은 수에서 초고압에 의해 손상된 cells이 유도되었음을 보인다.

TSB7-N과 비교하여 TSB7+N에 상대적으로 많은 cells이 감소되었다. TSB7+N에 존재하는 biofilm cells의 수가 초고압 처리 후 TSA와 MOX상에서 각각 5.51과 5.98 log까지 감소되었다. 초고압에 의한 미생물의 사멸 특성은 nisin 존재에 의해 상당한 수준에서 향상되었다. 그리고 nisin의 존재와 상관없이 TSB+N과 TSB5-N에서 6 log 이상의 감소를 보였다. 초고압에 의한 미생물의 사멸 특성은 산성조건에 향상되고 nisin의 활성은 산성 조건에서 증가된다.

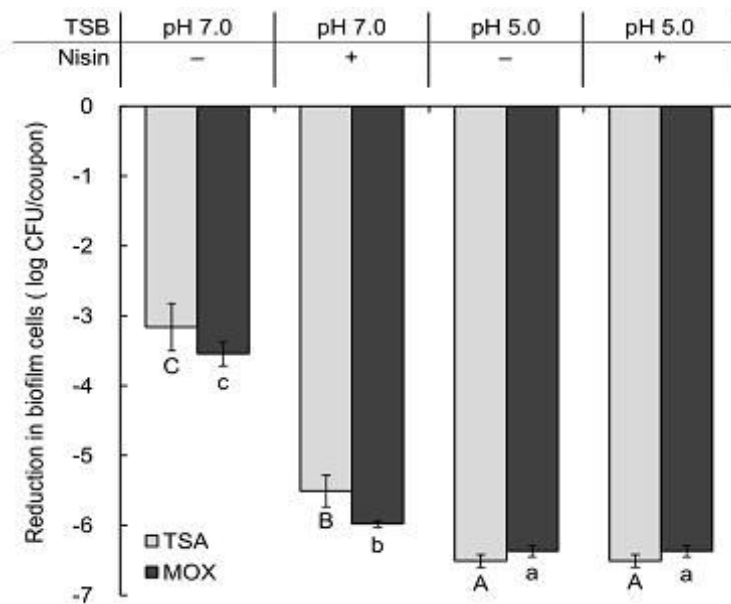


Figure 73. Reduction of the biofilm cells treated by HPP at 400 MPa for 20 min in TSB at 7.0 in the absence of nisin, TSB at 7.0 in the presence of nisin, TSB at 5.0 in the absence of nisin, and TSB at 5.0 in the presence of nisin. Means with different letters (A-C) within TSA are significantly different at  $p < 0.05$  and means with different letters (a-c) within MOX are significantly different at  $p < 0.05$ .

- 산성조건 하에서 초고압과 nisin의 복합 처리에 따른 *L. monocytogenes* biofilm의 형태적 특성 SEM images을 통해 형성된 biofilms의 형태적 변화를 관찰하였다.(Figure 74) Figure 74A와

Figure 74B에서 관찰된 것처럼 biofilm이 그물망 구조가 TSB에서 2일 배양 후 관찰되었다. 초고압 처리 후 모든 시료에서 뚜렷한 biofilm cells의 detachment가 확인되었다. 이는 초고압처리가 식품기나 vegetables 표면에 부착된 biofilm cells의 처리에 유용한 방법임을 입증하는 것이다. 대조군 (Figure. 74A와 74B)와 TSB7-N(Fig. 74C)사이엔 큰 차이는 관찰되지 않았지만 TSB+N에서 biofilm cells의 수축이 관찰되었다. Nisin의 permeability를 증가시키는 초고압처리는 biofilm cells뿐만 아니라 planktonic cells의 상승적 저해를 유도한다. TSB-N(Figure 74C)와 TSB+N(Figure 74D)에서 낮은 pH인 TSB5-N(Figure 74E)과 TSB5+N(Figure 74F)에서 biofilm cells의 형태적 변화가 관찰되었다. 이러한 결과는 초고압처리가 biofilm cells를 저해하기 위해 산과 같은 부수적 hurdle이 필요함을 암시한다.

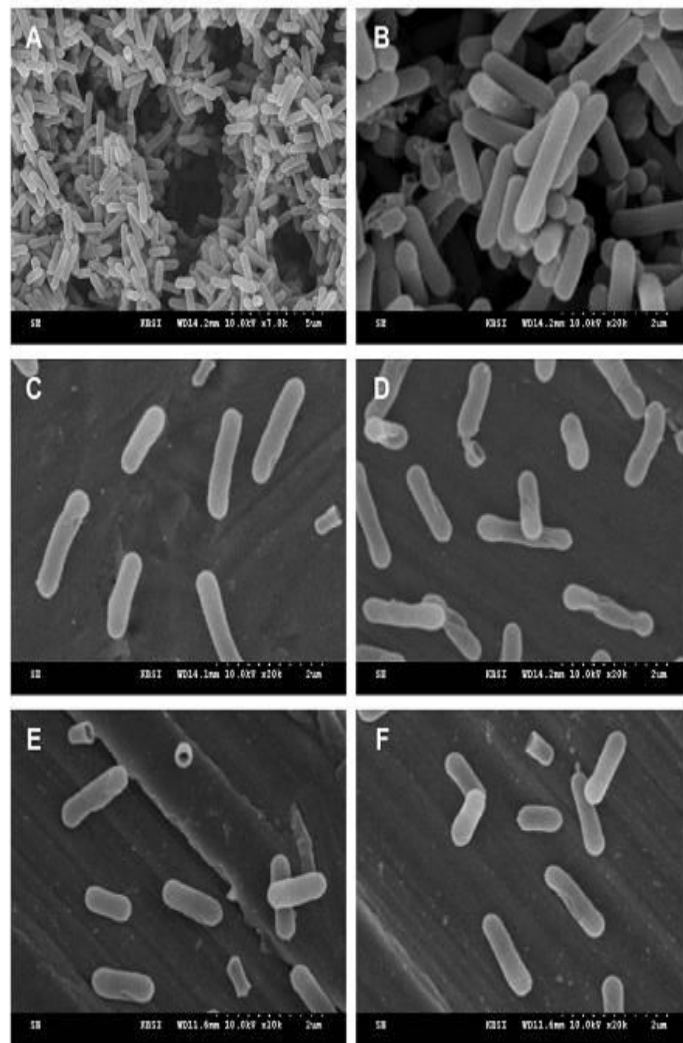


Figure 74. Scanning electron microscopy (SEM) images of *L. monocytogenes* biofilms formed on the stainless steel coupons in the control (no HHP treatment, TSB, pH 7.0; A and B), TSB at pH 7.0 without nisin (TSB7 - N; C), TSB at pH 7.0 with nisin (1000 IU/ml, TSB7+N; D), TSB at pH 5.0 without nisin (TSB5 - N; E), and TSB at pH 5.0 with nisin (1000 IU/ml, TSB5+N; F).

- 산성조건 하에서 초고압과 nisin의 복합 처리에 따른 *L. monocytogenes* biofilm의 detachment 특성

초고압 처리 후 biofilm cells과 planktonic cells의 수를 측정하여 nisin과 산성조건 하에서 biofilm detachment를 평가하였다.(Figure 75) TSB7-N 처리군에서 TSA와 MOX상에서 detached biofilm cells의 수에 있어 통계적 유의성을 보이지 않았지만, MOX에서 3.24 log로 TSA의 4.54 log와 비교하여 낮은 생존율을 보였다. 이는 초고압이 직접적으로 세포막의 permeability와 세포질막을 손상시킨 것으로 기인된다. TSB7+N 처리군에서 TSA와 MOX사이에 생존한 detached cells에서 뚜렷한 차이를 보였다. TSA와 MOX에서 각각 1.97 log와 0.69 log의 생존수를 보였다. 이 결과 초고압 사멸효과는 nisin의 처리로 향상되고 nisin은 초고압에 손상된 cells에 효과적으로 저해효과 보임을 제시한다. TSB5-N과 TSB5+N에서 생존하는 detached cells이 관찰되지 않았다. 초고압에 의한 vegetative cells과 spores의 사멸 효과는 nisin과 낮은 pH와 상승적 작용을 보인다.

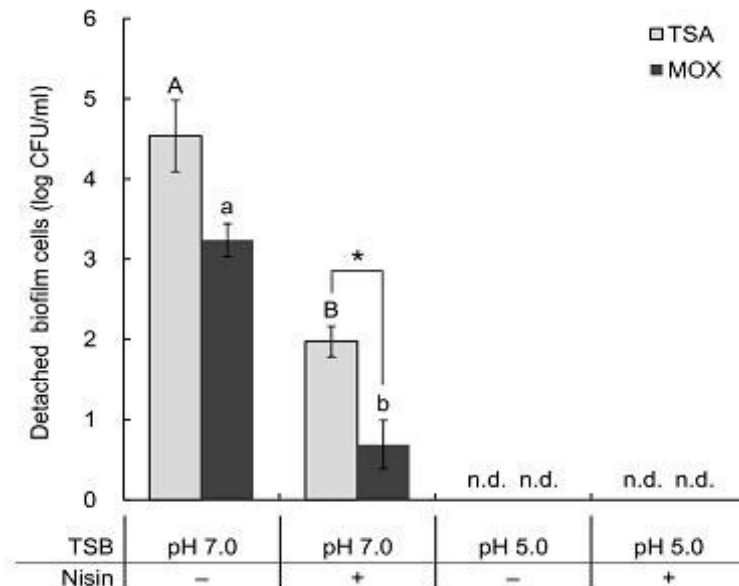


Figure 75. Reduction of the detached biofilm cells treated by HPP at 400 MPa for 20 min in TSB at 7.0 in the absence of nisin, TSB at 7.0 in the presence of nisin, TSB at 5.0 in the absence of nisin, and TSB at 5.0 in the presence of nisin. Means with different letters (A-B) within TSA are significantly different at  $p < 0.05$  and means with different letters (a-b) within MOX are significantly different at  $p < 0.05$ . Asterisk indicates significant different between TSA and MOX at  $p < 0.05$ . ND denotes no viable cell detection.

산성조건 하에서 초고압과 nisin에 노출된 *L. monocytogenes* biofilm의 회복능력: 초고압에 의해 처리된 biofilm cells과 planktonic cells의 회복능력을 평가하기 위해 TSB7-N, TSB7+N, TSB5-N, TSB5+N 처리군을 9일 동안 다른 온도 조건에서 저장하였다. Biofilm cells의 수는 TSB7-N에서 4°C에서 5일 후 5.14 log CFU/coupon까지 빠르게 증가한 반면 TSB7+N에서 2.47 log CFU/coupon까지 느리게 증가하였다. (Table 108) TSB5-N과 TSB5+N에서 biofilm cells과 detached cells은 4°C에서 9일 동안 회복되지 않았다. 이는 저장기간 동안 산성 조건이 저장기간 동안 biofilm cells과

detached cells의 회복을 효율적으로 저해하였다.

Table 108. Recovery of *L. monocytogenes* biofilm cells during 9 days of storage at 4°C, 20°C and 37°C

Storage condition		Biofilm cells			
Temperature (°C)	Time (day)	TSB7-N	TSB7+N	TSB5-N	TSB5+N
4	0	3.34c,x	1.01b,y	n.d.	n.d.
	2	3.99bc,x	2.04a,y	n.d.	n.d.
	5	5.14a,x	2.02a,y	n.d.	n.d.
	9	4.33b,x	2.47a,y	n.d.	n.d.
20	0	3.34b,x	1.01b,y	n.d.	n.d.
	2	5.02a,x	1.58b,y	n.d.	n.d.
	5	5.21a,x	4.94a,x	n.d.	n.d.
	9	5.82a,x	5.32a,x	n.d.	n.d.
37	0	3.34d,x	1.01c,y	n.d.	n.d.
	2	6.97a,x	6.61a,x	n.d.	n.d.
	5	5.84b,x	5.28b,x	0.80a,y	n.d.
	9	4.75c,x	4.96b,x	0.94a,y	n.d.

\* TSB7 - N, TSB7+N, TSB5 - N, and TSB5+N indicate the samples treated by HPP at 400 MPa for 20 min in TSB at 7.0 in the absence of nisin, TSB at 7.0 in the presence of nisin, TSB at 5.0 in the absence of nisin, and TSB at 5.0 in the presence of nisin, respectively. x - y Means with a different letter within a row are significantly different at  $p < 0.05$ . a - d Means with a different letter within a column are significantly different at  $p < 0.05$ . NG denotes no growth in enrichment cultures.

Biofilm cells에 비교하여 TSB7-N과 TSB7+N에서 detached cells의 수가 각각 4°C에서 5일 후 6.30 log CFU/mL과 2일 후 3.91 log CFU/mL까지 증가하였다. 저장 온도가 증가함에 따라 biofilm cells과 detached cells의 회복 속도가 증가하였다 20°C검출되지 않은 반면, TSB5-N의 detached cells은 5일 후 2 log 이상까지 회복되었다. 20°C와 37°C에서초기의 biofilm cells과 detached cells의 수에 상관없이 각각 4 log와 7 log이상 까지 회복되었다.

Table 109. Recovery of *L. monocytogenes* detached cells during 9 days of storage at 4°C, 20°C, and 37°C



Storage condition		Detached cells			
Temperature (°C)	Time (day)	TSB7-N	TSB7+N	TSB5-N	TSB5+N
4	0	4.54b,x	1.97b,y	n.d.	n.d.
	2	5.83ab,x	3.91a,x	n.d.	n.d.
	5	6.30a,x	3.60a,y	n.d.	n.d.
	9	6.00a,x	2.10b,y	n.d.	n.d.
20	0	4.54b,x	1.97c,y	n.d.	n.d.
	2	8.26a,x	6.05b,y	n.d.	n.d.
	5	8.68a,x	8.52a,x	2.23y	n.d.
	9	8.24a,x	8.11a,x	2.52y	n.d.
37	0	4.54x,b	1.97c,y	n.d.	n.d.
	2	8.16x,a	8.21a,x	0.97a,y	0.85a,y
	5	7.53x,a	7.71ab,x	0.82a,y	0.72a,y
	9	7.31x,a	7.48b,x	2.19a,y	1.26a,z

\* TSB7 - N, TSB7+N, TSB5 - N, and TSB5+N indicate the samples treated by HPP at 400 MPa for 20 min in TSB at 7.0 in the absence of nisin, TSB at 7.0 in the presence of nisin, TSB at 5.0 in the absence of nisin, and TSB at 5.0 in the presence of nisin, respectively. x - y Means with a different letter within a row are significantly different at  $p < 0.05$ . a - d Means with a different letter within a column are significantly different at  $p < 0.05$ . NG denotes no growth in enrichment cultures.

본 연구를 통해 초고압은 nisin과 함께 처리 되었을 때 효과적으로 표면에 부착한 biofilm cells을 제거하였다. 저장기간 동안 초고압 처리된 biofilm cells과 detached cells이 검출되지 않거나 느린 회복능력을 보였다. 따라서 초고압은 식품기기, 의료기기 및 식품표면의 미생물을 처리에 효과적이다.

### 3. Sous-vide & Cook-chill과 초고압 처리의 최적 Combination 조건 설정

3장에서 비빔밥 나물의 안정성 확보를 위한 제어요소 중 하나로 전처리 공정에 대한 연구를 진행하였다. 그 중 과열증기(Super heatedsteam)의 경우 현재 상업용 과열수증기(superheated steam) 조리시설이 설치된 식품제조업체가 국내에 없기에 현실적인 기술의 실현성이 낮았다. 따라서 Sous-vide & Cook-chill과 초고압 처리의 Combination 공정을 통한 공정 연구를 진행하고자 하였다.

#### 가. 초고압 조건 설정

열탕살균 후 초고압을 실행하기에 앞서, 나물에 적합한 초고압 공정의 조건을 알아보기 위하여, 압력 (0, 300MPa, 400MPa, 500MPa) 및 처리시간 (0, 1분, 3분, 5분)에 변수를 두어 실험을 진행하였다.

포장 시 교차오염에 따른 변수를 사전에 제어하고 이에 맞는 최적의 초고압 조건을 알아보기 위

하여 포장 후 가열 살균 처리를 하는 Sous-vide 방식을 선택하였으며, 비빔밥용 주요 나물 4종중에서 색과 조직감 제어에 가장 어려움이 있는 시금치와 미생물 초기균수가 제일 높은 콩나물을 실험하였고, 그 결과는 아래 Table 110. 과 같다.

Table 110. 초고압 처리 조건에 따른 시금치의 미생물 저장성 실험 결과

공정 조건	저장온도	0일차 (CFU/mL)	5일차 (CFU/mL)
초고압처리 x	10℃	1.02±0.30×10 <sup>4</sup>	TNTC
	15℃		TNTC
300MPa, 3분	10℃	4.75±2.25×10 <sup>1</sup>	1.87±0.09×10 <sup>2</sup>
	15℃		TNTC
400MPa, 3분	10℃	3.25±7.50×10 <sup>1</sup>	1.48±0.14×10 <sup>4</sup>
	15℃		TNTC
500MPa, 1분	10℃	ND	6.55±1.90×10 <sup>2</sup>
	15℃		TNTC
500MPa, 3분	10℃	ND	5.30±1.25×10 <sup>2</sup>
	15℃		TNTC
500MPa, 5분	10℃	ND	1.00±0.10×10 <sup>1</sup>
	15℃		TNTC

초고압 처리를 하지 않고 Sous-vide 공정을 적용한 시금치 샘플의 초기 균수는 1.02±0.30×10<sup>4</sup> CFU/mL 이었으며, Sous-vide 공정 후 300MPa에서 3분의 초고압 공정을 하였던 시금치 샘플의 초기 균수는 4.75±2.25×10<sup>1</sup> CFU/mL 으로 나타났다. 이는 Sous-vide 공정 후 300MPa에서 3분 초고압 처리가 시금치의 초기 미생물 살균에 효과가 있음을 나타낸다.

초고압 압력조건에 따른 시금치 샘플에 대한 초고압 공정을 통한 살균력을 보았을 경우, 300MPa 과 400MPa 의 처리시 초기 미생물에 대한 살균력에는 큰 차이가 없는 것으로 보였으며, 500MPa 이상의 압력에서 처리시 초기균 제어에 큰 효과가 있음을 보여준다.

시금치 샘플에 초고압 처리 시간이 주는 영향에 대한 측면에서의 해석으로는, 동일한 압력에서 1, 3, 5분간 초고압 공정을 가했을 때 5분간 초고압 처리를 한 샘플이 1분과 3분 처리한 샘플에 비해 약 1Log정도 미생물 증식에 효과적인 것으로 5일차 저장성 결과에서 보여 졌으나, 실제 제품 생산을 위한 공정에 대한 경제적 여건을 고려할 시 500MPa에서 3분간 초고압 처리를 하는 것이 가장 적절한 것으로 판단하였다.

Table 111. 초고압 처리 조건에 따른 콩나물의 미생물 저장성 실험 결과

공정 조건	저장온도	0일차 (CFU/mL)	5일차 (CFU/mL)
초고압처리 x	10℃	4.94±4.31×10 <sup>3</sup>	TNTC
	15℃		TNTC
300MPa, 3분	10℃	1.12±0.51×10 <sup>3</sup>	3.52±0.26×10 <sup>6</sup>
	15℃		TNTC
400MPa, 3분	10℃	1.00±0.25×10 <sup>3</sup>	2.63±0.15×10 <sup>5</sup>
	15℃		TNTC
500MPa, 1분	10℃	1.40±0.56×10 <sup>3</sup>	3.10±1.25×10 <sup>4</sup>
	15℃		TNTC
500MPa, 3분	10℃	2.98±0.68×10 <sup>2</sup>	6.54±0.35×10 <sup>2</sup>
	15℃		TNTC
500MPa, 5분	10℃	4.68±2.33×10 <sup>2</sup>	7.30±0.84×10 <sup>2</sup>
	15℃		TNTC

생채 나물 형태의 콩나물의 초기 미생물수는 10<sup>5</sup>~10<sup>7</sup> CFU/mL 정도이며, Sous-vide 공정 적용 시 그 수는 Table 111.에서 볼 수 있는 바와 같이 4.94±4.31×10<sup>3</sup> CFU/mL이다. Sous-vide 공정을 적용한 이후에도 높은 초기 미생물의 수에 의해서인지 초고압 처리에 따른 초기 미생물의 수에는 큰 차이가 나타나지 않았지만, 5일 저장시 초고압 처리조건 500MPa, 3분 이상 처리조건이 다른 초고압 조건들보다 미생물 제어에 효과적임을 볼 수 있었다.

콩나물 샘플에 초고압 처리 시간이 주는 영향에 대한 측면에서의 해석으로는, 초고압 처리 시간에 따른 시금치 샘플의 경우와 같이, 1, 3, 5 분 처리 시간에 따른 미생물수에는 큰 차이가 나타나지 않았다.

결론적으로, 위 Table 110.과 Table 111.에서 보여진바와 같이 초고압 처리 조건에 따른 시금치와 콩나물의 미생물 저장성 실험을 통하여, 나물 제품에 대한 최적의 초고압 조건은 500MPa에서 3분인 것으로 판단하였으며, 이후 Cook-Chill 과 Sous-Vide 방법으로 전처리를 한 후 초고압 처리를 하는 실험에 대해 초고압 조건으로써 500MPa에서 3분을 하였으며, Cook-Chill 후 초고압 처리 및 Sous-Vide 후 초고압 처리에 대한 구체적인 가공공정과 처리조건은 Table 112. 과 Table 113.에 각각 제시하였다.

Table 112. Cook-Chill 처리 후 초고압 처리 공정도

	공정	조건	비고
가 공 공 정	선별 ↓ 세척 ↓ 데치기 ↓ 냉각 ↓ 물빼기 ↓ 진공포장 ↓ 초고압처리 ↓ 냉각 ↓ 냉장저장	길이 5cm, 두께 3mm  일반수돗물  최적 Cook-chill 열처리 조건에 따름  5°C 30분  15초 진공, sealing 3초  500MPa, 3분  5°C 30분  10°C/15°C 분리저장	외관상 양호한 나물 선별. 콩나물의 경우 머리가 썩 어있거나 측근발생 및 줄 기 부러진 것 선별 제거 3% NaCl 물로 데침  저장시 조직 및 풍미 변 화 방지위해 필요

Table 113. Sous-Vide 처리 후 초고압 처리 공정도

	공정	조건	비고
가 공 공 정	선별 ↓ 세척 ↓ 물빼기 ↓ 진공포장 ↓ 열처리 ↓ 냉각 ↓ 초고압처리 ↓ 냉각 ↓ 냉장저장	길이 5cm, 두께 3mm  일반수돗물  15초 진공, sealing 3초  최적 Sous-vide 열처리 조건에 따름  5°C 30분  500MPa, 3분  5°C 30분  10°C/15°C 분리저장	외관상 양호한 나물 선별. 콩나물의 경우 머리가 썩어있거나 측근발생 및 줄기 부러진 것 선별 제거  열처리시 포장이 물위에 뜨는 현상 방지 및 저장시 조직 및 풍미 변화 방지위해 필요  열처리 후 즉시 냉각

처리 후 초고압 처리의 huddle 살균 적용을 통한 미생물적 품질 제어 효과를 탐색하기 위하여 당근, 시금치, 콩나물 각각의 샘플에 대해 최적 Cook-chill 과 Sous-vide 열처리 조건으로 선정된 처리시간 및 온도에 맞추어 전처리 후 500MPa에서 3분간 초고압 처리를 하였다.

Table 114. 당근에 대한 전처리 후 초고압 처리 저장성 실험 결과

시료명	저장온도	0일차 (CFU/mL)	3일차 (CFU/mL)	7일차 (CFU/mL)	14일차 (CFU/mL)	30일차 (CFU/mL)
Sous-vide only	10℃	1.00±0.01×10 <sup>1</sup>	1.00±0.03×10 <sup>1</sup>	7.60±0.40×10 <sup>4</sup>	6.10±0.30×10 <sup>4</sup>	TNTC
	15℃		5.00±0.02×10 <sup>1</sup>	1.03±0.13×10 <sup>6</sup>	1.01±0.06×10 <sup>6</sup>	TNTC
Sous-vide + HPP	10℃	2.00±0.02×10 <sup>1</sup>	1.00±0.01×10 <sup>1</sup>	2.15±0.25×10 <sup>2</sup>	9.15±0.85×10 <sup>4</sup>	6.33±0.50×10 <sup>6</sup>
	15℃		ND	9.25±0.45×10 <sup>4</sup>	5.45±0.05×10 <sup>6</sup>	TNTC
Cook-chill Only	10℃	4.35±0.65×10 <sup>2</sup>	1.65±0.16×10 <sup>6</sup>	3.75±0.15×10 <sup>7</sup>	TNTC	TNTC
	15℃		5.50±0.50×10 <sup>6</sup>	TNTC	4.70±0.20×10 <sup>7</sup>	TNTC
Cook-chill + HPP	10℃	2.00±0.01×10 <sup>1</sup>	3.00±0.01×10 <sup>1</sup>	ND	1.00±0.10×10 <sup>1</sup>	3.50±0.03×10 <sup>4</sup>
	15℃		ND	3.19±0.03×10 <sup>3</sup>	7.30±0.10×10 <sup>4</sup>	TNTC

당근의 전처리 최적조건은 Table 114. 와 같이 Cook-chill 처리의 경우 70℃에서 20분, Sous-vide 처리의 경우 97℃에서 5분이었으며, 초고압 500 MPa에서 3분 처리 시 저장성 실험 결과는 Cook-chill + HPP 공정을 하였을 때 미생물 증식 제어를 통한 나물 제품 품질 제어에 가장 효과가 좋은 것으로 나타났으며, 이 공정을 통해 당근 제품 개발 시 10℃ 저장온도에서 약 30일 이상의 유통가능 기한을 설정할 수 있을 것으로 기대 된다.

Table 115. 시금치에 대한 전처리 후 초고압 처리 저장성 실험 결과

시료명	저장온도	0일차 (CFU/mL)	3일차 (CFU/mL)	7일차 (CFU/mL)	14일차 (CFU/mL)	30일차 (CFU/mL)
Sous-vide only	10℃	1.02±0.06×10 <sup>4</sup>	9.85±1.15×10 <sup>3</sup>	TNTC	TNTC	TNTC
	15℃		1.10±0.02×10 <sup>6</sup>	TNTC	TNTC	TNTC
Sous-vide + HPP	10℃	1.26±0.04×10 <sup>4</sup>	8.20±0.30×10 <sup>3</sup>	3.70±0.20×10 <sup>5</sup>	7.50±3.50×10 <sup>3</sup>	TNTC
	15℃		6.60±0.30×10 <sup>3</sup>	TNTC	TNTC	TNTC
Cook-chill Only	10℃	7.15±0.15×10 <sup>3</sup>	3.60±0.10×10 <sup>5</sup>	TNTC	TNTC	TNTC
	15℃		3.61±0.03×10 <sup>7</sup>	TNTC	TNTC	TNTC
Cook-chill + HPP	10℃	2.13±0.15×10 <sup>3</sup>	1.23±0.36×10 <sup>3</sup>	8.85±0.05×10 <sup>3</sup>	1.21±0.08×10 <sup>3</sup>	4.80±0.25×10 <sup>4</sup>
	15℃		1.41±0.15×10 <sup>6</sup>	TNTC	TNTC	TNTC

시금치의 전처리 최적조건은 Table 115. 와 같이 Cook-chill 처리의 경우 70℃에서 5분, Sous-vide 처리의 경우 97℃에서 5분이었으며, 초고압 500 MPa에서 3분 처리 시 저장성 실험 결과 Cook-chill + HPP 공정을 하였을 때 미생물 증식 제어를 통한 나물 제품 품질 제어에 가장 효과가 좋은 것으로 나타났으며, 이 공정을 통해 시금치 제품 개발 시 10℃ 저장온도에서 약 14일 이상 30일 미만의

유통가능기한을 설정할 수 있을 것으로 기대 된다.

Table 116. 콩나물에 대한 전처리 후 초고압 처리 저장성 실험 결과

시료명	저장온도	0일차 (CFU/mL)	3일차 (CFU/mL)	7일차 (CFU/mL)	14일차 (CFU/mL)	30일차 (CFU/mL)
Sous-vide only	10℃	ND	ND	$1.00 \pm 0.10 \times 10^2$	$4.15 \pm 0.05 \times 10^5$	TNTC
	15℃		$1.50 \pm 0.50 \times 10^1$	$5.20 \pm 0.20 \times 10^3$	$2.18 \pm 0.03 \times 10^7$	TNTC
Sous-vide + HPP	10℃	ND	ND	ND	$1.00 \pm 0.25 \times 10^1$	$3.63 \pm 0.50 \times 10^4$
	15℃		ND	$1.00 \pm 0.25 \times 10^3$	$3.24 \pm 0.50 \times 10^5$	TNTC
Cook-chill Only	10℃	$8.05 \pm 0.55 \times 10^2$	$2.80 \pm 0.60 \times 10^5$	$2.27 \pm 0.17 \times 10^7$	$8.45 \pm 0.05 \times 10^5$	TNTC
	15℃		$4.38 \pm 0.13 \times 10^6$	TNTC	TNTC	TNTC
Cook-chill + HPP	10℃	ND	$4.25 \pm 1.05 \times 10^2$	$4.90 \pm 0.70 \times 10^3$	$1.62 \pm 0.09 \times 10^4$	$2.84 \pm 0.10 \times 10^6$
	15℃		$2.50 \pm 1.50 \times 10^1$	$9.55 \pm 0.35 \times 10^5$	$1.00 \pm 0.50 \times 10^6$	TNTC

콩나물의 전처리 최적조건은 Table 116. 과 같이 Cook-chill 처리의 경우 70℃에서 5분, Sous-vide 처리의 경우 97℃에서 20분이었으며, 초고압 500MPa에서 3분 처리 시 저장성 실험 결과 Sous-vide + HPP 공정을 하였을 때 미생물 증식 제어를 통한 나물 제품 품질 제어에 가장 효과가 좋은 것으로 나타났으며, 이 공정을 통해 콩나물 제품 개발시 10℃ 저장온도에서 약 30일 이상의 유통가능기한을 설정할 수 있을 것으로 기대 된다.

#### 나. 포장시 충전되는 액의 조성 과 초고압살균에 의한 저장기간의 상관관계

국내 식품규격에 의하면 냉장 제품은 10℃에 대한 저장성을 바탕으로 하지만, 현재 우리나라의 유통 인프라상 한계가 있어 15℃에서의 저장성 실험을 진행하였으며, 나물에 액량을 얼마나 충전하는지에 대한 비교 검토 진행하였다. 샘플은 콩나물, 도라지, 당근, 건표고 버섯, 건고사리, 오이로 선택하 Table 117. 고 미생물 실험을 진행하였으며 일부 샘플은 외관 및 식감 변화를 측정 하여 Table 122.에 나타내었다.



Figure 76. 콩나물, 도라지, 당근 가공 공정

Table 117. 콩나물, 도라지 미생물 실험 결과

초고압 (10°C)	초고 압 전	3일 차	15일 차	21일 차	28일 차	35일 차	42일 차	49일 차	56일 차	63일 차	70일 차	84일 차	91일 차	98일 차	106 일차	113 일차	126 일차
콩나물 1ml	음성	-	음성	음성		음성	음성	-	-	음성	-	-	-	-	음성	-	음성
콩나물 5ml	음성	-	음성	음성		음성	0.5	-	-	음성	-	-	-	-	음성	-	음성
도라지 1ml	음성	-	음성	음성	음성	음성	0.5	0.5	0.5	음성	음성	음성	0.5	음성	2.5	음성	음성
도라지 5ml	음성	-	음성	음성	음성	음성	음성	0.25	0.25	음성	음성	0.25	2	음성	음성	음성	-

Table 118. 당근 미생물 실험 결과

(총진액 1ml)	3일차	9일차	23일차	30일차	44일차	51일차	65일차	72일차	87일차	101일차
초고압 당근 10°C	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
초고압 당근 15°C	음성	음성	음성	음성	음성	음성	10 <sup>1</sup> =0/ 음성	음성	-	음성

콩나물, 도라지, 당근은 0.5%의 소금물을 첨가하여 포장을 진행했다. 첨가액을 각 1ml, 5ml씩 같이 포장했을 때 초고압 살균전의 제품 또한 미생물이 검출되지 않음을 확인할 수 있었다. 도라지와 당근의 경우 저장기간 군이 일부 검출 되었는데 소금물만으로는 균을 완전히 제어할 수 없었음을 확인할 수 있었다.



Figure 77. 건표고버섯 가공 공정

Table 119. 건표고버섯 미생물 실험 결과

초고압	3일차	9일차	23일차	30일차	44일차	51일차	65일차	72일차	86일차	100일차
표고버섯(10°C)	15	10	20	10	60	17.5	12.5	15	12	10
표고버섯(15°C)	17.5	12.5	2.5	70	78	20	25	5	-	-





Figure 78. 건고사리 가공 공정

Table 120. 건고사리 미생물 실험 결과

초고압	3일차	9일차	23일차	30일차	44일차	51일차	65일차	72일차	87일차	101일차	108일차
고사리(10°C)	5	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
고사리(15°C)	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	-	-



Figure 79. 오이 가공 공정

Table 121. 오이 미생물 실험 결과

500MPa, 10분	초고압 전	2일차	7일차	14일차	21일차	28일차	31일차	38일차	50일차	77일 차
초고압 10℃	1.25	0	0.25	0	0	-	0	0	-	0
초고압 15℃	1.25	0	0.5	0.25	0.5	0/TNTC	정상제품:0 갈변제품:10 <sup>4</sup> 이상	0.25	-	-

건포고버섯, 건고사리, 오이는 0.5% 소금물 3ml과 같이 포장을 진행하였다. 건포고버섯은 균이 완벽하게 제어 되지는 않았지만 저장기간 중 균의 큰 증가가 없었음을 확인할 수 있었다. 건고사리와 오이는 대부분 미생물이 검출된 샘플과 검출되지 않은 샘플이 혼합되어 나타났다. 특히 오이의 경우 갈변이 진행된 제품은 10<sup>4</sup> 이상의 미생물 수준을 나타냈다.

Table 122. 고사리, 도라지, 콩나물에 대한 충진액 양 (1, 5ml)에 따른 외관 및 식감 변화

	액 양	외관 및 식감
콩나물	1ml	- 특히 꼬리 부분이 갈색으로 변색, 머리 부분 덜 익음
	5ml	- 색상은 5ml이 더 좋으나, 머리 부분 덜 익음 - 콩나물 머리 색상은 1ml에 비해 노란색
고사리	1ml	- 1ml, 5ml 액양 및 조직감 외관 차이 없음
	5ml	
도라지	1ml	- 외관은 차이가 없으나, 1ml에 비해 5ml이 조직감은 더 좋음
	5ml	

각 액을 충전한 제품들의 식감을 비교해보면 액의 양에 따른 식감의 차이는 크게 나타나지 않았다.

본 실험을 통해 나물과 같이 포장되는 액의 존재에 따라 살균효과가 증대되는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 대상 샘플에 따라 갈변이 발생하고 미생물이 검출되는 샘플이 존재했다. 이런 현상들을 제어하기 위해서는 나물과 같이 충전 되는 액에 산화방지제, 산도조절제등을 활용하고 열탕살균들을 활용하면 저장기간을 연장시킨 제품의 생산이 가능하리라 판단된다. 이러한 방식을 사용하면 초고압 살균방식을 제외하고 제품 가공비를 많이 낮춘 공정의 디자인이 가능하리라 판단된다.

#### 4. 산도조절제와 산화방지제, 데치기와 열탕살균을 통한 나물 가공품의 연구

앞서 언급한 Sous-vide, Cook-chill 방법과 초고압 살균을 병행처리 하는 방법은 기존에 사용되던 살균 방식 대비 유통기한의 연장이 가능한 방법임을 확인하였다. 하지만 유통기한을 1개월 이상 연장하는데 한계가 명확했다.

이를 극복하기 위해 산화방지제, 산도조절제등을 활용하여 유통기한을 연장시킬 수 있는 신공정에 대한 연구가 진행 되었다.

##### 가. 각 공정별 조건 설정

앞에서 언급된 것처럼 나물 원물의 초기 미생물은 일반세균 기준으로  $10^6$ 정도를 나타낸다. 따라서 초반에 이러한 미생물들을 저감화 하는 것이 최종제품의 유통기한 연장에 가장 큰 요소라고 할 수 있다. 초기 생나물에 존재하는 미생물을 제어하기 위해서 데치기 공정을 공정의 제일 앞쪽에서 진행하였다. 데치기 공정은 미생물 저감화 효과 뿐만 아니라 생나물을 부드럽게 만들어 상업적으로 포장을 용이하게 만들 수 있는 효과가 있다. 하지만 데치기 공정은 나물에 대해 일정 수준의 미생물 저감 효과를 줄 수 있으나 바실러스 포자의 살균은 불가능하다. 이는 앞에서 활용한 초고압 살균 및 가열살균으로 극복할 수 없는 문제이다. 따라서 이를 극복하기 위해서 산도조절제를 사용하여 spore가 발아할 수 없는 환경을 만들었다. 여기에서는 젓산을 산도조절제로 사용하였다.

나물들의 저장기간 중 문제가 되는 다른 요소는 바로 갈변이다. 이는 모든 나물에서 공통적

으로 발생하는 것으로 미생물적으로 안전성이 확보되어도 갈변이 일어나면 유통기한을 확보할 수 없다. 따라서 이번 실험에서는 갈변을 방지 위해 sodium ascorbate를 사용하였다.

위와 같은 전처리 공정 등을 거친 나물들은 포장 과정에서 교차오염이 진행될 수 있다. 일반 세균의 교차오염은 제품의 pH 조절 등을 통해 막을 수 있지만 저산성 효모의 경우 교차오염의 원인이 될 수 있다. 따라서 최종단계에서 열탕살균을 진행 할 수 있도록 설계하였다.

1) 기초 공정의 확립

앞에서 설명한 것처럼 본실험에는 데치기, 산도조절제, 항산화제, 포장, 열탕살균등이 기본공정으로 사용되었다.

최초 실험을 위하여 숙주나물을 원재료로 하여 본 실험을 진행하였다. 기본적인 실험 공정은 아래와 같다.



Figure 80. 기초공정도

소금은 나물의 수분을 삼투압을 통해 최대한 제거하여 열탕살균 시 물이 용출되는 것을 방지하고 초기에 발생할 수 있는 미생물을 제어하기 위하여 사용하였다.

첨가물을 모두 제거한 상태에서 최초 설정한 공정에 따라서 데치기→탈수→포장→살균(95℃ 10분, 15분, 20분)의 순으로 진행하였다. 샘플 제조 후 미생물확인 결과 모든 샘플에서 10<sup>1</sup>의 일

반세균이 검출 되었다. 따라서 위의 공정에서 산도조절제, 소금 등이 미생물 안전성에 중요한 요소라 할 수 있다.

Table 123. 산도조절제와 소금을 제외한 공정에서의 최종 미생물 변화

조건		sample 1	sample 2	sample 3
데치기	95℃이상10초	○	○	○
냉각	1회	○	○	○
살균	95℃ 20분	95℃ 10분	95℃ 15분	95℃ 20분
미생물		$3.5 \times 10^1$	$2 \times 10^1$	$2.4 \times 10^1$

① 데치기 시간의 설정

데치기 시간 설정 실험을 진행하였다. 데치기의 시간이 길어질수록 미생물 저감 효과가 좋아지는 것을 확인할 수 있지만 상대적으로 최종제품의 식감이 떨어지게 된다. 본 공정의 경우 마지막 단계에 열탕 살균이 들어가기 때문에 데치기 시간을 최대한 짧게 가지고 가는 것이 필요하다.

따라서 데치기 온도는 95℃로 설정한 상태에서 처리 시간에 따른 미생물 및 식감의 변화를 관찰하였다. 숙주나물을 대상으로 실험이 진행되었다.

숙주나물을 준비한 후 흐르는 물에 세척한 후 데치기 시간을 10초, 30초, 60초로 나눈 뒤 일반세균을 측정하고 각 데치기 시간별 조직감을 확인하였다.

Table 124. 데치기 조건 별 미생물 변화

( ) : <i>Bacillus</i>	
일반세균	
세척 전	$1.22 \times 10^7$ ( $2.25 \times 10^6$ )
세척 후	$3.45 \times 10^6$ ( $9.5 \times 10^5$ )
데치기 10초	$2.75 \times 10^2$ ( $1 \times 10^1$ )
데치기 30초	$3.5 \times 10^1$ (음성)
데치기 60초	$1.25 \times 10^2$ ( $1 \times 10^1$ )

숙주나물의 세척 전후를 보면 Table 124.와 같이 미생물이 1 log 만큼 감소함을 확인 할 수 있었다. 데치기 시간에 따라서 데치기 30초가 가장 미생물 살균 효과가 좋게 나타났고 60초 데치기의 경우 30초 대비 1log 높게 나타남을 확인할 수 있었다. 데치기 조건별로 1 log 수준의 차이가 나타났는데 세척 후 미생물 수준 대비 4~5log 정도 감소되는 경향을 나타냈다. 본 결과를 바탕으로 95℃의 온도조건에서 데치기 시간차이가 미생물 사멸에 주는 영향이 적었음을 확인할 수 있었다.

조직감은 데치기 10초나 30초의 경우 큰 차이가 없었지만 60초의 경우 앞의 두 조건보다 조직감이 물러지는 것을 확인할 수 있었다.

대량 생산을 위해서는 짧은 시간에 공정이 이뤄지는 것이 효율적이다. 본 실험을 바탕으로 최종적으로 95℃에서 10초로 데치기 시간을 설정하였다.

## ② 공정 factor별 test

항산화제 농도가 제품의 갈변방지에 어느 정도의 영향을 미치는지에 대하여 확인하였다. 기초공정에서 항산화제 농도를 달리하여 실험을 진행하였다. 항산화제를 무첨가군, 0.1%첨가군, 0.2%첨가군으로 나눈 뒤 제품을 제조하였고 10℃, 25℃, 38℃에서 저장성 test를 진행하였다.



<저장 1일차>

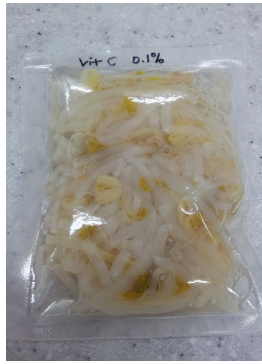


<저장 2일차>



<저장 3일차>

Figure 81A. Sodium ascorbate 무첨가군 38℃ 저장 샘플



<저장 1일차>



<저장 3일차>



<저장 7일차>

Figure 81B. Sodium ascorbate 0.1% 첨가균 38°C 저장 샘플



<저장 1일차>



<저장 10일차>



<저장 20일차>

Figure 81C. Sodium ascorbate 0.2% 첨가균 38°C 저장 샘플

그 결과 항산화제 0.2% 첨가균은 38°C에서 저장 3주까지 안정성을 나타냈으나 0.1% 첨가균은 38°C에서 1주간의 안정성을 나타냈다. 무첨가균은 38°C저장시 2일 안에 갈변현상이 발생하였다. 본 결과를 통해 항산화제의 첨가가 본 공정에서 필수 조건임을 확인 할 수 있었다. 항산화제를 0.2%가량 첨가하면 항산화제에 의해 제품이 제조 직후 노랗게 변하는 것을 확인할 수 있었다. 본 결과에 따라 항산화제 농도를 0.1%로 설정하였다.

Table 125. 공정단계별 조건 설정

	조건	sample 1	sample 2	sample 3	sample 4	sample 5	sample 6	sample 7
데치기	95°C이상 10초	○	○	○	○	○	○	○
냉각	2회	○	○	○	○	○	○	○
재제염	0.7%	○	○	○	○	○	○	○
산도조절제	0.8%	○	×	○	○	○	×	×
sodium ascorbate	0.1%	○	○	○	×	○	×	○
살균	95°C 20분	○	○	○	○	×	○	○
포장 후 용액 pH		3.68	6.50	3.70	3.53	3.70	6.48	6.55
미생물		음성	2×10 <sup>1</sup>	음성	음성	음성	1×10 <sup>1</sup>	3×10 <sup>1</sup>

공정 단계에 따른 각 factor별 실험을 진행하였다. 각 공정에 따라 첨가제 유무, 최종 살균의 유무에 대한 미생물 분석을 진행하였다. 산도조절제의 경우 유무에 따라 포장 후 용액의 pH에 큰 영향을 미치는데 결과에서 확인한 것처럼 이는 미생물 안전성에도 많은 영향을 준다. 산도조절제 첨가군이 미생물적으로 안전하다는 것을 확인할 수 있었다.

③ 항산화제 병행처리 test

비타민 E는 지용성 비타민으로 세포막을 유지시키는 역할을 하며 항산화 물질로 활성산소를 무력화시킨다. 즉 비타민 E는 세포막의 불포화지방산 사이에 존재하면서 불포화지방산의 과산화 작용이 진전되는 것을 막는 항산화제(antioxidant)로 작용한다. 항산화제 이론에 의하면 비타민 E는 세포막과 다른 세포 안의 작은 구조물(미토콘드리아, 마이크로솜, 리소솜 등)을 둘러싸고 있는 막에 모여 있으면서 막의 주요 구성 물질인 인지질이나 콜레스테롤과 접촉하게 된다.

선행 실험에서 Sodium ascorbate의 농도를 0.1%까지 사용했을 때 38°C에서 1주일간 저장이 가능했으며 0.2%까지 사용할 경우 3주까지 저장이 가능하나 샘플의 제조단계부터 노란색을 진하게 보여 상품성이 떨어진다는 것을 확인할 수 있었다. 이를 극복하기 위해 항산화 효과가 있는 비타민 E를 병행처리 하는 실험을 진행하였다.

Table 126. Sodium ascorbate와 비타민 E 병행처리 test

	조건	sample 1	sample 2	sample 3	sample 4	sample 5
데치기	95°C이상10초	○	○	○	○	○
냉각	2회	○	○	○	○	○
재제염	0.7%	○	○	○	○	○
산도조절제	0.8%	○	○	○	○	○
유화제	0.7%	○	○	○	○	○
비타민 E		X	0.1%	0.1%	0.2%	X
sodium ascorbate		0.1%	X	0.1%	X	0.2%
살균	95°C 20분	○	○	○	○	○
완제품 pH		3.97	3.84	3.88	3.81	3.97

기본 공정에 따라 샘플을 제조하였으며 비타민 E를 추가하는 실험을 진행하였다. 총 다섯 가지의 샘플을 제조하였다. 각 샘플별 sodium ascorbate와 비타민 E의 첨가량을 조절하였으며 25°C와 35°C에 저장이 진행되었으며 갈변반응에 정확한 영향을 판단하기 위해 광원을 완전 차단한 채로 실험을 진행하였다.

Sample 2와 sample 4번은 25°C에서 저장 시 2일 후부터 갈변이 발생되었으며 35°C 저장 시 하루 만에 갈변이 발생하기 시작했다. Sample 1, 3번은 25°C 저장 시 일주일 후 갈변이 진행되었다. 따라서 비타민 E는 갈변반응에 큰 영향을 주는 요소가 아님을 확인할 수 있었다.



④ 살균온도 및 시간 설정 TEST

최초 공정에서 마지막 단계의 열탕 살균온도를 95℃ 20분의 조건으로 설정하였다. 95℃의 조건은 실제 조리과 비슷한 조건의 온도이며 최종 제품의 조직감이 물러지는 현상을 발생시켰다. 따라서 제품의 최종 품질 및 살균에 적합한 최적의 살균온도 및 시간을 setting하기 위해서 살균온도 및 시간 조절 test를 진행하였다.

Table 127. 살균온도 설정 TEST

	조건	sample 1	sample 2	sample 3	sample 4
데치기	95℃ 이상 10초	○	○	○	○
냉각	2회	○	○	○	○
재제염(자염)	0.7%	○	○	○	○
산도조절제	0.8%	○	○	○	○
sodium ascorbate	0.1%	○	○	○	○
살균	95℃ 20분	85℃ 20분	95℃ 10분	95℃ 15분	95℃ 20분
포장후액pH		3.95	3.96	4.02	4.05
미생물		음성	음성	음성	음성

총 네가지 조건 (85℃ 20분, 95℃ 10분, 95℃ 15분, 95℃ 20분)의 살균 test가 진행되었다. 모든 조건에서 일반세균, 진균류를 분석한 결과 미생물 음성의 결과가 나타났다. 95℃의 온도조건에서 살균을 진행할 경우 온도에 의해 최종 제품의 조직감이 물러지는 현상이 발생했으며 이수현상도 많이 발생해서 제품의 최종 품질이 낮아지는 것을 확인 할 수 있었다. 85℃ 20분 살균시에는 조직감이 살균 전 대비 양호하였으며 이수현상도 발생하지 않았다. 대량 생산 공정 중에는 다량의 제품이 동시에 살균공정에 들어간다. 따라서 어느 정도 일정시간의 살균시간을 확보해야 탕내 중심부에 위치한 샘플이 살균 온도에 도달할 수 있다. 이를 위하여 공정시간을 20분으로 고정하였다.

⑤ 산도조절제 농도별 TEST

산도조절제의 함량이 높을수록 최종 제품의 신맛이 전체적으로 부정적인 영향을 줄 수 있다. 나물과 같이 별첨되는 소스에 중화제를 배합하여 이를 상쇄할 수 있으나 나물 제품에서 산도조절제 함량을 조절하여 산도를 조절하는 것이 가장 바람직하다고 할 수 있다.

이를 검증하기 위하여 산도조절제 농도를 조절하는 실험을 진행하였다.

Table 128. 산도조절제 농도설정 TEST

	조건	sample 1	sample 2	sample 3	sample 4
데치기	95℃ 이상 10초	○	○	○	○
냉각	2회	○	○	○	○
재제염	0.7%	○	○	○	○
산도조절제		0.4%	0.6%	0.8%	1.0%
sodium ascorbate	0.1%	○	○	○	○
살균	85℃ 20분	○	○	○	○
포장후pH		4.64	4.05	3.95	3.8
미생물		$4 \times 10^1$	음성	음성	음성

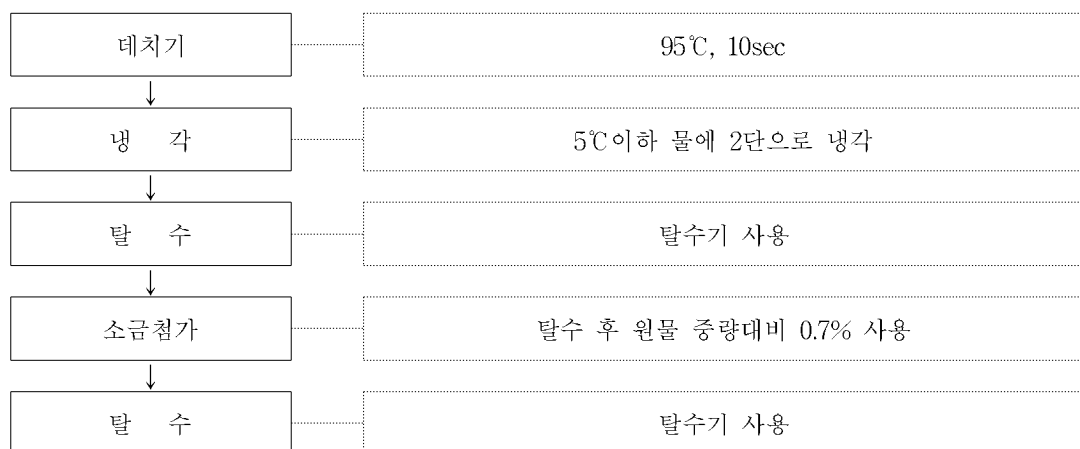
최소 설정된 공정을 따라 샘플을 제조하고 산도조절제의 농도만 0.4~1.0%로 조절하였다. 0.4%에서 pH가 4.64를 나타냈으며 0.6%는 4.05, 0.8%는 3.95, 1.0%는 3.8을 나타냈다. 이때 미생물 결과를 확인하면 산도조절제 0.4% 첨가시에는  $4 \times 10^1$ 의 미생물이 검출되었으며 0.6%~1.0% 사이에서는 미생물이 검출되지 않았다.

산도조절제 0.6%가 제품에 사용할 수 있는 최저 농도로 확인하였으며 0.6%를 본 공정의 산도조절제 농도로 확정하였다.

#### 나. 공정 최적화

제품을 생산함에 있어서 많은 공정은 생산비의 증감 및 생산수율의 감소, 그리고 생산시간의 연장 등 비효율적인 결과를 초래한다. 따라서 본 실험에서는 공정을 최적화 시키는 방안을 연구했다.

최초 선정된 기본공정을 보면 데치기, 탈수, 소금절임을 통한 미생물 저해 및 수분 제거 공정, 그리고 다시 탈수로 이어지는 공정으로 구성되어 있었다. (Figure 82.)



두 번의 탈수 공정은 앞에서 언급한 것처럼 공정상의 비효율을 초래하고 무균공정이 아닌 곳에

서 이뤄지는 두 번의 탈수과정은 미생물의 교차오염을 일으킬 수 있는 요인이 될 수 있다. 위의 공정에서 소금첨가 공정을 제외하고 제품을 만든 뒤 일반세균 분석을 진행하면  $10^1 \sim 10^2$  수준의 미생물이 검출됨을 확인 할 수 있었다. 따라서 초기 단계에 소금의 첨가 과정은 탈수뿐 만 아니라 공정 초기의 미생물 저감을 위한 필수 공정이라고 할 수 있다.

이러한 공정을 효율화하기 위해서 데치기 공정에 염수를 사용하여 공정 중에 두 번 이뤄지는 탈수과정을 한번으로 줄였다.

조건의 적정 조건을 설정하기 위해 95℃로 설정된 물에 소금을 첨가하여 각각 2%, 3%로 농도를 맞추고 10초간 데치기를 진행한 후 숙주나물의 일반세균 수준을 확인하였다.

Table 129. 데치기 공정 시 염농도에 따른 미생물의 변화

( ) : <i>Bacillus</i>	
일반세균	
95℃ 데치기 10초, 염농도 0%	$2.75 \times 10^2$ ( $1 \times 10^1$ )
95℃ 데치기 10초, 염농도 2%	$2.5 \times 10^2$ ( $1 \times 10^1$ )
95℃ 데치기 10초, 염농도 3%	$5 \times 10$ (음성)

염농도 0%, 2%에서 데치기를 진행할 경우 두 시료간의 차이는 크게 없었으나 염농도를 3%로 조정할 경우 앞의 두 가지 조건 대비 2 log 정도의 감소 효과를 확인할 수 있었다. 본 결과에 따라 데치기의 조건을 95℃, 10초, 염농도 3%로 최종 확정하였다.

## 제 5 장 산업화 공정 개발

### 1. 고품질 구현을 위한 최적 프로토콜 확립

#### 가. 나물 완조미와 초고압 살균의 병행처리

##### 1) 전통나물의 조리법

전문 요리사의 도움을 받아 비빔밥에 잘 어울릴 수 있는 나물의 조리법을 확보하였으며 자세한 방법은 아래 Table 130에 나타내었다.

Table 130. 비빔밥용 주요나물 쉼프 레시피





	<p>재료손질 _ 건고사리는 찬물에 불려 냄비에 넣고 끓인다 (건고사리 150g → 불린 고사리 약 930g) 끓어 오르면 불에서 내려 상온에서 3시간 정도 식힌다 식은 고사리는 찬물에 헹군 후 먹기 좋은 크기로 자른다</p> <p>재료 _ 데친 고사리 200g, 식용유 5g, 참기름 5g, 간마늘 5g, 다시다 2g, 소금 1g</p> <p>⇒ 프라이팬에 식용유를 두르고 중불에 고사리를 넣고 볶는다 5분간 볶다가 참기름, 간마늘을 넣고 다시다, 소금으로 간한다</p>
	<p>재료손질 _ 흙당근은 표면의 흙을 씻어낸 후 야채 필러로 표면을 깎아낸다. 준비한 당근은 칼이나 채칼로 3mm x 3mm 로 썰어서 준비한다.</p> <p>재료 _ 채 썬 당근 200g, 소금 3g, 식용유 20g</p> <p>⇒ 채 썬 당근 200g에 소금 3g을 넣어 버무린 후 1시간 정도 절인다 1시간 후 당근에 생긴 물기를 제거하고 기름 두른 팬에 약불에서 8~10분간 볶는다</p>
	<p>재료손질 _ 끓는 물에 소금 약간을 넣고 시금치를 30초 정도 데친 후 체에 받친 후 찬물에 식혀 물기를 최대한 제거한다 마늘은 칼등이로 으깨어 즙을 내어 준다</p> <p>재료 _ 데친 시금치 150g, 마늘즙 2g, 소금 1g, 참기름 2g</p> <p>⇒ 불에 데친 시금치를 담고 소금, 마늘즙, 참기름을 넣고 간이 잘 베이도록 손으로 주무르듯 버무린다</p>
	<p>재료손질 _ 냄비에 물을 2/3 정도 붓고 물을 끓인다. 물이 끓으면 소금 약간과 콩나물을 넣고 뚜껑을 연상태로 5분간 끓인다 데친 콩나물은 체에 받쳐 찬물로 식힌 후 물기를 빼준다</p> <p>재료 _ 데친 콩나물 300g, 참기름 10g, 소금 2g, 다시다 2g 깨소금 5g</p> <p>⇒ 불에 데친 콩나물을 넣고 참기름, 소금, 다시다, 깨소금 순으로 차례로 넣어 무쳐준다.</p>

Table 130에 나온 공정을 통해 나물을 조리한 후 포장하여 Sous-vidé 살균 처리 후 초고압 처리를 하는 공정을 활용하였다.

① 최적 열처리 조건 설정 실험

포장 시 교차오염에 따른 변수를 사전에 제어하여 조리된 나물과 포장에 적합한 최적 열탕 살균 조건을 알아보기 위해 포장 후 열탕살균을 하는 방법인 Sous-vidé 살균 처리를 적용 하였으며, 미생물과 관능을 통한 품질 및 안정성을 평가하여 Sous-vidé 처리 시 완조미 나물 최적 열탕 조건을 설정한 실험 결과는 아래 Table 131.에 나타내었다.

Table 131. 완조미 나물 최적 열탕 조건 설정 실험 결과

		3분	5분	10분	15분	20분	30분
 고사리	미생물 (CFU/mL)	-	3.00±2.00X10 <sup>1</sup>	1.50±0.50X10 <sup>1</sup>	-	ND	ND
	관능	-	썩는 조직감이 단단하고 질기며 고사리 비린내가 남	썩는 조직감이 단단하며 질감	-	썩는 조직감이 연해짐	텃텃한 맛이 느껴짐
 당근	미생물 (CFU/mL)	-	ND	ND	-	ND	-
	관능	-	아삭함과 색이 유지됨	식감이 무너지기 시작함	-	식감이 완전히 무너졌으며 탈색현상 발생	-
 시금치	미생물 (CFU/mL)	8.45±1.15X10 <sup>2</sup>	1.09±0.07X10 <sup>2</sup>	7.15±0.55X10 <sup>2</sup>	-	-	-
	관능	식감이 유지됨	식감이 무너지기 시작함	식감이 완전히 무너지짐	-	-	-
 콩나물	미생물 (CFU/mL)	-	-	3.00±1.00X10 <sup>1</sup>	ND	ND	ND
	관능	-	-	색상 및 썩는 조직감이 유지됨	색상 및 썩는 조직감이 유지됨	색상 및 썩는 조직감이 유지됨	썩는 조직감이 무너지기 시작함

비빔밥 주요 나물에 양념 및 적절한 조리를 가한 완조미 나물에 Sous-vidé 방법 적용을 통해 미생물과 관능적인 측면에서 관찰해 본 결과, 95℃ 열탕에서의 Sous-vidé 방법으로 각각 고사리 20분, 당근 10분, 시금치 5분, 콩나물 20분간 처리를 하는 조건이 나물의 맛품질과 미생물 제어에 가장 적절한 것으로 파악 되었다. Table 131.에서의 설정된 결과를 바탕으로 각 완조미 나물에 Sous-vidé 후 초고압 살균을 적용하여 호기균과 혐기균 미생물 증식을 파악하여 미생물적 유통기한을 관찰하였으며, 그 결과는 아래 Table 104. 에 나타내었다.

Table 132. 완조미 나물 호기균 10℃, 15℃ 저장성 실험 결과

시료명	저장온도	0일차 (CFU/mL)	3일차 (CFU/mL)	7일차 (CFU/mL)	14일차 (CFU/mL)
고사리 Control	10℃	2.85±0.95X10 <sup>3</sup>	2.15±0.15X10 <sup>3</sup>	2.00±0.04X10 <sup>3</sup>	7.10±0.20X10 <sup>4</sup>
	15℃		2.85±0.95X10 <sup>4</sup>	TNTC	TNTC
고사리 HPP	10℃	3.00±1.00X10 <sup>1</sup>	1.77±0.46X10 <sup>4</sup>	4.00±3.00X10 <sup>3</sup>	1.50±0.50X10 <sup>2</sup>
	15℃		2.00±1.00X10 <sup>1</sup>	2.00±1.00X10 <sup>1</sup>	3.25±0.05X10 <sup>3</sup>
당근 Control	10℃	3.12±0.88X10 <sup>3</sup>	3.00±1.00X10 <sup>2</sup>	3.00±1.00X10 <sup>2</sup>	8.50±0.50X10 <sup>2</sup>
	15℃		1.15±0.09X10 <sup>4</sup>	1.05±0.15X10 <sup>4</sup>	3.80±0.10X10 <sup>5</sup>
당근 HPP	10℃	2.00±1.00X10 <sup>1</sup>	4.25±0.25X10 <sup>3</sup>	3.50±1.50X10 <sup>3</sup>	1.00±0.02X10 <sup>2</sup>
	15℃		1.50±0.50X10 <sup>1</sup>	1.50±0.50X10 <sup>1</sup>	1.40±0.20X10 <sup>1</sup>
시금치 Control	10℃	1.58±0.40X10 <sup>3</sup>	5.65±0.75X10 <sup>3</sup>	2.42±0.09X10 <sup>5</sup>	6.00±0.90X10 <sup>5</sup>
	15℃		4.05±0.05X10 <sup>5</sup>	4.60±0.50X10 <sup>6</sup>	9.50±0.50X10 <sup>5</sup>
시금치 HPP	10℃	ND	1.08±0.93X10 <sup>3</sup>	1.08±0.93X10 <sup>3</sup>	1.08±0.93X10 <sup>3</sup>
	15℃		8.05±0.05X10 <sup>3</sup>	8.05±0.05X10 <sup>3</sup>	8.05±0.05X10 <sup>3</sup>
콩나물 Control	10℃	2.60±0.20X10 <sup>3</sup>	5.25±0.25X10 <sup>3</sup>	2.41±0.84X10 <sup>5</sup>	1.28±0.54X10 <sup>7</sup>
	15℃		4.05±0.05X10 <sup>5</sup>	TNTC	TNTC
콩나물 HPP	10℃	ND	2.49±1.92X10 <sup>3</sup>	2.00±1.00X10 <sup>3</sup>	3.00±0.02X10 <sup>2</sup>
	15℃		5.24±0.21X10 <sup>5</sup>	5.65±2.25X10 <sup>6</sup>	3.70±0.30X10 <sup>7</sup>

초고압 처리를 하지 않고 Sous-vide 처리만 하였을 때, 시금치와 콩나물의 미생물적 유통기한은 3~5일로 나타났으며, 고사리와 당근은 그 이상인 것으로 나타난 결과를 보아, 완조미 형태의 나물들의 초기균수는 그렇지 않았을 때보다 10<sup>1</sup> ~ 10<sup>3</sup> CFU/mL 정도 낮았으며 저장 중 미생물 증식 또한 느리게 나타났다.

비빔밥 제품에 적용할 될 수 있도록 양념 및 조리가 된 고사리, 당근, 시금치, 콩나물에 각 최적의 Sous-vide조건으로 전처리를 한 후 500MPa에서 3분간 초고압을 적용하였을 때 각 나물의 저장 중 미생물을 파악하여 본 결과, 초고압 처리는 Sous-vide 처리만 한 샘플에 비해 초기 균수가 약 10<sup>2</sup> ~ 10<sup>3</sup> CFU/mL 정도 감균되는 효과를 보였으며 초고압 처리까지 하였을 경우 실험되어진 비빔밥 주요 4종 나물의 미생물적 유통기한이 14일 이상 지속됨을 볼 수 있었다.

Table 133. 완조미 나물 혐기균 10℃, 15℃ 저장성 실험 결과

시료명	저장온도	0일차 (CFU/mL)	3일차 (CFU/mL)	7일차 (CFU/mL)	14일차 (CFU/mL)
고사리 Control	10°C	1.07±0.09X10 <sup>3</sup>	1.55±0.25X10 <sup>3</sup>	1.55±0.25X10 <sup>3</sup>	5.40±0.30X10 <sup>4</sup>
	15°C		1.07±0.09X10 <sup>3</sup>	TNTC	TNTC
고사리 HPP	10°C	ND	1.37±0.29X10 <sup>4</sup>	1.00±0.07X10 <sup>3</sup>	1.00±0.12X10 <sup>3</sup>
	15°C		ND	2.00±1.00X10 <sup>2</sup>	3.25±0.30X10 <sup>4</sup>
당근 Control	10°C	1.66±0.03X10 <sup>3</sup>	2.50±0.50X10 <sup>2</sup>	1.00±0.10X10 <sup>3</sup>	1.20±0.30X10 <sup>3</sup>
	15°C		3.50±1.50X10 <sup>2</sup>	3.50±1.50X10 <sup>2</sup>	1.52±0.36X10 <sup>5</sup>
당근 HPP	10°C	ND	4.30±0.30X10 <sup>3</sup>	1.00±0.50X10 <sup>3</sup>	1.00±0.20X10 <sup>3</sup>
	15°C		ND	1.00±0.20X10 <sup>1</sup>	1.00±0.60X10 <sup>1</sup>
시금치 Control	10°C	3.00±0.10X10 <sup>2</sup>	3.00±0.40X10 <sup>3</sup>	7.55±0.25X10 <sup>4</sup>	4.30±0.60X10 <sup>5</sup>
	15°C		4.00±0.20X10 <sup>5</sup>	4.60±0.80X10 <sup>6</sup>	1.50±0.40X10 <sup>6</sup>
시금치 HPP	10°C	1.00±0.05X10 <sup>1</sup>	1.50±0.50X10 <sup>1</sup>	1.05±0.35X10 <sup>3</sup>	1.05±0.35X10 <sup>3</sup>
	15°C		1.00±0.10X10 <sup>4</sup>	1.00±0.10X10 <sup>3</sup>	1.00±0.10X10 <sup>2</sup>
콩나물 Control	10°C	1.23±0.21X10 <sup>3</sup>	1.75±0.45X10 <sup>3</sup>	5.75±1.05X10 <sup>4</sup>	1.79±0.255X10 <sup>7</sup>
	15°C		1.68±0.24X10 <sup>4</sup>	3.54±0.14X10 <sup>7</sup>	TNTC
콩나물 HPP	10°C	ND	3.50±0.10X10 <sup>1</sup>	5.00±0.15X10 <sup>3</sup>	5.00±0.40X10 <sup>3</sup>
	15°C		1.20±0.50X10 <sup>4</sup>	3.50±0.50X10 <sup>6</sup>	3.90±0.50X10 <sup>7</sup>

완조미 된 나물에 대하여 최적의 Sous-vide조건으로 전처리된 후 500MPa에서 3분간 초고압을 적용하였을 때 저장 중 증식한 미생물의 혐기균을 파악하기 위하여 저장성 실험을 진행하여 본 결과, 완조미 나물에 존재하여 나물의 품질저하에 원인이 되는 균은 호기성 미생물의 비율은 낮았으며 혐기성 혹은 통기성 미생물임을 완조미 나물 혐기균 실험을 통하여 알 수 있었다.

## ② 초고압을 활용한 최적공정

초고압을 활용한 공정은 완조미→Sous-vide→초고압 살균순으로 진행이 되어야함을 앞의 실험에서 확인할 수 있었다. 나물마다 세부 공정에 있어 살균 시간 등의 차이는 있지만 최종공정은 세척→완조미→포장→냉각→Sous-vide→초고압 순으로 구성을 하였다.(Figure 83)



Figure 83 초고압을 활용한 나물 가공의 최종 공정도



Figure 84 완조미→Sous-vide→초고압 살균 제품 예시

Figure 83의 최종 공정도에 따라 생산한 콩나물, 고사리, 당근, 시금치의 유통기한은 Table 134와 Table 135의 호기성 혐기성균 분석을 확인하면 파악할 수 있다. 고사리 1주, 당근 2주, 시금치 2주, 콩나물 3일의 저장성을 보였다. 위의 방법을 따르면 고사리, 당근, 시금치의 경우 1주 이상의 제품을 만들 수 있지만 콩나물은 이에 크게 못 미치는 저장기간을 나타냈다.

#### 나. 산도조절제 및 산화방지제, 열탕살균을 병행 처리한 최적공정

앞에서 확인한 것처럼 완조미 Sous-vide, 초고압 공정을 병행처리 할 경우 기존에 유통되고 있던 비빔밥 및 나물가공품의 유통기한을 1~2일에서 7일 정도까지 연장할 수 있음을 확인 할 수 있었다. 하지만 콩나물의 경우 3일 이상의 유통기한을 확보하는데 한계가 있었다. 미생물은 pH를 낮추면 저해가 가능하고 갈변은 산화방지제를 사용하면 저해할 수 있음을 앞의 연구에서 확인할 수 있었다.

산화방지제로 Sodium ascorbate를 사용하고 산도조절제로 젯산을 사용했다. 앞의 연구에서 test 하여 적정 농도를 설정했고 이를 활용한 공정을 확립했다.(Figure 85)





Figure 85 산도조절제와 산화방지제를 사용한 나물의 가공

최종정은 figure에 나타난 것과 같다. 본 공정을 바탕으로 숙주, 콩나물, 숙주와 고구마순의 혼합품 등 총 세가지의 제품을 만들었다.

① 숙주를 이용한 제품의 생산

Figure에 나타난 공정을 통하여 숙주를 이용한 가공나물을 제조하고 저장기간 동안의 미생물 저장성 변화를 test 하였다.

제조공정은 아래와 같다.

- 숙주를 물에 5도 이하의 물에 잘 세척한다.
- 95°C의 온도의 열수에 10초간 데치기를 실시한다. 이때 3%의 소금물을 사용하며 소금을 꽃소금을 사용한다.
- 5°C 이하의 물에 냉각한다. 냉각은 2단으로 진행한다.  
(1차로 5도 이하의 냉각수에 담근 후 바로 옆으로 이동시켜 다시 5도 이하의 냉각수에 침지. 최초 침지 시 냉각수의 온도가 올라가기 때문에 새로운 냉각수로 이동시켜 2단으로 냉각 시킨다.)
- 자연탈수를 진행하며 이때 실내온도는 20°C 이내로 유지 한다.
- 자연탈수 후 Sodium ascorbate, 젖산을 섞어준다.  
(탈수 후 무게대비 0.1%로 sodium ascorbate를, 0.6%로 젖산을 섞어준다.)
- 용도에 맞는 단위로 포장을 하며 이때 포장지는 PE 재질의 투명한 파우치를 사용하고 최대한 탈기한다.

- 85℃에서 20분간 열탕살균을 진행한다.
- 살균 후 냉각을 진행한다.

상기 공정으로 숙주나물 제품을 제조한 뒤 10℃, 15℃에 저장하면서 미생물 안전성 TEST를 진행하였다. 미생물은 일반세균과 진균류에 대한 안전성을 확인하였고 저장 기간 중의 pH 및 외관의 변화를 확인하였다.

Table 134. 산도조절제와 산화방지제를 활용한 가공 숙주나물의 유통기한

		0일차	7일차	14일차	23일차	30일차	37일차	51일차	64일차	79일차
10℃	일반세균	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
	진균	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
	pH	4.21	4.20	4.15	4.02	4.1	4.06	4.15	4.18	4.17
	외관	양호	양호	양호	양호	양호	양호	양호	양호	양호
15℃	일반세균	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
	진균	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
	pH	4.21	4.18	4.16	4.01	4.12	4.1	4.05	4.08	4.03
	외관	양호	양호	양호	양호	양호	양호	양호	양호	양호

저장 79일차까지 미생물은 검출되지 않았으며 외관 및 pH 변화 또한 양호함을 확인할 수 있었으며 관능적으로 식감이 양호함을 확인할 수 있었다.

콩나물 또한 숙주와 같은 방법으로 제품을 생산할 수 있다.



<콩나물>

<숙주>

Figure 86 산도조절제와 산화방지제를 활용한 가공 콩나물과 숙주

## ② 다양한 혼합 나물 가공품 개발

비빔밥에 들어가는 나물이 숙주 단품뿐 아니라 다양한 채소가 추가될 수 있다. 본 실험에서는 숙주와 고구마순이 혼합되어 있는 제품을 제조하여 냉장 저장기간 중 미생물 안전성, pH의 변화, 외관의 변화 등을 확인하였다.

시중에 유통되고 있는 고구마순은 건조형태가 대부분이다. 따라서 대량생산 공정에서는 고구마순을 불리는 공정이 반드시 포함되어야 한다.

고구마순을 불릴시에는 통상적으로 열수 또는 온수를 이용하여 장시간 동안 불리는 작업을 진행한다. 하지만 본 공정의 후반부에 열탕살균 방식이 포함되는 등 열이 가해지는 공정이 포

함되어 있으므로 불리는 과정에서는 열이 가해지는 공정을 제외하기로 했다. 숙주를 데칠 때와 같은 3% 염도의 물을 이용해서 1시간동안 불리는 과정을 선택했다. 고구마순을 불리는 공정까지 포함된 최종공정은 아래와 같다.

- 숙주를 물에 5도 이하의 물에 잘 세척한다.
- 95℃의 온도의 열수에 10초간 데치기를 실시한다. 이때 3%의 소금물을 사용하며 소금을 꽃소금을 사용한다.
- 5℃ 이하의 물에 냉각한다. 냉각은 2단으로 진행한다.  
(1차로 5도 이하의 냉각수에 담근 후 바로 옆으로 이동시켜 다시 5도 이하의 냉각수에 침지. 최초 침지 시 냉각수의 온도가 올라가기 때문에 새로운 냉각수로 이동시켜 2단으로 냉각 시킨다.)
- 자연탈수를 진행하며 이때 실내온도는 20℃ 이내로 유지 한다.
- 건조 고구마순을 1시간 동안 3%의 소금물에 불린다.
- 불린 고구마순의 자연탈수를 진행하며 이때 실내온도는 20℃ 이내로 유지 한다.
- 전처리가 끝난 숙주와 고구마순을 7:3의 비율로 섞어준다.
- 자연탈수 후 Sodium ascorbate, 젖산을 섞어준다.  
(탈수 후 무게대비 0.1%로 sodium ascorbate를, 0.6%로 젖산을 섞어준다.
- 용도에 맞는 단위로 포장을 하며 이때 포장지는 PE 재질의 투명한 파우치를 사용하고 최대한 탈기한다.
- 85℃에서 20분간 열탕살균을 진행한다.
- 살균 후 냉각을 진행한다.

상기 공정으로 숙주나물 제품을 제조한 뒤 10℃, 15℃에 저장하면서 미생물 안전성 TEST를 진행하였다. 미생물은 일반세균과 진균류에 대한 안전성을 확인하였고 저장 기간 중의 pH 및 외관의 변화를 확인하였다.

Table 135 산도조절제와 산화방지제를 활용한 가공 숙주나물과 고구마순 혼합품의 유통기한

		0일차	7일차	14일차	21일차	28일차	42일차	56일차	70일차
10℃	일반세균	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
	진균	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
	pH	4.23	4.22	4.1	4.2	4.2	4.3	4.22	4.18
	외관	양호	양호	양호	양호	양호	양호	양호	양호
15℃	일반세균	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
	진균	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성	음성
	pH	4.23	4.23	4.2	4.18	4.25	4.2	4.26	4.2
	외관	양호	양호	양호	양호	양호	양호	양호	양호

저장 70일차까지 미생물은 검출되지 않았으며 외관 및 pH 변화 또한 양호함을 확인할 수 있었으며 관능적으로 식감이 양호함을 확인할 수 있었다.

본 연구를 바탕으로 다양한 가공나물 제품을 구성해왔다. 비빔밥에 많이 들어가는 숙주, 콩나물, 표고버섯, 고구마순 등을 대상으로 했다. 열채류는 본 가공방법을 따르면 산화방지제를 사용해도 후살균 공정에서 85℃ 20분간 장기간 노출이 되기 때문에 후살균 직후 갈변이 발생해 본 생산방식에는 적합하지 않았다.

숙주와 고구마순, 콩나물과 고구마순, 표고버섯과 숙주 그리고 고구마순의 혼합품 등 총 3종을 만들어 냈다.(Figure 87)



<숙주7:고구마순3> <콩나물7:고구마순3> <표고버섯4:숙주4:고구마순2>

Figure 87. 산도조절제와 산화방지제를 활용한 다양한 혼합 가공나물

본 연구에서는 산도조절제와 산화방지제 그리고 데치기와 열탕살균을 병행처리 하여 냉장 유통기한 두 달 이상의 조직감이 살아있는 나물 가공품을 개발 할 수 있었다. 제품의 pH가 낮아서 신맛이 느껴질 수 있지만 이는 같이 첨부되는 소스에 중화제를 사용하여 전체 제품의 pH를 보정할 수 있다. 본 공정을 이용하면 숙주, 고구마순 뿐 아니라 다양한 형태의 제품들의 생산이 가능하다.

콩나물, 표고버섯 등 다양한 비빔밥용 나물의 생산이 가능하며 용도 등을 고려해 여러 가지 나물의 조합과 포장의 크기 조절이 가능하다. 비빔밥 뿐 아님 냉장면용 고명으로도 사용될 수 있으며 이러한 기술이 전체적인 제품을 기존 제품과 다른 프리미엄 제품으로 만들어 줄 수 있으리라 기대가 된다.

이번 장에서 비교한 두 가지 기술에는 분명한 차이점이 존재한다. 초고압 기술을 활용하면 고품질의 비빔밥용 나물을 생산할 수 있고 무첨가 제품의 컨셉으로 생산할 수 있는 장점이 있다. 하지만 유통기한을 길게 가지고 갈 수 없다는 단점이 존재한다.. 특히 앞선 연구에서 확인할 수 있듯이 콩나물은 일주일정도의 유통기한도 가지고 갈 수 없다. 또한 복잡한 공정과 초고압 설비의 높은 설비가로 인해 가공비가 높게 책정되고 최종 제품의 가격이 상승하게 되는 단점이 있다. 짧은 유통기한을 고려하면 제품 순환주기가 빠른 편의점용 비빔밥 제품에 적합한 방식이라 할 수 있다.

산화방지제와 산도조절제를 활용한 제품은 냉장 유통기한을 길게 가지고 갈 수 있는 장점이 있다. 앞에서 확인한 것처럼 최고 3개월 정도의 냉장 유통이 가능하다. 그리고 단순한 공정과 투자부담이 없는 시설에서 생산할 수 있어서 가공비를 최소화 할 수 있어서 제품의 단가를 낮출 수 있다. 하지만 제품의 pH가 낮아 신맛이 나타날 수 있으며 이를 조절하기 위해 같이 별첨되는 고추장 소스나 페이스트 소스에 중화제가 들어가야 한다. 첨가물이 일부 들어가기 때문

에 천연 컨셉을 살릴 수 없고 초고압 살균제품 대비 조직감이 떨어지며 액체류의 경우에는 갈변발생으로 적용이 힘들다는 단점이 있다. 유통기한이 길기 때문에 대형마트에 유통되는 비빔밥 제품 또는 냉장면에 별첨되는 나물고명에 적합한 살균방식이라 할 수 있다.

두 가지 살균방식을 적절히 보완하며 상황에 맞는 적합한 방식을 찾는 것이 무엇보다 중요하다 할 수 있다.

## 2. 확보기술을 응용한 사업 추진 계획

본 연구를 통한 확보한 가공기술을 바탕으로 상품화 방안과 향후 계획을 구체적으로 검토하였다. 상품화 아이템 구체화를 위해 먼저 글로벌 및 국내 관련 시장 및 제품 현황을 구체적으로 살펴보았다.

미국 신선편의 채소시장은 과거 10년간 연평균 10% 이상 지속 성장하는 Double-Digit Growth를 보여주고 있어 관련 분야는 향후 미래 트렌드를 대표하는 유망 식품 분야로 예측된다. 구체적으로 살펴보면, 고성장세를 지속하고 있는 미국 신선편의 채소시장 규모는 2011년 기준으로 약 12조원 수준이며, B2C 시장에서는 샐러드 상품이 절반 이상을 차지하고 있다. 주요 업체는 Dole, Fresh Express 등으로 Top 5 업체가 시장의 80%를 점유하고 있는 실정이다. 미국에서 신선편의 채소시장이 지속 성장하게 된 배경에는 라이프 스타일 변화에 따라 웰빙과 편의가 식품의 중장기 트렌드로 자리잡은 결과이기 때문으로 추측된다.

일본에서는 최근 산키社가 업무용 500g의 한국산 냉동 나물 시리즈를 개발, 출시하였는데 관련 제품은 콩나물나물, 시금치나물, 믹스나물, 5종 나물의 4개 제품으로 수요처가 늘고 있어 한국 나물제품의 글로벌화에 밝은 전망을 주고 있다. 한국 나물 시리즈는 엄격한 관리기준을 적용하여 세균수를 최소한으로 낮춘 위생적인 제품으로 상미기간은 냉동상태로 1년간, 해동후 냉장으로 7일 가능하다.

국내에서도 유통업체와 식품기업이 관련 제품 출시를 확대하고 있는 추세이다. 싱글족, 맞벌이 부부를 주요 대상으로 조리용 전처리 채소와 소포장 샐러드 채소 출시가 점차 확대되어 2011년 현재 약 1,000억원 규모의 시장이 형성되어 있는 것으로 추정되며, 주요 제품으로는 풀무원의 씻어나와 편리한 어린잎으로 2009년 출시 이래 1년 만에 매출이 5배 성장하였다. 관련 기술로는 최근 농업진흥청, 한국식품연구원 등에서 미생물 제어하는 채소 세척기술과 포장기술을 개발하여 발표하였다.

본 연구에서 확보한 기술을 활용하여 당사에서 향후 전개할 사업화 방향을 표136, 표137에 정리하였다. 중점적으로 추진하고자 하는 제품군은 신선한 Pre Cut 과채류와 가열조리 정도에 따라 구분한 반조리 및 조리 야채, 그리고 전자렌지 조리 후 바로 시식할 수 있는 조미야채 등이며, 이외에도 초고압 비가열 살균 및 Hurdle 기술을 활용한 다양한 야채 및 과일 베이스의 가공식품 개발이 가능하다. 연구개발로 확보한 차별화 기술 베이스의 신제품 출시를 통한 사업화 성과 창출이 중요한 목표이므로 중점 추진 예정이다.

Table 136. 초고압 전통나물 상품화 추진 방안

차별화 고품질의 야채 가공품 신사업 추진을 통한 신규시장 창출 및 매출 향상 (년 300억 이상 목표 대형과제화)			
과제명	제품군	핵심기술	중점 검토사항
1. 조리야채	비빔밥용 조리나물 / 전자렌지용	전처리 감균 (Hurdle) + 초고압 비가열 살균	냉장 15°C, 15일 유통 확보
2. 조미야채	조미전통나물 (비빔밥용, 덮밥용 등)	전처리감균 + Sous vide (조미, 조리) + 초고압 비가열 살균	맛 향상 + 유통기한 연장
3. 반조리야채	쌈야채 (찜가열: 브로콜리, 양배추등)	Hurdle (감균) + 찜가열 + Smart 포장 등	영양성분 보존 / 편리성 제공
4. Fresh Cut 야채	샐러드용 (각 나라 이색 샐러드 등)	전처리 감균 (세척, 천연항균제 + 초고압)	냉장 15°C, 15일 유통 확보
5. 원물 과일	컵과일 (열대과일 모듬) / 과일디저트	원물 소싱, 전처리 (과일원과) + Hurdle 감균	과일원물 우수 공급선 확보

Table 137. 초고압 야채 가공품 상품화 제안서

야채가공품 사업화 제안서

대과제명	야채가공품 (based on Mild Processing)	14년 과제 추진 전략
핵심기술	원료 전처리 감균 + 초고압 비가열 살균 + Hurdle (천연항균제)	초고압 비가열 살균 (자체) + 원료 전처리 감균 (산화) →
대형 제품군	조리 & 반조리 야채 (나물, 볶음용, 렌지용) / 신선절단 야채, 과일	조리형: 렌지용, HMR용 / Fresh Cut

중과제명	소과제명 (노란색 중점)	14년 추진 전략	개발 제품군	핵심기술		현장설비 (투자비)
				자체	외부(산화)	
조리 야채	비빔밥용 냉장나물	냉장 7일, 이수 최소화, 조직감	콩나물, 시금치, 고사리, 산나물류 등	비가열초고압, Sous vide	원료전처리 감균 - 원료선별 - 세척, 탈수 (Micro Bubble, 초음파등) - 천연항균 성분침지 - Hurdle  야채용 Novel 천연항균제 확보 - 유기산 - 계면활성 - Probiotic	총 5억 세척설비 1억, 절단기 1억, 비가열 초고압 (쥬스용 활용), 포장기 (파우치, 진공, 컵 등) 2억, 기타 유틸리티 1억
	고급 야채 반찬	더덕, 산채, 나물	고급 나물류 씨리즈	맛배합 + 살균		
	전자렌지용 즉석 건강야채 씨리즈	건강야채 모음 + 스팀파우치	브로콜리, 당근, 감자, 피망, 콩, 옥수수 등	맛배합 + 조리, 포자감균		
	절임야채 (김밥용 포함)	글로벌화(지상주)	무우, 우엉, 단무지등	천연항균제		
	HMR용 조리야채 세트	도시락 세트용	볶음야채, 나물, 절임	조리+ Hurdle (전처리 감균)		
반조리 야채	볶음용 야채모음	블렌칭/ 위생처리	숙주, 양파, 호박, 나물	배터믹스(협업)		
	야채튀김용 (+ 튀김옷)	재가열형/튀김형	브로콜리, 호박, 서류	전처리감균 + 소스, 쌈장		
	쌈용, 찢어먹는 야채 (+ 쌈장, Dip 소스)	살짝 익히거나 생상태+소스별점	쌈채소, 셀러리, 배추, 당근, 오이, 건강채소	Smart 포장		
	다이어트 식단용	저칼로리, 찜조리	찜야채(브로콜리 등)	전처리 감균 + Smart 포장 (식품코팅)		
Fresh Cut 야채	샐러드용 냉장야채	야채다양화(특색)	각국의 특색 샐러드	글로벌 과일 원료 소싱 + 표면 코팅		
	요리용 냉장야채	탕/국/찌개용	고추, 감자, 호박, 파 등			
원물과일	디저트용 냉장과일	열대과일 모듬	망고, 리치, 딸기 등			
	과일컵 씨리즈	첨가물 무첨가	열대과일, 복숭아 등			



## [참고문헌]

- 계승희, 문현경, 엄초애, 송태희, 이성희 : 한국음식의 조리법 표준화를 위한 연구(III) -비빔밥 류- , 한국조리과학회지, 11(5) : 557-564
- 김기태, 구경모, 백현동 : Cook-Chill 및 Sous Vide 방법에 의한 시금치 식자재의 가공 및 저장, 한국식품영양과학회지, 30(6) : 1095-1101(2001)
- 김나영, 윤숙자, 장명숙 : 데치는 방법이 품종별 시금치의 성분에 미치는 영향-데치는 물량과 시간에 따른 성분변화, 한국조리과학회지, 9(3) : 204-209(1993)
- 김양희 : 시금치나물의 조리방법에 따른 Vitamin C 함량변화에 관한 연구, 대한가정학회지, 11(1) : 44-56(1973)
- 김혜정, 박재갑, 이동선 : 시금치의 cook-chill 가공 중 오염지표균 및 병원성세균의 변화, 한국식품과학회지, 34(5) : 927-930(2002)
- 박삼수, 장명숙, 이규한 : 데치는 방법이 겨울철 비닐하우스 재배 시금치의 성분에 미치는 영향, 한국영양식량학회지, 23(1) : 62-67(1994)
- 박종숙, 이원중 : 산채류의 식이섬유 함량과 물리적 특성, 한국영양식량학회지, 23(1) : 120-124(1994)
- 안명수 : 채소류의 전통조리법에 의한 이화학적 특성 변화에 관한 연구, 14(2) : 177-188(1999)
- 유양자 : 재래적 방법을 이용한 조리방법에 따른 상용채소의 무기질 함량 변화 -시금치와 브로커리 -, 한국조리과학회지, 11(4) : 337-341(1995)
- 이애량 : 데치기에 따른 시금치 잎의 변색, 한국조리과학회지, 8(1) : 15-20(1992)
- 이은영, 김영아 : 가열처리에 의한 콩나물과 시금치의 식이섬유 함량변화, 한국조리과학회지, 10(4) : 381-385(1994)
- 이주화, 한영실 (2005), “한국 전통 나물 이용현황 및 기호도 조사”, 한국식품조리과학회 학술 발표자료 KISTI
- 임양이 : 단체급식에서 시금치의 조리방법에 따른 Carotenoids 및 Cis/Trans  $\beta$ -Carotene 함량

- 의 변화, 한국식품영양과학회지, 36(1) : 117-123(2007)
- 장재덕, 김기태, 이동선 : Sous Vide 가공 시금치의 품질에 미치는 포장단위 및 살균온도의 영향, 한국식품저장유통학회지, 11(2) : 195-200(2004)
- 최동진, 이숙희, 윤재탁 : 시금치 포장 및 보관온도가 품질보존에 미치는 영향, 생물환경조절학회지, 16(3) : 247-251(2007)
- 홍정진, 안태현 : 데치는 방법에 따른 시금치의 phytochemical 성분 및 위해성 요인 변화, 한국식품과학회지, 37(2) : 268-273(2005)
- 조성환 : 식품의 색도 변화 측정법, 한국식품영양과학회지, 13(1) : 1226-3311(1984)
- 김관우, 민경찬, 유영균, 위성언, 조득문 : 식품화학, 광문각, 235-239(2007.03.10)
- 고정삼 : 식품산업의 이해, 유한문화사, 97-99(2002.01.10)
- 허태련 : 식품과학, 유한문화사, 219(2008.11.25)
- 이종호 : 조리원리와 실제, 기문사, 112-117(2003.02.20)
- 동가락 : 서산 생강과 중국 생강의 성분비교 및 생강갈변 억제 방법 연구, 2010 15, 36p
- 일부 향신료의 항산화성과 카테킨 및 아스코르브산과의 상승효과, 안채경, 1998, 34p
- Atterbury, R.J., Connerton, P.L., Dodd, C.E.R., Rees, C.E.D., Connerton, I.F. 2003. Application of host-specific bacteriophages to the surface of chicken skin leads to a reduction in recovery of *Campylobacter jejuni*. *Applied and Environmental Microbiology* 69, 6302-6306.
- Basak, S., Ramaswamy, H.S. 1998. Effect of high pressure processing on the texture of selected fruits and vegetables. *Journal of Texture Studies* 29, 587-601.
- Beresford, M., Andrew, P., Shama, G. 2001. *Listeria monocytogenes* adheres to many materials found in food-processing environments. *Journal of Applied Microbiology* 90, 1000-1005.
- Berger, C.N., Sodha, S.V., Shaw, R.K., Griffin, P.M., Pink, D., Hand, P., Frankel, G. 2010.

- Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environmental Microbiology* 12, 2385-2397.
- Beuchat, L.R., Brackett, R.E. 1990. Inhibitory effects of raw carrots on *Listeria monocytogenes*. *Applied and Environmental Microbiology* 56, 1734-1742.
- Bharathi, S., Ramesh, M.N., Varadaraj, M.C. 2001. Predicting the behavioural pattern of *Escherichia coli* in minimally processed vegetables. *Food Control* 12, 275-284.
- Blackman, I.C., Frank, J.F. 1996. Growth of *Listeria monocytogenes* as a biofilm on various food-processing surfaces. *Journal of Food Protection* 59, 827-831.
- Borucki, M.K., Peppin, J.D., White, D., Loge, F., Call, D.R. 2003. Variation in biofilm formation among strains of *Listeria monocytogenes*. *Applied and Environmental Microbiology* 69, 7336-7342.
- Butz, P., Fernandez Garcia, A., Lindauer, R., Dieterich, S., Bogn, A., Tauscher, B. 2003. Influence of ultra high pressure processing on fruit and vegetable products. *Journal of Food Engineering* 56, 233-236.
- Costerton, J.W., Stewart, P.S., Greenberg, E.P. 1999. Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. *Science* 284, 1318-1322.
- de Oliveira, M.A., de Souza Maciel, V., Morato Bergamini, A.M., De Martinis, E.C.P. 2011. Microbiological quality of ready-to-eat minimally processed vegetables consumed in Brazil. *Food Control* 22, 1400-1403.
- Djordjevic, D., Wiedmann, M., McLandsborough, L.A. 2002. Microtiter plate assay for assessment of *Listeria monocytogenes* biofilm formation. *Applied and Environmental Microbiology* 68, 2950-2958.
- Eun-Joo Kang (1993), "A bibliographical Study on Namul of Koryo and Chosun Dynasty", *Korean J. Food & Nutrition*, Vol. 6 No 1, pp. 16-24
- Farber, J.M., Peterkin, P.I. 1991. *Listeria monocytogenes*: a foodborne pathogen. *Microbiological Review* 55, 476-511.

- Frank, J.F., Koffi, R.A. 1990. Surface-adherent growth of *Listeria monocytogenes* is associated with increased resistance to surfactant sanitizers and heat. *Journal of Food Protection* 53, 550-554.
- Gleeson, E., O'Beirne, D. 2005. Effects of process severity on survival and growth of *Escherichia coli* and *Listeria innocua* on minimally processed vegetables. *Food Control* 16, 677-685.
- Guerrero-Beltran, J.A., Barbosa-Canovas, G.V., Swanson, B.G. 2005. High hydrostatic pressure processing of fruit and vegetable products. *Food Reviews International* 21, 411 - 425.
- Hall-Stoodley, L., Costerton, J.W., Stoodley, P. 2004. Bacterial biofilms: from the natural environment to infectious diseases. *Nature Reviews Microbiology* 2, 95-108.
- Hartwell H.J. and Edwards J.S.A. (2006) "Hospital Foodservice: A Comparative Analysis of Systems and Introducing the 'Steamplicity' concept"
- In-Hwa Kim & Kyung-Mi Seo.(2007), "The Analysis of Korean Traditional Color Range of Obangsak through Bibimbob Colors", *The Korean Journal of Culinary Research*, Vol. 13 No. 3, pp. 12-19.
- Jabra-Rizk, M.A., Meiller, T.F., James, C.E., Shirtliff, M.E. 2006. Effect of farnesol on *Staphylococcus aureus* biofilm formation and antimicrobial susceptibility. *Antimicrobial Agents Chemotherapy* 50, 1463-1469.
- Kim, S.H., Wei, C.I. 2007. Biofilm formation by multidrug-resistant *Salmonella enterica* serotype typhimurium phage type DT104 and other pathogens. *Journal of Food Protection* 70, 22-29.
- Kitchen Chemistry 자료
- Krysinski, E.P., Brown, L.J., Marchisello, T.J. 1992. Effect of cleaners and sanitizers on *Listeria monocytogenes* attached to product contact surfaces. *Journal of Food Protection* 55, 246-251.
- Kumar, C.G., Anand, S.K. 1998. Significance of microbial biofilms in food industry: a review. *International Journal of Food Microbiology* 42, 9-27.

- Kyung-Soo Han, Seung-Hui Pyo, Eun-Jung Lee, and Hyun-A Lee (2008) "Standardization of the Recipe for the Large-Scale Production of Korean Cooked Rice Varieties: Bibimbab, Bean Sprout Bab, and Fried Rice", Korean Food Cookery SCI Vol. 24, pp. 580-592
- Lewis, K. 2001. Riddle of biofilm resistance. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 45, 999-1007.
- Lillard, H.S. 1985. Bacterial cell characteristics and conditions influencing their adhesion to poultry skin. *Journal of Food Protection* 48, 803-807.
- Mah, T.F., O'Toole, G.A. 2001. Mechanisms of biofilm resistance to antimicrobial agents. *Trends in Microbiology* 9, 34-39.
- Ming, X., Weber, G.H., Ayres, J.W., Sandine, W.E. 1997. Bacteriocins applied to food packaging materials to inhibit *Listeria monocytogenes* on meats. *Journal of Food Science* 62, 413-415.
- Myung Soo Ahn (1999), " A Study on the Changes in Physico-Chemical Properties of Vegetables by Korean Traditional Cooking Methods", *Korean J. Dietary Culture*, Vol. 14 No 2, pp. 177-188
- Niemira, B. 2010. Irradiation sensitivity of planktonic and biofilm-associated *Listeria monocytogenes* and *L. innocua* as influenced by temperature of biofilm formation. *Food and Bioprocess Technology* 3, 257-264.
- Oey, I., Lille, M., Van Loey, A., Hendrickx, M. 2008. Effect of high-pressure processing on colour, texture and flavour of fruit- and vegetable-based food products: a review. *Trends in Food Science & Technology* 19, 320-328.
- Oulahal, N., Martial-Gros, A., Bonneau, M., Blum, L.J. 2004. Combined effect of chelating agents and ultrasound on biofilm removal from stainless steel surfaces. Application to "Escherichia coli milk" and "Staphylococcus aureus milk" biofilms. *Biofilms* 1, 65-73.
- Peck, M.W., Goodburn, K.E., Betts, R.P. and Stringer, S.C. (2006) "Clostridium botulinum in vacuum and modified atmosphere packed(MAP) chilled foods" Project B13006 Executive Summary. Norwich: Institute of Food Research - available free on <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/acm777annex.pdf>

- Prestamo, G., Arroyo, G. 1998. High hydrostatic pressure effects on vegetable structure. *Journal of Food Science* 63, 878-881.
- Rodgers, S. (2004) "Noel approaches in controlling safety of cook-chill meals" in *Trends in Food Science & Technology* Vol. 15, pp. 366-372
- Rodgers, S.(2001) "Designing packaged ready-to-eat meals"
- Rodgers, S.(2008), "'Technological innovation supporting different food production philosophies in the food service sectors'", *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, Vol. 20 No. 1, pp. 19~34
- Rybka-Rodgers, S. (2001) "Improvement of food safety design of cook-chill foods" in *Food Research International* Vol. 34, pp. 449-455
- Shanks, R.M.Q., Sargent, J.L., Martinez, R.M., Graber, M.L., O'Toole, G.A. 2006. Catheter lock solutions influence Staphylococcal biofilm formation on abiotic surfaces. *Nephrology Dialysis Transplantation* 21, 2247-2255.
- Shi, X., Zhu, X. 2009. Biofilm formation and food safety in food industries. *Trends in Food Science & Technology* 20, 407-413.
- "Sous Vide and Cook-Chill Processing for the Food Industry" (1998) book edited by S. Ghazala
- Trémouleta, F., Duchéa, O., Namane, A., Martinie, B., The European Listeria Genome, C., Labadie, J.C. 2002. Comparison of protein patterns of *Listeria monocytogenes* grown in biofilm or in planktonic mode by proteomic analysis. *FEMS Microbiology Letters* 210, 25-31.
- Up Sik Kim, Hae Kyung Yoon, Seung Ja Koo (2004), "Electron Donating Ability and Nitrite Scavenging Activity of Materials in a Traditional One-dish Meal: Bibimbab", *Korean J. Soc. Food Cookery SCI*, Vol. 20 No 6, pp. 133-138
- Verhoeff-Bakkenes, L., Jansen, H.A.P.M., in 't Veld, P.H., Beumer, R.R., Zwietering, M.H., van Leusden, F.M. 2011. Consumption of raw vegetables and fruits: A risk factor for

Campylobacter infections. *International Journal of Food Microbiology* 144, 406–412.

Barba, F. J., Esteve, M. J., & Frigola, A. (2010). Ascorbic acid is the only bioactive that is better preserved by high hydrostatic pressure than by thermal treatment of a vegetable beverage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 10070–10075.

Beuchat, L. R. (2002). Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. *Microbes and Infection*, 4, 413–423.

Boney, B. B., Breukink, E., Swiezewska, E., De Kruijff, B., & Watts, A. (2004). Targeting extracellular pyrophosphates underpins the high selectivity of nisin. *The FASEB Journal*, 18, 1862–1869.

Brotz, H., & Sahl, H.-G. (2000). New insights into the mechanism of action of lantibiotics—diverse biological effects by binding to the same molecular target. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 46, 1–6.

Campo, J. D., Amiot, M. J., & Nguyen-The, C. (2000). Antimicrobial effect of rosemary extracts. *Journal of Food Protection*, 63, 1359–1368.

Cao-Hoang, L., Marechal, P. A., Le-Thanh, M., & Gervais, P. (2008). Synergistic action of rapid chilling and nisin on the inactivation of *Escherichia coli*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 79, 105–109.

Cleveland, J., Montville, T. J., Nes, I. F., & Chikindas, M. L. (2001). Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 71, 1–20.

Corrales, M., Toepfl, S., Butz, P., Knorr, D., & Tauscher, B. (2008). Extraction of anthocyanins from grape by-products assisted by ultrasonics, high hydrostatic pressure or pulsed electric fields: A comparison. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9, 85–91.

Delaquis, P. J., & Sholberg, P. L. (1997). Antimicrobial activities of gaseous allyl isothiocyanate. *Journal of Food Protection*, 60, 943–947.

Delves-Broughton, J. (1990). Nisin and its application as a food preservative. *International Journal of Dairy Technology*, 43, 73–76.

- Delves-Broughton, J. (2005). Nisin as a food preservative. *Food Australia*, 57, 525-527.
- Demazeau, G., & Rivalain, N. (2011). The development of high hydrostatic pressure processes as an alternative to other pathogen reduction methods. *Journal of Applied Microbiology*, 110, 1359-1369.
- Farber, J. M., & Peterkin, P. I. (1991). *Listeria monocytogenes*: a foodborne pathogen. *Microbiological Review*, 55, 476-511.
- Francis, G. A., Thomas, C., & O'Breirne, D. (1999). The microbiological safety of minimally processed vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 34, 1-22.
- Franz, E., Tromp, S. O., Rijgersberg, H., & van der Fels-Klerx, H. J. (2010). Quantitative microbial risk assessment for *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes* in leafy green vegetables consumed at salad bars. *Journal of Food Protection*, 73, 274-285.
- Gou, J., Lee, H. Y., & Ahn, J. (2010). Inactivation kinetics and virulence potential of *Salmonella* Typhimurium and *Listeria monocytogenes* treated by combined high pressure and nisin. *Journal of Food Protection*, 73, 2203-2210.
- Govaris, A., Solomakos, N., Pexara, A., & Chatzopoulou, P. S. (2010). The antimicrobial effect of oregano essential oil, nisin and their combination against *Salmonella* Enteritidis in minced sheep meat during refrigerated storage. *International Journal of Food Microbiology*, 137, 175-180.
- Holley, R. A., & Patel, D. (2005). Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food Microbiology*, 22, 273-292.
- Jofir, A., Garriga, M., & Aymerich, T. (2008). Inhibition of *Salmonella* sp. *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in Cooked ham by combining antimicrobials, high hydrostatic pressure and refrigeration. *Meat Science*, 78, 53-59.
- Juneja, V. K., Thippareddi, H., & Friedman, M. (2006). Control of *Clostridium perfringens* in Cooked ground beef by carvacrol, cinnamaldehyde, thymol, or oregano oil during chilling. *Journal of Food Protection*, 69, 1546-1551.



- Kadam, P. S., Jadhav, B. A., Salve, R. V., & Machewad, G. M. (2012). Review on the high pressure technology (HPT) for food preservation. *Journal of Food Processing and Technology*, 3.
- Kawakishi, S., & Namiki, M. (1982). Oxidative cleavage of the disulfide bond of cystine by allyl isothiocyanate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 30, 618-620.
- Kingsly, A. R. P., Balasubramaniam, V. M., & Rastogi, N. K. (2009). Influence of high-pressure blanching on polyphenoloxidase activity of peach fruits and its drying behavior. *International Journal of Food Properties*, 12, 671-680.
- Knockaert, G., De Roeck, A., Lemmens, L., Van Buggenhout, S., Hendrickx, M., & Van Loey, A. (2011). Effect of thermal and high pressure processes on structural and health-related properties of carrots (*Daucus carota*). *Food Chemistry*, 125, 903-912.
- Knorr, D., Ade-Omowaye, B. I. O., & Heinz, V. (2002). Nutritional improvement of plant foods by non-thermal processing. *Proceedings of the Nutrition Society*, 61, 311-318.
- Koutsoumanis, K., Kendall, P. A., & Sofos, J. N. (2003). Effect of food processing-related stresses on acid tolerance of *Listeria monocytogenes*. *Applied and Environmental Microbiology*, 69, 7514.
- Lin, C. M., Kim, J., Du, W. X., & Wei, C. I. (2000a). Bactericidal activity of isothiocyanate against pathogens on fresh produce. *Journal of Food Protection*, 63, 25-30.
- Lin, C. M., Preston, J. F., & Wei, C. I. (2000b). Antibacterial mechanism of allyl isothiocyanate. *Journal of Food Protection*, 63, 727-734.
- Liu, W., & Hansen, J. N. (1990). Some chemical and physical properties of nisin, a small-protein antibiotic produced by *Lactobacillus latis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 56, 2551-2558.
- Lopez-Malo, A., Palou, E., Barbosa-Canovas, G. V., Welti-Chanes, J., & Swanson, B. G. (1998). Polyphenoloxidase activity and color changes during storage of high hydrostatic pressure treated avocado puree. *Food Research International*, 31, 549-556.

- Lou, Y., & Yousef, A. E. (1997). Adaptation to sublethal environmental stresses protects *Listeria monocytogenes* against lethal preservation factors. *Applied and Environmental Microbiology*, 63, 1252-1255.
- Matser, A. M., Krebbers, B., van den Berg, R. W., & Bartels, P. V. (2004). Advantages of high pressure sterilisation on quality of food products. *Trends in Food Science and Technology*, 15, 79-85.
- Mosqueda-Melgar, J., Raybaudi-Massilia, R. M., & Martin-Belloso, O. (2008). Non-thermal pasteurization of fruit juices by combining high-intensity pulsed electric fields with natural antimicrobials. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 328-340.
- Mulders, J. W., Boerrigter, I. J., Rollema, H. S., Siezen, R. J., & de Vos, W. M. (1991). Identification and characterization of the lantibiotic nisin Z, a natural nisin variant. *European Journal of Biochemistry*, 201, 581-584.
- Murdock, C. A., Cleveland, J., Matthews, K. R., & Chikindas, M. L. (2007). The synergistic effect of nisin and lactoferrin on the inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7. *Letters in Applied Microbiology*, 44, 255-261.
- Naghmouchi, K., Drider, D., Baah, J., & Teather, R. (2010). Nisin A and polymyxin B as synergistic inhibitors of Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 2, 98-103.
- Nedorostova, L., Kloucek, P., Kokoska, L., Stolcova, M., & Pulkrabek, J. (2009). Antimicrobial properties of selected essential oils in vapour phase against foodborne bacteria. *Food Control*, 20, 157-160.
- Nicola, S., Fontana, E., Torassa, C., & Hoeberechts, J. (2006). Fresh-cut produce: postharvest critical issues. *Acta Horticulturae*, 712, 223-230.
- Norrung, B. (2000). Microbiological criteria for *Listeria monocytogenes* in foods under special consideration of risk assessment approaches. *International Journal of Food Microbiology*, 62, 217-221.
- Prasad, K. N., Yang, B., Zhao, M., Sun, J., Wei, X., & Jiang, Y. (2010). Effect of high pressure or ultrasonic treatment on extraction yield and antioxidant activity of pericarp

- tissue of longgan fruit. *Journal of Food Biochemistry*, 34, 838-855.
- Quaglia, G. B., Gravina, R., Paperi, R., & Paoletti, F. (1996). Effect of high pressure treatments on peroxidase activity, ascorbic acid content and texture in green peas. *LWT - Food Science and Technology*, 29, 552-555.
- Rattanachaikunsopon, P., & Phumkhachorn, P. (2010). Synergistic antimicrobial effect of nisin and  $\alpha$ -cymene on *Salmonella enterica* serovar Typhi in vitro and on ready-to-eat food. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 74, 520-524.
- Rodriguez, J. M. (1996). Antimicrobial spectrum, structure, properties and mode of action of nisin, a bacteriocin produced by *Lactococcus lactis*. *International Journal of Food Science and Technology*, 2, 61-68.
- Sagarzazu, N., Cebrian, G., Condon, S., Mackey, B., & Manas, P. (2010). High hydrostatic pressure resistance of *Campylobacter jejuni* after different sublethal stresses. *Journal of Applied Microbiology*, 109, 146-155.
- Schlech, W. F., & Halifax, N. S. (1996). Pathogenesis and immunology of *Listeria monocytogenes*. *Pathologie Biologie*, 44, 775-782.
- Selma, M. V., Beltr, D., Allende, A., Chacon-Vera, E., & Isabel-Gil, M. (2007). Elimination by ozone of *Shigella sonnei* in shredded lettuce and water. *Food Microbiology*, 24, 492-499.
- Turgis, M. a., Han, J., Caillet, S. h., & Lacroix, M. (2009). Antimicrobial activity of mustard essential oil against *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhi*. *Food Control*, 20, 1073-1079.
- Vazquez-Boland, J. A., Kuhn, M., Berche, P., Chakraborty, T., Dominguez-Bernal, G., Goebel, W., Gonzalez-Zorn, B., Wehland, J., & Kreft, J. (2001). *Listeria* pathogenesis and molecular virulence determinants. *Clin. Microbiol. Rev.*, 14, 584-640.
- Vega-Mercado, H., Martin-Belloso, O., Qin, B. L., Chang, F. J., Marcela Gongora-Nieto, M., Barbosa-Canovas, G. V., & Swanson, B. G. (1997). Non-thermal food preservation: Pulsed electric fields. *Trends in Food Science & Technology*, 8, 151-157.
- Xu, H., Lee, H. Y., & Ahn, J. (2008). Cross-protective effect of acid-adapted *Salmonella enterica* on resistance to lethal acid and cold stress conditions. *Letters in Applied*

Microbiology, 47, 290-297.

Yin, M. C., & Cheng, W. S. (2003). Antioxidant and antimicrobial effects of four garlic-derived organosulfur compounds in ground beef. *Meat Science*, 63, 23-28.

Yoruk, R., & Marshall, M. R. (2003). Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: a review. *Journal of Food Biochemistry*, 27, 361-422.

Zhang, S., Zhu, J., & Wang, C. (2004). Novel high pressure extraction technology. *International Journal of Pharmaceutics*, 278, 471-474.