

제 2 차 년 도  
최 종 보 고 서

1) 363.192

19702843

2) 634

L293차 V.2

# 청과물의 표면 살균 처리기술 개발

Development of Surface sterilization Technology  
for Fruit and Vegetables

이전저자 : 농림수산부

연구기관

한국식품개발연구원

농 립 부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “청과물의 표면 살균 처리기술 개발”의 최종보고서로 제출합니다.

1996. 11.

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 김 동 철

연구 원 : 김 병 삼

“ 정 문 철

“ 남 궁 배

“ 김 의 용

“ 현 남 익

협동연구기관명 : 부경대학교

협동연구책임자 : 한 봉 호

협 동 연 구 자 : 이 현 중

# 여 백

# 요 약 문

## I. 제 목

청과물의 표면살균 처리기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

청과물의 표면오염원을 제거할 수 있는 표면살균처리 기술을 개발하여 전처리 공정에 도입함으로써 미생물과 각종 오염원에 의한 저장 및 유통중의 선도저하의 최소화를 통해 소비자가 요구하는 위생적이고 신선한 청과물의 공급은 물론 생산농가의 소득증대에 기여하고 국내 청과물의 국제경쟁력 제고를 통한 수출품목으로의 발전도모에 기여하고자 하는데 그 목적과 중요성이 있음.

## III. 연구개발 내용 및 범위

1. 농업 및 식품 관련 분야에 있어서 오존의 이용 현황 조사
2. 국내산 청과물의 오염 실태 조사
3. 오존에 의한 살균 효과 및 적정 살균 조건 정립
4. 오존을 이용한 표면 살균 처리 기술 개발
5. 세정공정을 활용한 오염원 제거 기술의 개발
6. Hydrocooling, 세정 및 표면살균의 동시 처리가 신선도에 미치는 효과
7. 전처리 공정에서 표면 오염원 제거 기술의 활용 방안 정립
8. 표면 오염원 제거 기술의 비용 분석 및 산업화 방안 정립

#### IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

##### 1. 농업 및 식품 관련 분야에 있어서 오존의 이용 현황 조사

오존의 일반적 특성, 미생물 살균에 있어서 오존의 이용, 농업 및 식품 관련 분야에 있어서 오존 이용 기술 조사 분석

; 오존은 그 자체는 인체에 유해하나 강력한 살균력을 가지고 있으며 살균처리후 자연 분해되어 잔류성이 없기 때문에 염소계 소독제의 대응, 각종 식품의 살균, 저장고의 살균 등에 효과적으로 사용될 수 있다고 판단됨.

##### 2. 오존 가스 및 오존수 발생 시스템 설계, 제작

오존에 의한 청과물의 표면살균 기술 개발을 위하여 오존 가스 및 오존수를 발생시킬 수 있는 장치를 설계, 제작하였음.

- o 오존 가스 농도 : 0 ~ 2,550ppm, max (산소유량 10 l/min)
- o 수중 오존 농도 : 0 ~ 5.0ppm, max (산소유량 10 l/min, 물유량 5 l/min)
- o 오존 발생 방식 : 고압연면방전식 (고농도 오존발생에 유리함)

##### 3. 국내산 주요 청과물의 오염 실태 조사

가. 국내산 청과물의 오염 실태를 조사하기 위하여 상추, 배추, 마늘, 양파, 셀러리, 콩나물, 표고버섯, 딸기 등 8 품목에 대하여 유통 단계별로 미생물 오염 정도를 조사한 결과 품목별, 유통 단계별, 개체별 차이는 있었으나 총균수  $10^3 \sim 10^9$  cfu/g, 효모 및 곰팡이  $10^3 \sim 10^7$  cfu/g, 대장균군  $10^3 \sim 10^7$  cfu/g로 나타났다.

나. 그리고 이들 미생물 오염 정도는 유통 단계를 거치면서 (생산지 수확 → 도매 → 소매)  $10^1 \sim 10^3$  cfu/g 까지 증가하였는데 이는 대부분의 청과물이 상온 유통되

고 있어 미생물의 증식과 2차 오염에 용이하기 때문으로 여겨졌다.

다. 양파, 마늘 등 근채류를 제외한 청과물은 수확 단계에서 소매 단계까지 유통 기간이 1 ~ 3일 정도 소요되고 있었으며 특히 상추, 표고버섯, 딸기 등은 다른 품목에 비하여 유통 단계별 미생물 증가가 비교적 높게 나타났다.

#### 4. 살균 효과 및 적정 살균 조건 확립

가. 오존가스를 이용하여 표면 살균 처리를 한 결과, 살균 효과는 품목별 오염 정도에 편차가 있었으나 오존 가스 농도 (10 → 40ppm)가 높을수록, 처리 시간 (0 → 6 시간)이 길수록 높게 나타났다.

나. 오존가스에 의한 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군에 대한 살균처리 효과는 대체적으로 90~99.9%(1 ~ 3 log cycle) 감소시킬 수 있었다. 특히 딸기는 오존 가스 농도 30 ~ 40 ppm으로 4시간 이상, 표고 버섯의 경우는 10 ~ 40 ppm으로 4시간 이상 처리하였을 때 대장균군이 모두 사멸하였다.

다. 오존가스에 품목별 적정 살균 처리 조건은 양파 20ppm에서 2 ~ 4시간, 마늘 20ppm에서 4시간, 딸기 30ppm에서 2 ~ 4시간, 표고버섯 20ppm에서 2 ~ 4시간, 느타리버섯 30ppm 에서 2 ~ 4시간이 적합한 것으로 나타났다.

라. 70% 에탄올 분무 방법을 이용한 딸기의 표면 살균 시험에서의 살균 효과는 오존 가스 처리와 비슷한 결과를 얻을 수 있었다.

마. 오존수를 이용하여 살균처리를 한 결과 단순 세정만 하였을 때에 비교하여 10배 정도 미생물 제거 효과가 있었는데, 오존수를 세정 공정에 활용한 경우는 세정

에 의한 제균 효과와 오존에 의한 살균 효과가 복합적으로 나타난 것으로 판단되었다.

바. 오존수에 의한 살균 효과는 품목간, 개체간 오염 정도가 커서 다소간 차이는 있으나 처리 농도가 높을수록 (0 → 1.5ppm), 처리시간이 길수록 높게 나타났다. 품목별 적정 처리 조건은 배추의 경우 1.0ppm에서 40분, 셀러리는 1.5ppm에서 40분, 콩나물은 1.5ppm에서 20분 정도로 나타났다.

## 5. 표면살균 처리가 신선도 연장에 미치는 효과

### 가. 딸기

1) 오존에 의한 표면살균 처리에 의하여 실온에서 3일간 저장하였을 때 대조구에 비하여 총균수  $10^3$  cfu/g, 효모 및 곰팡이와 대장균군은  $10^1$  cfu/g 정도 낮게 검출되었다.

2) 한편 대조구의 경우 저장 3일, 오존처리구는 5일째에 부패가 시작되었고, 감모율, 아스코르브산 유지율, 표면색택 변화등에 있어서 대조구에 비하여 유의적인 차이를 나타내었다.

3) 실온과 13℃ 두 온도구에서 저장하였을 때 13℃ 저장구가 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군에 있어  $10^1$  cfu/g 정도 낮게 나타났다

### 나. 느타리버섯

1) 오존가스에 의한 살균처리후 16일간 저장하였을 때 저장 기간중 총균수와 대장균군에 있어서 대조구에 비하여  $10^1$  cfu/g 만큼 낮게 검출되었다.

2) 느타리 버섯의 저장중 선도저하는 짓물림과 갈변의 진행에 따른 부패와 곰팡이 발생에 의하여 인지되어지는데 부패현상은 대조구가 6일째, 오존처리구가 12일째부터 진행되었으며, 곰팡이 발생은 대조구가 12일째, 오존처리구가 14일째부터 나타났다. 그리고 표면색택과 감모율 등에 있어서도 오존처리구가 대조구에 비하여 양호한 결과를 나타내었다.

## 6. 세정 공정을 활용한 오염원 제거 기술의 개발

가. 청과물의 수확후 세정, 냉각, 살균 동시 기능 시스템 고안, 설계 및 제작

(1) 기능 : (가) 품목별 특성에 맞는 세정방법 채용 가능 - 초음파, 와류, 침지식, 살수식

(나) 세정 및 살균용수의 온도를 0~40℃범위에서 임의 콘트롤 가능

(다) 오존발생장치와 연결하여 오존수 살균 기능

(라) 화학적 살균제(active chlorine 등)의 사용 가능

(2) 제원 : (가) 규격 : 1,960<sup>L</sup>×1,950<sup>H</sup>×800<sup>W</sup>mm , 전원 : 정격전압 220V, 60HZ

(나) 구성 : 냉각수발생부, 세정 및 살균처리부, 살수부, 오존수발생부, 초음파 발생부, 와류발생부, 이송부, 펌프 및 콘트롤부

(다) 재질 : 스테인레스 스틸(SUS 316)

(라) 냉각시스템 : 1, 1/3HP (밀폐형) 2 대

(마) 초음파발생기 : 1,200 W × 2 대, Frequency 40~90kHz

(바) 오존수 농도 : 0 ~ 5ppm

(물유량 : 5 l/min, 산소유량 : 10 l/min)



나. 세정, 냉각 및 살균의 복합처리에 의한 청과물의 표면살균처리 기술

(1) 잎상추를 시료로하여 active chlorine 100ppm을 함유한 calcium hypochlorite 수용액으로 세정처리한 결과 20분 처리로서 90%, 150~200ppm active chlorine 농도에서는 99% 이상 살균효과가 있었다. 한편 수돗물로 상추를 개체별로 1차 세정한 다음 100ppm active chlorine으로 처리한 경우는 수돗물 세정에 의해서 90%가, active chlorine에 의해 99%가 제거되었고 처리수의 pH가 저하함에 따라 그 효과가 증대하였다.

(2) 오존수 처리에 있어서는 용존 오존 농도 1.0ppm 이상에서는 30분 처리로서 99% 이상 미생물을 살균시킬 수 있었고 60분 처리로서 대장균군은 99.9% 이상이 사멸되었다.

(3) 초음파 처리와 와류 및 살수에 의한 세정 방법에 의해서는 처리 시간이 경과함에 따라 미생물 수가 감소하였으나 90% 이상 제균 효과는 얻기 힘들었다.

## 7. Hydrocooling, 세정 및 표면살균의 동시처리가 신선도에 미치는 효과

가. 잎상추, 사과, 토마토를 세정, 냉각 및 표면살균처리하여 플라스틱 필름에 소포장하여 잎상추는 5℃, 사과와 토마토는 10℃에 저장하면서 신선도 유지 효과를 비교하였다. 세정수로서는 4℃의 1.0 ppm 오존수, 100 ppm 염소수 그리고 초음파와 수돗물을 이용하였다. 세정 처리에 의하여 이들 청과물의 표면 미생물은 90~99% 제거되는 효과를 보였고 저장기간중 미생물 증가는 상추와 토마토는 2 ~3 log cycle, 사과는 1 log cycle 증가하였으며 세정 처리한 경우 저장 전기간을 통하여 상대적으로 낮은 값을 보였다.

나. 전반적인 신선도 유지 효과 측면에서 볼 때 100 ppm 염소수 처리구가 표면 살균과 신선도 유지에 가장 좋은 효과를 보였으며 다음이 1.0ppm 오존수 처리한

경우였다. 그리고 이들 세 품목에 있어 shelf-life는 처리 방법에 따라 크게 차이가 없었으나 세정처리한 경우 hydrocooling 효과에 의하여 신선도가 연장되는 결과를 가져왔다.

## 8. 전처리 공정에서 표면 오염원 제거기술의 활용방안 정립

가. 청과물의 향후 유통 형태를 고려하여 전처리 공정 즉 예냉, 세정, 보관 그리고 신선가공제품 (fresh-cut fruit and vegetables) 등의 공정에 표면 오염원 제거 기술을 도입하여 효율성을 제고하고자 표면살균시스템을 관련 전처리 공정에 연계한 '다기능 동시 처리 시스템'으로 구축, 다목적으로 활용할 수 있도록 하였음.

### 나. 차압예냉 겸 오존가스살균처리 시스템의 구축

(1) 기능 : (가) 청과물의 신속한 냉각 (30℃ → 2℃, 2시간) 처리 기능

(나) 냉각(예냉) 과정에서 오존가스에 의한 표면살균 기능

(2) 제원 : (가) 규격 : 1,900<sup>H</sup>×1,700<sup>L</sup>×780<sup>W</sup> mm

(나) 챔버 : 1,000<sup>H</sup>×1,100<sup>L</sup>×600<sup>W</sup> mm

(다) 구성 : 냉각(예냉)처리부, 오존가스공급부, 냉동기기 및 콘트롤부

(라) 온도 : -10 ~ 60℃

(마) 정압 : 0 ~ 20 mmAq, 최대풍속 : 2CMM

(바) 오존가스 농도 : 산소사용시 max. 2,550ppm,

공기사용시 max. 130ppm

(3) 특징 : (가) 현재 보급되고 있는 차압예냉시스템의 송풍구에 쉽게 부착설치할 수 있음.

(나) 오존가스에 의한 살균처리중 사과등 에칠렌을 발생시키는 품목에 대하여서는 에칠렌 분해 효과를 기대할 수도 있어 2차적인 신선도 연장 효과가 있음.

#### 다. 급속냉각과 오존가스처리에 의한 표면살균처리 기술 개발

(1) 딸기의 경우 2시간 이내에 초기 품은 17℃로부터 3℃까지 냉각이 가능하였고, 오존가스처리(40 ppm, 2시간)로 오염 미생물을 1/10로 감소시킬 수 있었고 (초기 오염 실태 : 총균수  $3.4 \times 10^3$  cfu/g, 효모 및 곰팡이  $6.2 \times 10^2$  cfu/g, 대장균군  $1.6 \times 10^2$  cfu/g), 이 때 중량 감모율은 0.37 ~ 0.57% 였다.

(2) 급속냉각에 의하여 딸기는 조직 연화가 억제되었고 저온균에 대하여 생육 억제 효과가 있는 것으로 추정되었으며 그 결과 신선도가 연장되었다. 한편 적정 오존가스 처리시간은 2시간이었다.

(3) 딸기의 신선도는 급속냉각과 오존처리에 의하여 대조구에 비하여 30% 정도 연장되었으며 저장기간중 미생물수는  $10^1$  cfu/g정도 낮게 나타났다.

#### 라. 개발 및 적용 가능한 시스템

- (1) 차압예냉 + 오존가스 살균 시스템
- (2) 세정 + 냉수냉각 + 오존수 살균 시스템
- (3) 세정 + 냉수냉각 + 화학적살균제 처리 시스템
- (4) 저온저장고, 청과물보관시설 + 오존가스 살균 시스템
- (5) 신선가공 제품의 가공 공정 (표면살균후 소포장 유통)

마. 표면살균 처리 시스템은 향후 국민들의 건강지향성, 식품에 대한 안전성 추구, 유통 형태의 고급화와 소포장화 등에 힘입어 다각적으로 활용이 예상되고 있음.

## 9. 표면 오염원 제거 기술의 비용 분석 및 산업화 방안 정립

### 가. 비용분석

- 차압예냉시설을 활용한 표면살균 시설 설치시 50평 기준으로 160,500,000원
- 세정 및 냉각장치를 활용한 살균 시스템 설치시 (1,000kg/h 기준)
  - o 오존수 이용시 : 42,400,000원 소요
  - o 염소수 이용시 : 29,900,000원 소요

나. 본 시스템의 설치 및 활용은 팩킹하우스와 산지청과물종합처리장에 연계하여 설치, 운영하는 것이 주변 시설 (다듬기, 선별, 포장, 저장 등)을 효율적으로 활용할 수 있어 가장 바람직한 것으로 판단됨.

다. 세정, 냉각 겸 살균 시스템 구축 기술은 설비업체에 기술을 전수하여 조기에 국산화, 보급이 될 수 있도록 할 계획임.

라. 연구기간중 도출된 결과는 관련 전문 학술 잡지 (한국농산물저장유통학회지, 한국식품과학회지)에 게재, 발표하고, 관련 기술 및 운영에 대하여서는 관련업자에 대한 교육과 자료제공 등을 통해 기술의 조속한 파급을 기하고자 함.

# 여백

# SUMMARY

## I. Title

Development of surface sterilization technology for fruit and vegetables

## II. Object and Importance

This study was oriented to minimize the quality deterioration during distribution stages and supply to consumers safe and high quality produces, through the development of surface sterilization technology for fruit and vegetables. It will be contributed to increase farm income and competitive power against foreign produces.

## III. Range and Scope

1. Survey for ozone utilization in agricultral and food industries
2. Analysis of microbial contamination for domestic fruit and vegetables
3. Investigation of sterilization effect and treatment conditions by ozone for fruit and vegetables
4. Development of surface sterilization technology by ozone for fruit and vegetables
5. Development of surface sterilization technology combined with washing process

6. Freshness prolongation for fruit and vegetables by hydrocooling, washing and surface sterilization
7. Establishment of utilization techniques for surface sterilization technology in pretreatment processes for fruit and vegetables
8. Cost analysis for surface contaminant elimination and establishment for industrialisation guide

#### **IV. Results and Opinion**

##### **1. Ozone utilization in agricultural and food industries**

- Investigation and data analysis of ozone utilization technology in agricultural and food industries

; Ozone(O<sub>3</sub>) is harmful to human but has powerful sterilization capacity.

It was considered to be utilized effectively for substitution for chlorine compound disinfectants in sterilization and storage of fresh fruit and vegetables.

##### **2. Design and manufacture of gas and liquid ozone generating system**

- gas phase concentration ; 0 ~ 2,550ppm, max ( O<sub>2</sub> flow rate 10 l/min)
- liquid phase concentration ; 0 ~ 1.6ppm, max ( O<sub>2</sub> flow rate 10 l/min, water flow rate 5 l/min)
- ozone generating type ; high voltage surface discharge

##### **3. Investigation of microbial contamination for domestic fruit and vegetables**

A. Domestic fruit and vegetables were contaminated with the range of  $10^3$  ~  $10^9$  cfu/g in total aerobes(counts),  $10^3$  ~  $10^7$  cfu/g in yeast and mold, and  $10^3$  ~  $10^7$  cfu/g in coliform group for 8 items collected during distribution from harvest to retail stage.

B. Microorganism increased during distribution from field to consuming area by  $10^1$  ~  $10^3$  cfu/g. It was considered that distribution circumstance was acceptable for microbial growth and second contamination.

C. Fruit and vegetables except root vegetables such as garlic and onions were distributed through 1~3 days from field to consumer or marketplace. Lettuce, oyster mushroom, strawberry and the like tended to increase more severely in the microbial population than any others during distribution.

#### 4. Determination and establishment of surface sterilization conditions by ozone gas and ozone water

A. Sterilization effectiveness of ozone gas was shown to be a difference among the products and tended to be increased with the increase of treated concentration and time.

B. Ozone treatment could decrease the population of total aerobes, yeast and mold, coliform group by 90~99.9%(1~3 log cycle). Coliform groups in strawberry and oyster mushroom were sterilized by the ozone treatment of 30~40ppm/4 hours and 10~40ppm/4 hours, respectively.

C. Adequate sterilizing conditions by ozone gas were determined to be



20ppm/ 2~4hrs in onion, 20ppm/4hrs in garlic, 30ppm/2~4hrs in strawberry, 20ppm/2~4hrs in shiitake mushroom, and 30ppm/2~4hrs in oyster mushroom.

D. Ozone gas and 70% ethyl alcohol had similar sterilizing effect for strawberry.

E. Compared to sterilization effectiveness of ozonated water and city water for leafy lettuce, ozonated water had better sterilizing effect by 10 times than city water.

F. Sterilization effectiveness of ozonated water varied with treated products and tended to be improved with the increase of treated concentration and time. Adequate treatment conditions of ozonated water were estimated to be 1.0ppm/ 40min in Chinese cabbage, 1.5ppm/ 40min in cereley, 1.5ppm/ 20min in bean sprout.

## 5. Freshness prolongation of fruit and vegetables by surface sterilization

### A. Strawberry

1) During storage at room temperature for 3 days, total aerobes of strawberry treated by ozone gas was detected  $10^3$  cfu/g lower than the control. And yeast and mold, and coliform group were lower than the control.

2) Strawberry, treated by ozone gas, began to deteriorated 2 days later than 3 days of the control. And changes in weight loss, ascorbic acid

retention and surface color were significantly differed from the control.

3) Microbial load of strawberry stored at 13℃ was lowered than that stored at room temperature.

#### **B. Oyster mushroom**

1) Total aerobes and coliform group of oyster mushroom, stored for 16 days after ozone gas treatment, were showed 1 log cycle lower than the control.

2) Quality of oyster mushroom was deteriorated by softening and browning, and fungi development. Rotting by softening and browning was begun since 6 days for the control and 12 days for the ozone treated one. Fungi was developed since 12 days for the control and 14 days for the ozone treated one.

### **6. Development of surface sterilization system combined with washing process**

#### **A. Design and manufacture of combination system for simultaneous washing, cooling and surface sterilization**

##### **(1) Function**

(a) Versatile washing style selection to produce properties

- ultrasonic wave, vortex, spray, immersion etc.

(b) Temperature control ; 0 ~ 40 ℃

(c) Availability to ozonated water and chemical preservatives

##### **(2) Specifications**

(a) Size ; 1,900mm(L) × 1,50mm(H) × 800mm(W)

Power supply ; regular voltage 220V, 60Hz

(b) System ; cooling, washing and sterilizing sections

ozonated water supplying section

ultrasonic wave producing section

vortex forming section

conveyor, pump, control parts

(c) Material ; SUS 316

(d) Cooling system ; 1, 1/3 HP (closed type) 2 ea

(e) Ultrasonic wave generator ; 1,200W × 2ea, Frequency 40~90kHz

(f) Ozonated water ; 0~5 ppm

(water flow rate 5 l/min, O<sub>2</sub> flow rate 10 l/min)

#### B. Surface sterilization technology development by ozonated water and active chlorine

(1) Treatment by 100ppm and 150~200ppm chlorinated water for 20 min could decrease 90% and 99% of microbial load of leafy lettuce, respectively. 90% of microbial load was eliminated by individual tap water washing and 99% by further chlorinated water washing. The sterility was increased with the pH drop of chlorinated water.

(2) Treatment by ozonated water (1.0~1.5ppm) at 4°C for 30 min could decrease microbial load of leafy lettuce by 99%. And 99.9% of coliform group was decreased by 60 min ozone treatment. The solubility of ozone increased with the drop of water temperature and it was well combined with hydrocooling system.

(3) Ultrasonic wave, vortex and spraying type washing decreased microbial load, but it was hard to decrease above 90% by those methods.

## **7. Freshness prolongation of fruit and vegetables by hydrocooling, washing and surface sterilization**

A. Leafy lettuce, apple and tomato were washed, cooled and sterilized. Leafy lettuce was packed loosely with PP bag and stored at 5°C. Apple and tomato were packed in polystyrene tray with PVC wrapping and stored at 10°C. 1.0 ppm ozonated water, 100 ppm chlorinated water, tap water and ultrasonic wave were applied for washing and surface sterilization. 90~99% of microorganism in those produces was eliminated by those treatments. During storage, microorganism was increased by 2~3 log cycle for leafy lettuce and tomato, and 1 log cycle for apple. Washed produces had lower microbial load during storage period.

B. 100 ppm chlorinated water had good effect for freshness prolongation and then 1.0 ppm ozonated water. Hydrocooled produces had better freshness than the control during storage.

## **8. Development of surface sterilization technology combined with pretreatment processes**

A. Through the application to pretreatment processes(precooling, washing, storage and minimal processing), this combined system could contribute to prolong the freshness of fruit and vegetables.

### **B. Combined system with pressure cooling and ozone gas sterilization**

(1) Function ; (a) Rapid cooling of fruit and vegetables

(30°C → 2°C, 2 hours)

(b) Surface sterilization by ozone gas during cooling

(2) Specification

(a) Size ; 1,900mm(H) × 1,700mm(L) × 780mm(W)

(b) Chamber ; 1,000mm(H) × 1,100mm(L) × 600mm(W)

(c) Major components ; cooling, ozone gas generation, refrigerator and control parts

(d) Temperature ; -10~60℃

(e) Static pressure ; 0~20mmAq,max; air velocity 2CMM

(f) Ozone gas concentration ; 2,550ppm(O<sub>2</sub>), 130ppm(air)

(3) Characteristics

(a) Good combination with pressure cooling system

(b) Contribution to freshness prolongation for fresh produces by ethylene decomposition

C. Development of surface sterilization technology by rapid cooling and ozone gas treatment

(1) Strawberry cooled to 3℃ from 17℃ within 2 hours and its microbial load was decreased by 1/10 with 40 ppm ozone gas treatment for 2hrs (initital microbial load; total aerobes  $3.4 \times 10^3$  cfu/g, yeast and molds  $6.2 \times 10^2$  cfu/g, coliform group  $1.6 \times 10^2$  cfu/g) and then weight loss was 0.37 ~ 0.57%.

(2) A softening of strawberry was retarded by rapid cooling and its freshness was prolonged by inhibition of microorganism growth. Optimal ozone treatment time was 2 hours.

(3) Shelf-life of strawberry, treated by rapid cooling and ozone gas surface sterilization, was prolonged by 30% and its microbial load was showed 1 log cycle lower than the control.

**D. Applicable system for fresh produces**

- (1) Pressure cooling + ozone gas sterilizing system
- (2) Washing + hydrocooling + ozonated water sterilizing system
- (3) Washing + hydrocooling + preservative treatment system
- (4) Cold store and preservation facility + ozone gas sterilizing system
- (5) Minimal processing

E. Surface sterilization system will be utilized for improve the freshness and safety for fresh fruit and vegetables, according to the change of distribution system.

**9. Cost analysis and industrialization of surface sterilization technology**

**A. Cost analysis**

- Surface sterilization system combined with pressure cooling facility;  
160,500 thousand won (based on 50 pyeong size)
- Surface sterilization system combined with washing and hydrocooling facility ; 42,400 thousand won for ozonated water and 29,900 thousand won for chlorinated water

B. Surface sterilization technology will be promoted to propagate through the combination with a packing house and total distribution facility for fresh fruit and vegetables, because it can utilize effectively the related facilities.

C. We are planning to localize early through the supply of washing,

cooling and sterilizing technologies to related manufacturing companies.

D. The results will be published on related academic journals and conferences. It will contribute to propagate early the technology. And, further education and support will be supplied for technology demanders for the propagation of its technology and operation techniques.

## CONTENTS

|  |    |
|--|----|
| I. Introduction .....  | 31 |
| II. Survey for ozone utilization in agricultural and food industries .....       | 35 |
| 1. General characteristics of ozone .....  | 35 |
| 1.1 Characteristics .....  | 35 |
| 1.2 Sterilization power .....  | 42 |
| 1.3 Utilization .....  | 44 |
| 1.4 Ozone generator.....   | 47 |
| 2. Sterilization and inactivation of microorganism by ozone .....                | 51 |
| 2.1 Introduction .....   | 51 |
| 2.2 Sterilization and inactivation mechanism .....                               | 54 |
| 2.3 Sterilizing effect.....  | 57 |
| 2.4 Treatment of remained ozone.....   | 65 |
| 2.5 Conclusion .....   | 69 |
| 3. Utilization of ozone for food preservation .....                              | 70 |
| 3.1 Introduction .....   | 70 |
| 3.2 Processed agricultural products .....  | 70 |
| 3.3 Processed marine products .....  | 78 |
| 3.4 Confectionary .....  | 83 |
| III. Analysis of microbial contamination for domestic fruit and vegetables ..... | 87 |
| 1. Introduction .....  | 87 |
| 2. Material and methods .....  | 88 |
| 3. Results and discussion .....  | 90 |
| 3.1 Lettuce .....  | 90 |
| 3.2 Chinese cabbage .....  | 91 |
| 3.3 Garlic .....   | 93 |



|   |     |
|---|-----|
| 3.4 Onion .....   | 96  |
| 3.5 Celery .....  | 98  |
| 3.6 Bean sprout .....   | 100 |
| 3.7 Shiitake mushroom .....   | 101 |
| 3.8 Strawberry .....  | 101 |
| 3. Conclusion .....   | 104 |
| IV. Determination and establishment of surface sterilization conditions by<br>ozone gas and ozone water.....    | 105 |
| 1. Introduction .....   | 105 |
| 2. Materials and methods .....  | 107 |
| 3. Results and discussion .....   | 124 |
| 3.1 Ozone gas treatment .....   | 124 |
| 3.2 Ozonated water treatment .....  | 136 |
| 3.3 Freshness prolongation for fresh fruit and vegetables by ozone .....  | 145 |
| 4. Conclusion .....   | 162 |
| V. Development of surface sterilization technology combined with<br>washing process .....                       | 165 |
| 1. Introduction .....   | 165 |
| 2. Materials and methods .....  | 166 |
| 3. Results and discussion .....   | 171 |
| 3.1 Sterilization by chlorinated water washing .....  | 171 |
| 3.2 Sterilization by ozonated water washing .....   | 174 |
| 3.3 Sterilization by ultrasonic wave washing .....  | 174 |
| 3.4 Sterilization by combined washing of immersion, spraying and vortex .....                                   | 177 |
| 4. Conclusion .....   | 178 |
| VI. Freshness prolongation for fruit and vegetables by hydrocooling, washing<br>and surface sterilization ..... | 179 |

|   |     |
|---|-----|
| 1. Introduction .....   | 179 |
| 2. Materials and methods .....  | 180 |
| 3. Results and discussion .....   | 185 |
| 3.1 Leafy lettuce .....   | 185 |
| 3.2 Apple .....   | 191 |
| 3.3 Tomato .....  | 197 |
| 4. Conclusion .....   | 202 |
| VII. Industrialization guide for surface contaminant elimination technology .....                     | 203 |
| 1. Introduction .....   | 203 |
| 2. Application of surface sterilization technology in pretreatment processes .....                    | 204 |
| 2.1 Application of surface sterilization technology in precooling process .....                       | 204 |
| 2.2 Application of surface sterilization technology in washing process .....                          | 212 |
| 3. Cost analysis for surface contaminant elimination and establishment<br>for industrialization ..... | 220 |
| 3.1 Cost analysis .....   | 221 |
| 3.2 Industrialization guide .....   | 223 |
| Reference .....   | 225 |

# 여백

# 목 차

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 제 1 장 서론 .....                       | 31 |
| 제 2 장 농업 및 식품관련 분야에 있어서 오존의 이용 ..... | 35 |
| 제 1 절 오존의 일반적 특성 .....               | 35 |
| 1. 오존의 특징 .....                      | 35 |
| 2. 오존의 살균력 .....                     | 42 |
| 3. 오존의 이용분야 .....                    | 44 |
| 4. 오존발생장치 .....                      | 47 |
| 제 2 절 오존에 의한 미생물의 살균과 불활성화 .....     | 51 |
| 1. 서설 .....                          | 51 |
| 2. 오존에 의한 바이러스의 살균과 불활성화 .....       | 54 |
| 3. 오존에 의한 살균 효과 .....                | 57 |
| 4. 잔류 오존의 처리 .....                   | 65 |
| 5. 결론 .....                          | 69 |
| 제 3 절 식품 보존 분야에 있어서 오존의 이용 .....     | 70 |
| 1. 서설 .....                          | 70 |
| 2. 농산가공식품 .....                      | 70 |
| 3. 수산가공품 .....                       | 78 |
| 4. 과자가공품 .....                       | 83 |
| 제 3 장 국내 청과물의 오염 실태 .....            | 87 |
| 제 1 절 서설 .....                       | 87 |
| 제 2 절 재료 및 방법 .....                  | 88 |
| 제 3 절 결과 및 고찰 .....                  | 90 |
| 1. 상추 .....                          | 90 |
| 2. 배추 .....                          | 91 |
| 3. 마늘 .....                          | 93 |

|  |     |
|--|-----|
| 4. 양파 .....  | 96  |
| 5. 샐러리 .....   | 98  |
| 6. 콩나물 .....   | 100 |
| 7. 표고버섯 .....  | 101 |
| 8. 딸기 .....  | 101 |
| 제 4 절 결론 및 요약 .....                                    | 104 |
| 제 4 장 오존에 의한 살균 효과 및 적정 살균 조건 .....                    | 105 |
| 제 1 절 서설 .....   | 105 |
| 제 2 절 재료 및 방법 .....                                    | 107 |
| 제 3 절 결과 및 고찰 .....                                    | 124 |
| 1. 오존가스처리 .....  | 124 |
| 2. 오존수처리 .....   | 136 |
| 3. 오존가스 처리가 선도 연장에 미치는 효과 .....                        | 145 |
| 제 4절 결론 및 요약 .....                                     | 162 |
| 제 5 장 세정공정을 활용한 오염원 제거기술의 개발 .....                     | 165 |
| 제 1 절 서설 .....   | 165 |
| 제 2 절 재료 및 방법 .....                                    | 166 |
| 제 3 절 결과 및 고찰 .....                                    | 171 |
| 1. 염소수 세정에 의한 오염원 제거 효과 .....                          | 171 |
| 2. 오존수 세정에 의한 오염원 제거 효과 .....                          | 174 |
| 3. 초음파 세정에 의한 오염원 제거 효과 .....                          | 174 |
| 4. 침지, 샤워 및 와류 방식에 의한 표면 오염원 제거 효과 .....               | 177 |
| 제 4 절 결론 및 요약 .....                                    | 178 |
| 제 6 장 Hydrocooling, 세정 및 표면살균의 동시 처리가 신선도에 미치는 효과 .... | 179 |
| 제 1 절 서설 .....   | 179 |
| 제 2 절 재료 및 방법 .....                                    | 180 |
| 제 3 절 결과 및 고찰 .....                                    | 185 |
| 1. 상추 .....  | 185 |

|  |     |
|--|-----|
| 2. 사과 .....                            | 191 |
| 3. 토마토 .....                           | 197 |
| 제 4 절 결론 및 요약 .....                    | 202 |
| 제 7 장 표면오염원 제거 기술의 산업화를 위한 방안 .....    | 203 |
| 제 1 절 서설 .....                         | 203 |
| 제 2 절 전처리 공정에 있어서 표면오염원 제거기술의 도입 ..... | 204 |
| 1. 예냉공정에 있어서 표면오염원 제거기술의 도입 .....      | 204 |
| 2. 세정공정에 있어서 표면오염원 제거기술의 도입 .....      | 212 |
| 제 3 절 표면오염원 제거기술의 비용 분석 및 산업화 방안 ..... | 220 |
| 1. 비용 분석 .....                         | 221 |
| 2. 산업화 방안 .....                        | 223 |
| 참고문헌 .....                             | 225 |

# 여 백

## 제 1 장 서 론

청과물은 수확시부터 표면에 토양미생물을 비롯한 각종 오염원에 의하여 오염되어 수확시 입은 상처부분 또는 연약한 표면조직을 쉽게 연화 및 부패를 촉진시켜 유통 또는 저장중 막대한 손실을 초래하고 있으며, 미생물에 의한 청과물의 품질저하는 미생물의 번식에 의한 오염과 부패로서 지금까지 과일류는 약 100여종, 야채류는 약 150종 이상의 부패 미생물이 관여하고 있는 것으로 밝혀지고 있다. 이러한 미생물에 의한 변패 및 부패와 청과물 자체의 생리현상으로 인해 유통중 양적, 질적 손실은 20~30%에 달하고 있으나 기존의 수확후 유통방법으로는 미생물에 의한 품질손상 및 저장성 제고에 한계가 있다. 특히 양파, 생강 등 비축 농산물의 저장시 토양미생물은 저온저장만으로는 단지 생육활동을 억제시키는 효과밖에 없는 실정이다.

국내의 경우도 경제발전과 더불어 곡류의 소비는 감소되는 반면 육류와 청과물의 소비량은 급증되고 있고, 특히 상추, 딸기 등 대부분의 청과물은 세정후 그대로 식용하는 기회가 증대되고 있을 뿐만아니라, 건강문제가 대두되면서 셀러리, 신선초 등을 착즙하여 음용하는 가정이 늘고 있으며, 최소가공(minimal processing)된 야채의 유통이 콜드체인 형태로 일반화되고 있으나 청과물 표면에 오염되어 있는 대부분의 세균들은 세척과정에서 거의 제거되지 않기 때문에 식용시 국민건강 측면에서 문제를 야기시킬 수 있어 가시적인 살균효과를 부여할 수 있는 방법의 도입의 필요성이 높아지고 있다.

또한, WTO체제하에서 국제 사회의 무한경쟁시대와 자유무역체제로 급변하는 현실에 있어서 품질의 향상을 기하지 않고는 경쟁력에서 우위를 점하기 어렵고, 국내 농산물의 수출촉진의 필요성은 증가하고 있으나 미국, 일본 등과 같은 수입국에서는 미생물 검사로 청과물의 품질과 신선도를 평가하고 있으므로 전처리과정에서 효과적인 표면살균방법이 강구되어야 한다.

청과물은 위에서 언급한 바와 같이 수확과 소비 단계에 있어 30% 이상이 손실이 되며 손실은 취급하는 모든 단계에서 발생하는데 산지에서 가공업자에게 수송되는 동안과 가공후 운송 저장, 그리고 소비자의 보관중에도 계속 발생한다. 오랫동안



안 알려진 부패균으로는 박테리아, 곰팡이, 효모, 그리고 종종 *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridia* 등의 병원균이 있다. 냉장 온도에서 보관중인 청과물에서 독성을 일으키는 미생물에 대하여서는 지금까지 별로 중요시되지 못하였으나 *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* 그리고 *Aeromonas* 종들이 모두가 4℃에서 생육할 수 있으며 사람에게 위장염을 유발시키는데 이들이 모두 농축수산물의 평범한 오염원이라는 사실은 오염방지법의 효율과 실용성에 의문을 야기시킨다. 여기에 청과물의 살균과 오염 방지를 위해 현재 사용하고 있는 방법에 대하여 기술하면 다음과 같다.

### ① 수확후 살균제 처리

제품의 맛과 품질을 최대한 보존하는 길은 건전한 과일과 채소를 온도, 상대습도 그리고 가스 조성에 최적화된 상태에서 보관하는 것이다. 그러나 흔히 이러한 조건이 원재료에 이미 존재하는 미생물의 생육을 억제하는 가장 좋은 방법은 아니다.

따라서 살균제같은 항생물질을 처리하면 과채류의 보관기간을 연장할 수 있다. 과채류가 미생물에 저항성을 갖거나 저장조건이 미생물 생육에 이롭지 못할 때 살균제 처리의 효과가 극대화될 수 있다. 수집중의 살균제가 판매되고 있는데 살균제 처리되는 제품의 종류, 제품에 잔류하는 미생물, 요망하는 저장기간 그리고 유통, 가공, 소비로 이어지는 과정에 걸리는 시간을 고려하여 선택한다. 처리방법으로는 살균제에 침지하거나 spraying, foaming 또는 훈증을 하는데 훈증은 이산화황의 경우에 사용한다.

### ② 세정

과채류를 물에 담그거나 물을 부려 표면의 균수를 감소시킬 수 있다. 그러나 모든 청과물이 세정에 따라 물리적 충격을 견딜 수 있는 것은 아니고 물로 반복 세정하더라도 조직속에는 여전히 미생물이 잔존한다.

### ③ 염소처리

염소는 용액속에서 빠른 살균 효과를 보인다. 염소원소나 하이포아염소산이 물에 첨가되면 다음과 같은 반응이 일어난다.





자유이용가능염소(free available chlorine)는 염소원소( $\text{Cl}_2$ ), 하이포아염소산( $\text{HOCl}$ ), 하이포아염소산이온( $\text{OCl}^-$ )을 지칭한다.  $\text{HOCl}$ 의 해리는 pH에 의존하고  $\text{HOCl}$ 과  $\text{OCl}^-$  사이의 평형은  $\text{HOCl}$ 이 살균 작용과 동시에 계속 소비될 때도 유지된다. 염소의 살균작용은 정확히 알려지진 않았지만 세포막 단백질과 결합하여 N-염소화합물을 만들고 세포대사에 관여하는 것으로 본다. 미생물 세포 내부의 산화에 예민한 효소가 염소에 의해 저해되는 것도 염소에 의한 살균 기작이다. 약 5ppm의 염소잔류량이면 여러 채소의 균수를 감소시키고 60~80의 하이포아염소산을 과채류 세정시 사용하면 장내 병원균을 불활성화시킬 수 있다.

#### ④ 천연항생시스템

과채류에 존재하는 항생물질은 본래부터 있거나 외부로부터의 물리화학적 스트레스에 의해 생성되는데 제품의 보존기간을 연장시킨다. 항생작용을 하는 많은 종류의 천연화합물이 과채류에서 발견되는데 유기산은 본래 과채류에 함유되어 있든지 발효의 산물로 축적되었는지 막론하고 미생물에 의한 손실을 막는다. 그 예로는 acetic acid, citric, succinic, malic, tartaric, benzoic 그리고 sorbic acid가 있다. 이들 유기산의 작용기작은 pH감소, 미해리된 산의 이온화에 의한 세포내의 pH 강하, 또는 세포막의 투과성의 변화로 물질 전달이 불가능하게 된 경우를 들 수 있다. 그 외에도 유기산은 NADH 산화를 저해하므로 전자전달계에 환원제의 공급을 중단시킨다. 항생작용은 미해리된 산이 하므로 유기산의 살균효율은 해리상수에 따라 다르다. 유기산외에도 12~18개의 탄소를 갖는 지방산도 항생작용을 한다. 곰팡이에 작용하는 것도 있지만 대부분 지방산은 그람양성균과 효모에 효과적이다. 작용기작은 외세포막을 저해하거나 산소흡수를 감소시키고 세포막 투과성을 변하게 하거나 ATP 재생과 세포내부로 영양분을 전달하는 특정단백질의 전자전달계를 불활성화 한다. sucrose와 polyhydric alcohol의 fatty acid ester가 식물중에서 ppm 농도에서도 광범위한 항생작용을 한다. 그외에 향신료 중에서도 항생작용을 하는 성분이 있다.

#### ⑤ 생물학적 조절

*Candida guilliermondii*를 사과나 감귤에 접종하면 부패를 방지할 수 있다. 또 *Pseudomonas cepacia*, *Enterobacter aerogenes* 그리고 *Bacillus subtilis* 등의 균주를 과일에 접종하여도 곰팡이로 인하여 일어나는 부패를 억제할 수 있다. 이와 같이 효과적인 저해균을 이용하여 변패성 세균의 생육을 억제하는 방법이다.

#### ⑥ 그 외의 방법

이상에 열거한 방법외에도 본 연구에서 적용한 오존의 이용, 방사선 조사, modified atmosphere packaging 등 많은 방법이 활용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 효율적이면서도 쉽게 활용할 수 있는 청과물의 표면살균 처리기술의 개발을 위하여 우선 국내산 청과물의 오염실태를 파악하고 이들 오염원을 제거할 수 있는 방법을 모색하였으며 아울러 표면살균처리가 청과물의 신선도 연장에 미치는 효과를 분석하였다.

## 제 2 장 농업 및 식품 관련 분야에 있어서 오존의 이용

### 제 1 절 오존의 일반적 특성 및 이용

그리스어의 Ozein(냄새)이라는 어원을 갖고 있는 오존은 대기중에서는 광화학 반응에 의해 생성되며 지상 20-30km의 성층권에 다량으로 존재한다. 성층권에 있는 오존은 태양으로부터 오는 자외선을 차단하여 인류 및 지상의 동식물을 보호하고 있다. 최근에는 프레온 가스 등의 영향으로 오존층이 파괴되어 북극에서는 오존홀이 생겨 지상 생물이 영향을 받고 있으며, 북극에서도 오존의 농도가 낮아지는 현상이 나타나곤 한다.

1893년 네델란드의 상수처리에서 소독을 목적으로 처음 사용되었던 오존은 자연계에서 불소 다음 염소의 7배 정도로 산화력이 강해 살균, 탈취, 탈색 능력이 뛰어나 수처리 분야 및 그외의 식품, 의료, 공조설비 분야에서 아주 광범위하게 이용되고 있다. 또한 오존은 공기나 산소를 원료로 하여 비교적 용이하게 생성시킬 수 있으며, 일정기간이 경과하면 산소로 환원되어 2차 오염물을 남기지 않는 장점이 있다.

#### 1. 오존의 특징

##### 가. 오존의 일반적 성질

오존은 산소가 있는 상태에서 자외선을 쬐일때에 생성되는 것으로, 산소원자 3개가 결합한 분자(분자식:  $O_3$ , 분자량 : 48, 밀도는  $2,144Kg/m^3(0^\circ C, 1atm)$ , 이등변 삼각형으로 1.287Å의 같은 길이의 공명혼합체)이다(그림 2-1). 상온에서 무색의 기체이지만 15%이상의 고농도에서는 푸른색을 띠고 독특한 자극성 냄새를 갖고 있으며, 눈과 코의 점막을 자극하는 등 고농도에서는 유독한 가스이다. 오존은 자연계에서 불소 다

음으로 산화력이 강하며, 공기중(1wt%)에서의 반감기는 16시간 정도이지만 수중에서는 pH 0.7, 농도 3ppm(wt)일때의 반감기가 약 30 정도로 매우 짧은 특성이 있다. 오존의 물리적 성질을 표 2-1에 나타냈다.

표 2-1. 오존의 물리적 성질

| 물 성                       | 물 성 식                     |
|---------------------------|---------------------------|
| 분자량                       | 48.0                      |
| 비점(760mmHg)[°C]           | -111.9                    |
| 융점(760mmHg)[°C]           | -192.7±0.2                |
| 임계온도[°C]                  | -12.1                     |
| 임계압력[atm]                 | 54.6                      |
| 임계밀도[g/ml]                | 0.473                     |
| 임계용적[l/mol]               | 0.143                     |
| 기체밀도(-183°C, 1atm)[g/l]   | 2.144                     |
| 액체밀도(-195.4°C, 1atm)[g/l] | 1.614                     |
| 점도(액체-183°C)[cp]          | 1.55±0.22                 |
| 25°C에서                    | 9.37                      |
| 유리에너지 F[Kcal/mol](25°C)   | 32.4                      |
| 용해성                       | 어려움                       |
| 물                         | 쉬움                        |
| 액체질소                      | 쉬움                        |
| 사염화탄소                     | 쉬움                        |
| 클로로포름                     | 쉬움                        |
| 색                         | 미청색                       |
| 기체                        | 암청색                       |
| 액체                        | 암자색                       |
| 고체                        |                           |
| 냄새                        | 건조냄새, 비린내<br>신냄새, 고일·낙엽냄새 |
| 기체                        |                           |
| 액체                        |                           |

## 나. 오존의 반응

### (1) 오존과 유기물과의 반응

오존과 유기물의 반응은 오존에 의한 직접 반응, 수용액중에서의 OH radical에 의한 반응 등이 있다.

#### (가) 오존에 의한 직접반응

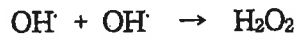
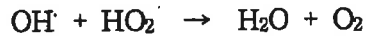
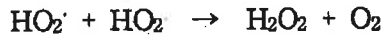
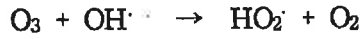
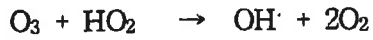
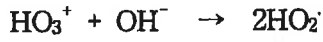
오존은 그림 2-1과 같이 4개의 공명혼합체를 갖는다고 생각되며, 구전자적(Ⅲ,Ⅳ), 구핵적(Ⅰ~Ⅳ), 1,3-쌍극자라고 하는 유기물과 선택적으로 반응한다. 오존에 대해 활성을 나타내는 유기물로는

- ① 불포화결합을 가진 올레핀계 및 아세틸렌계 화합물
- ② 방향족 화합물
- ③ 탄소-질소 이중결합을 가진 화합물표
- ④ 아민, 황화물 등의 구액류
- ⑤ 알콜, 에테르, 알데히드 등의 산소를 함유한 화합물
- ⑥ 여러가지 탄소-금속결합

이중 탄소이중결합이 오존에 대해 가장 반응성이 높으며, 포화탄화수의 경우가 반응성이 가장 낮다.

#### (나) OH Radical에 의한 반응

OH Radical에 의한 반응은 Hoigne 등에 의해 보고되었는데 그 반응성이 매우 높아  $10^{-5}$ 초 이내에 소실되며 오존의 직접반응보다 산화반응에의 기여율이 높다. 그러나 OH radical에 의한 반응은 선택성이 낮고  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$  등의 다른 성분과의 경합 반응으로 인해 유기물의 산화가 억제된다 수중에서의 오존의 자기분해는 다음과 같다.



Criegee에 의해 제안된 오존의 분해기작을 그림 2-2에 나타냈으며, Hoigne에 의한 오존의 직접반응 속도정수群과 OH radical에 의한 반응속도정수를 그림 2-3, 2-4에 나타냈다.

## (2) 오존과 무기물의 반응

오존은 산화력이 매우 강해 금, 백금을 제외한 대부분의 금속을 산화하며 그 이외의 원소와도 반응한다. 무기물은 오존과 반응하여 보다 높은 산화수상태로 되며(예를 들면  $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+} \rightarrow \text{Mn}^{4+}$ ,  $\text{Mn}^{7+}$ ), 불용성의 산화물로써 여과하여 고액분리·제거한다.

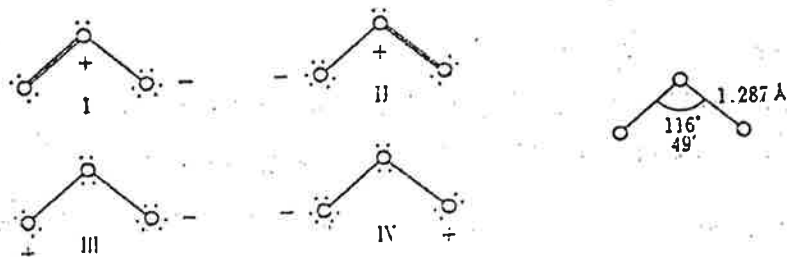


그림 2-1. 오존 분자

오존과 무기물중과의 반응속도를 표 2-2에 정리하였다. 이와 같은 오존의 산화력은 사용환경에 있는 금속, 플라스틱, 고무 등을 산화시켜 부식 열화시키기 때문에 오존을 사용할 때의 재료를 선택하는 데는 각별히 주의할 필요가 있다. 내 오존성 고무재료로는 클로로푸렌 고무, 부틸 고무, 에틸렌 프로필렌 고무, 아크릴 고무, 폴리에틸렌 고무, 에피크로필하이드릴 고무 등이 있다.

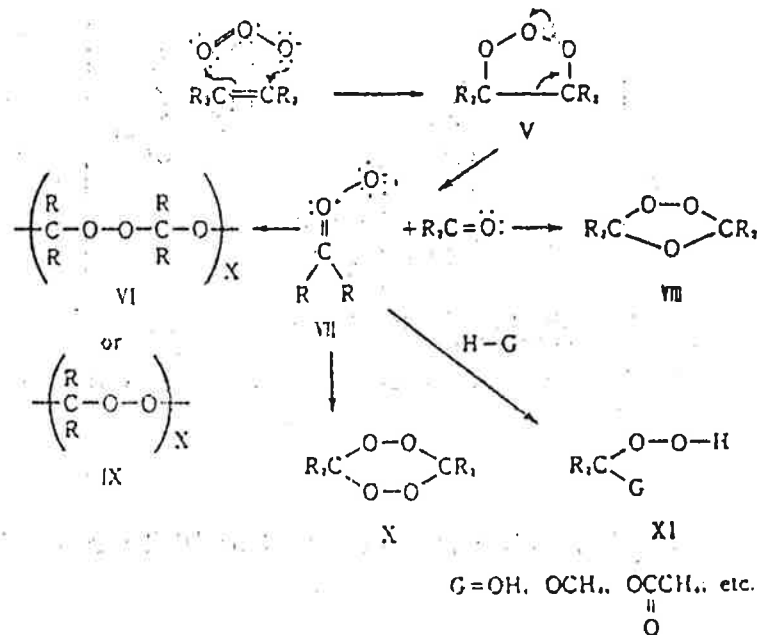


그림 2-2. Criegee의 오존분해 기작



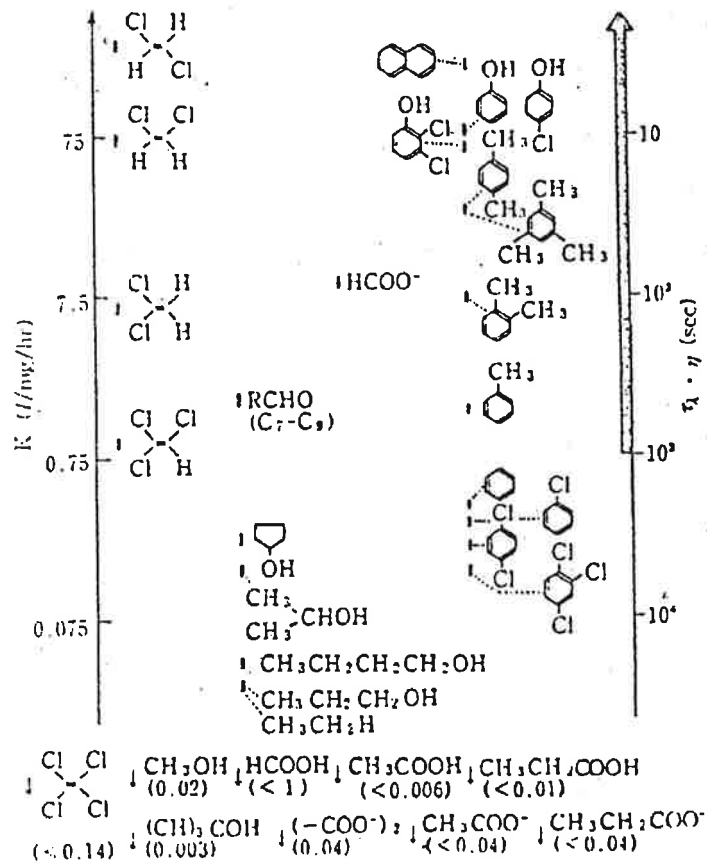


그림 2-3. 직접반응에 의한 반응속도정수(Hoigne)

표 2-2. 오존과 무기종의 반응

| 오존과의 반응성 | 무기종  | 반응속도 정수 ( $\text{M}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ) |
|----------|--|---|
| 빠름       | $\text{NO}_2^-$ , $\text{CN}^-$ , $\text{HS}^-$ , $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$  | $10^5 \sim 10^6$                              |
| 중간       | $\text{Br}^-$ , $\text{BrO}^-$ , $\text{NH}_2\text{Cl}$ , $\text{NH}_2\text{Br}$ , $\text{OCl}^-$ , $\text{ClO}_2$                   | $26 \sim 10^3$                                |
| 느림       | $\text{HPO}_4^{2-}$ , $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{H}_3\text{SiO}_4^-$ | $10^{-4} \sim 0.2$                            |

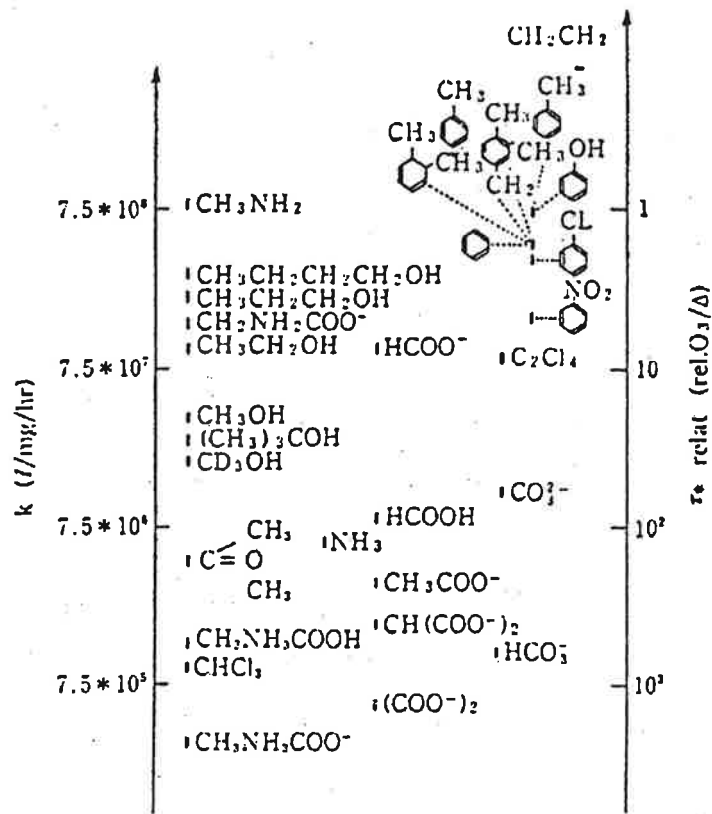


그림 2-4. 각종 화합물의 OH Radical에 의한 반응속도정수

다. 오존의 독성

공기중에서 오존의 급독성은 눈, 코, 기관지의 점막을 자극하며 호흡기계에 해를 일으킨다. 이러한 급성독성은 오존의 농도와 노출시간에 따라 다르게 나타나는데 오존의 노출과 생체에 대한 작용을 표 2-3에 나타냈다. 반복해서 저농도의 오존에 노출되는 경우에는 만성중독의 증상으로 식욕감퇴, 두통, 수면장애 등이 생긴다. 따라서 대기환경기준으로 정하고 있는 오존의 농도는 우리나라의 경우가 년평균 0.02ppm이하, 1시간 평균 0.1ppm 이하로 규정되어 있으며, 일본과 미국의 경우는 1시간 평균이 0.06ppm 이하와 0.08ppm 이하로 규정되어 있다.

## 2. 오존의 살균력

오존은 산화력이 매우 강해 거의 모든 분야에 적용할 수 있으며, 산소로부터 생성되어 분해하여도 산소로 되며 염소계 약제 또는 다른 화학약품과는 달리 유해 반응 생성물을 잔류시키지 않는다. 예를 들면, 수처리를 할 경우 염소계 약제는 물속의 유기물과 반응하여 변이원성과 발암성의 의문이 제기되는 THM등이 생성됨에 반하여 오존은 이러한 문제가 없이 더욱 효율이 좋은 살균을 할 수 있다는 것이다. 오존의 또 하나의 특징은 산소만을 원료로 하고 있어 전력만 충족되면 제조가 비교적 용이하고, control도 용이해 약품비의 부담이 높고, 관리 control이 불편한 염소계 약제나 다른 화학약품에 비해 커다란 장점이 되는 것이다. 다른 요소들을 살펴볼때 처리후에 맛을 유발시키지 않으며, 타물질과의 반응으로 인한 부영양화의 걱정이 없다는 것, 처리후에 호기성 세균 및 물고기의 생존성이 우수하다는 것, 염소계 약제로는 제거하지 못하는 바이러스, 결핵균, 지브스균, 소아마비 발생균 등의 제거 능력이 매우 우수하다는 것이다. 또한 무기물질, 중금속과의 반응 능력도 매우 뛰어나 다른 화학약품으로는 불가능한 성능을 발휘할 수가 있다.

오존에 의한 산균은 생물의 세포막을 파괴하거나, 세포막내에 침입하여 DNA를 파괴하는 등의 살균 메카니즘을 갖고 있어, 세균의 세포막을 통과하여 흡수계 효소를 손상시키어 세포의 동화작용을 정지시켜 살균하는 염소계 약제에 비해 살균속도가 매우 빠르게 된다. 이러한 살균 메카니즘으로 오존은 세균과 바이러스의 살균 및 불활성화에 좋은 효과를 발휘하며, 따라서 플랑크톤 및 바이러스에 대한 매우 좋은 증식 억제 효과를 얻을 수 있다. 결과적으로 미생물의 증식으로 인한 식품의 부패, 변패의 제어 효과는 그만큼 커지게 되는 것이다.

오존의 살균에 대한 한가지 예를 들면 순수배양한 대장균을 순수중에 분산시켜 오존처리를 행한 결과 초기발균수가  $10^5$ 개/ml인 현탁액을 거의 완전하게 살균하는데 필요한 오존의 양은 0.25mg/l 로써 극히 작은 양이었다. 오존과 다른 소독제의 효과를 비교한 값을 표 2-4에 나타냈다.

표 2-3. 오존의 농도에 따른 인체에의 영향

| 오존농도(ppm) | 인체에의 영향                                   |
|-----------|---|
| 0.01~0.02 | 다소 냄새를 느낌(곧 무감각해짐)                        |
| 0.1       | 뚜렷한 냄새를 느끼고, 코와 인후부에 자극                   |
| 0.2~0.05  | 3~6시간 노출로 시각이 저하                          |
| 0.5       | 상부기도에 뚜렷한 자극을 느낌                          |
| 1~2       | 2시간 노출로 두통, 가슴압박, 갈증을 느끼며 반복하여 노출시 만성중독   |
| 5~10      | 맥박증가, 몸에 붓음, 마취증상이 나타나며, 계속하여 노출시 肺水腫을 초래 |
| 15~20     | 작은 동물은 2시간이내에 사망                          |
| 50        | 인간은 1시간으로 생명에 위험한 상태로 됨                   |

이러한 사항으로 볼때 오존을 사용하는 것은 다른 화학약품을 사용하는 것에 비해 커다란 장점이 될 수 있다. 오존처리를 할 경우 한가지 더 생각해야 할 요소는, 오존의 반감기가 30분 정도로 매우 짧아 독성이 오래도록 잔류하지 않는다는 장점과 소독의 잔류효과가 지속되지 않는다는 단점도 아울러 지니게 된다.

표 2-4. 오존과 각종 소독제의 효과 비교(CT값)

| 소독제         | 대상미생물      | Polio I 형 | 기알디아 낭브리아 낭자 | 기알디아 무리아 낭자 |
|-------------|------------|-----------|--------------|-------------|
| 유리염소        | 0.034~0.05 | 1.1~2.5   | 47~> 150     | 30> 630     |
| 미리 생성한 클로라민 | 95~180     | 768~3740  | -            | -           |
| 이산화염소       | 0.4~0.75   | 0.2~6.7   | -            | 7.2~18.5    |
| 오존          | 0.02       | 0.1~0.2   | 0.5> 0.6     | 1.8~2.0     |

### 3. 오존의 이용분야

초기에 상수도의 소독을 목적으로 사용되었던 오존은 pool용수의 소독, 공조 system 등에서의 냉각 용수 및 생물의 콘트롤, 병원 및 하수처리 분야에서도 넓게 사용되고 있다.

#### 가. 수처리 분야

① 상수처리 : 취수원에서의 냄새 및 맛에 대한 대책으로 사용하며, 입상활성탄의 전단계에 사용하여 활성탄층내의 생물작용을 촉진하여 활성탄의 수명을 연장시킴과 THM 제어대책의 일환으로 사용되고 있다.

② 하수처리 : 하수의 3차 처리에서 색도의 제거, 냄새의 제거, 유기물의 안정화, 살균등을 목적으로 한다.

③ 오니처리 : 오니처리 2차 처리수의 황갈색 등의 색도 제거, 아초산의 산화, COD의 제거를 목적으로 한다.

④ 산업 및 기타배수 : 염색배수 및 pulp 배수의 탈색을 목적으로 하며 냉각수에서의 조류살균, pool수의 살균, 무균수의 제조 등에 이용된다. 그러나 염료중 물에 용해도가 낮은 분산계에는 탈색의 효과가 낮다.

#### 나. 공기정화 분야

오니처리시설과 식품공장에서의 배기가스중에 함유되어 있는 악취성분을 제거하는데 이용되고 있으며, 냉장고의 탈취에도 이용되고 있다. 특히 암모니아 성분의 제거에는 우수한 효과를 발휘한다.

#### 다. 식품 분야

이 분야에 대한 오존의 이용은 가공식품의 부패 방지와 신선도 유지, 냄새의 방지 등을 목적으로 한다. 오존화 공기에 의한 방법에서는 주로 가공실, 냉장고내의 세균을 불활성화하는 공정에 이용한다. 또 오존을 용해시킨 물에서 식품, 조리기 등을 소독, 세정하거나 오존수를 얼음으로 만들어 저온보존용에 사용한다. 이들 응용방법을 대별하면,

- ① 오존으로 소독한 물을 식품제조 또는 세정에 사용한다.
- ② 원재료를 오존살균후 식품제조에 사용한다.
- ③ 제조공정 중간 또는 최종제품에 오존으로 처리한다.
- ④ 공장내의 공기를 오존으로 살균, 무균화한 상태로 제조한다.
- ⑤ 포장내에 오존가스를 봉입, 유통기간중 신선함을 유지하도록 한다.

표 2-5. 오존의 이용분야와 목적

| 분 류  | 분 야                          | 목 적  | 오존주입률                           |
|------|------------------------------|--|---------------------------------|
| 수처리  | 상수처리                         | 맛·냄새개선, 철·망간산화, 유기물 안정화, 생물분해성향상, 잔존산소량 증대, 소독     | 1~4mg/ℓ                         |
|      | 하수처리                         | 색제거, 냄새제거, 유기물안정화, 살균, COD제거                       | 5~30mg/ℓ                        |
|      | 오니처리                         | 색제거, 냄새제거, 유기물안정화, COD 제거, NO <sub>2</sub> -산화, 살균 | 10~100mg/ℓ                      |
|      | 산업배수                         | 염색배수탈색, Pulp배수탈색, COD 제거, 살균, 아민·페놀의 분해            | 10~100mg/ℓ                      |
|      | 기 타                          | Pool수 살균, 냉각수 살조, 무균수 제조, 배관슬라임 방지                 | 0.1~2.0mg/ℓ<br>(용존량으로)          |
| 공기정화 | 배기가스처리                       | 식품공장, 하수, 오니처리시설, 악취성분 제거                          | 대상성분몰비로<br>1-5배                 |
|      | Clean room                   | 의료기구, 공장내 병원공기 정화, 냉장고탈취                           | 수 ppm(氣中)                       |
| 식 품  | 가공식품<br>생선식품                 | 부패방지, 곰팡이 방지, 장기보존<br>멸균                           | 수 ppm(氣中)<br>0.5~1.0ppm<br>(수중) |
| 의 료  | 외과, 내과,<br>피부과, 안과<br>등에의 적용 | 곰팡이, 바이러스, 세균살균, 혈액<br>순환촉진, 신진대사 촉진, 암            | -                               |

#### 4. 오존발생 장치

인공적으로 오존을 발생시키는 방법으로는 무성방전법, 전해법, 광화학적 방법 등이 있으며 대량의 오존을 발생시키는 방법으로는 무성방전법이 널리 사용되고 있다. 무성방전법의 원리는 그림 2-5와 같이 교류의 고전압을 가하고 반대의 전극사이에 유리나 세라믹과 같은 유전체를 넣고 이 방전공간에 공기 또는 산소를 주입하여 오존을 발생시킨다. 오존발생의 원리를 그림 2-6에 나타냈다. 무성방전에 의한 오존의 생성율은 이론적으로 1.2Kg오존/KW·h이지만 대부분이 열로 변화하기 때문에 공기를 원료로 하여 이론치의 5% 정도, 산소를 원료로 12% 정도이다.

오존의 발생설비는 아래 그림 2-5와 같이 4가지의 기본설비로 구성된다. 오존발생기의 구조를 대별하면 그림 2-7과 같이 plate형과 tube형의 2가지가 있다. 기본적인 발생법에 대해서는 커다란 차이가 없으며 plate형은 전극과 유도체를 여러점으로 점진 구조이고, tube형은 원통가스관을 몇개 끼워넣은 구조이다. 최근에는 주로 소용량, 저농도용 오존발생기로 그림 2-8과 같은 세라믹관을 사용하고 있으며, 그림 2-9와 같은 SPCP(Surface Discharge Induced Plasma Chemical Process) 소자를 이용하여 상온에서 오존을 발생시키는 고주파연면방전 방식이 개발되어 실용화단계에 있다.

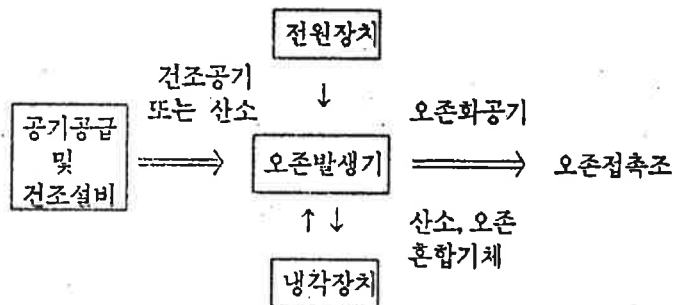


그림 2-5. 오존발생장치의 기본 구성



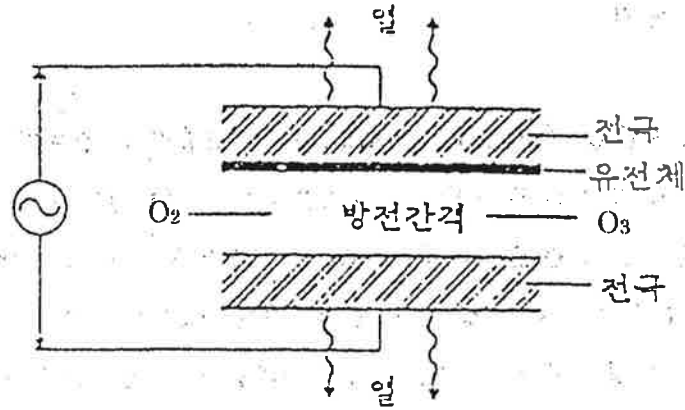


그림 2-6. 오존발생의 원리

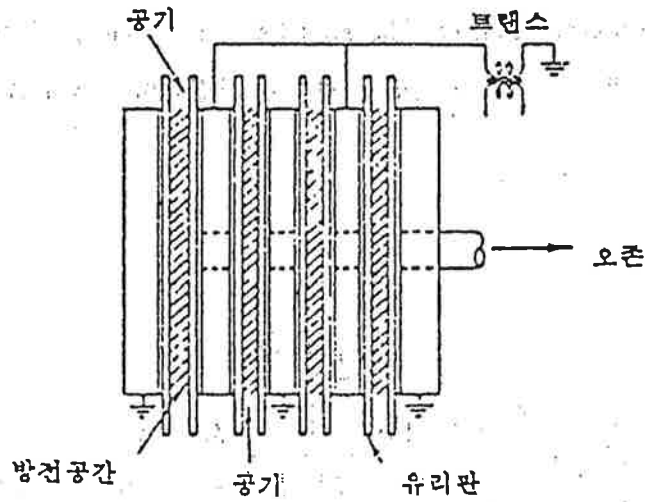


그림 2-7 오존발생기(a, Plate형)

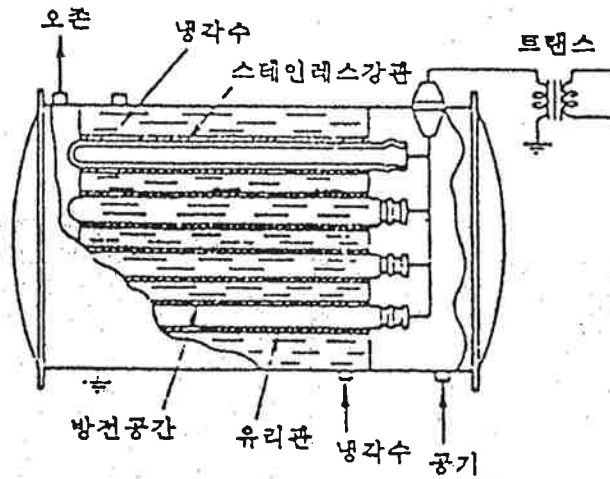


그림 2-7 오존발생기(b, Tube형)

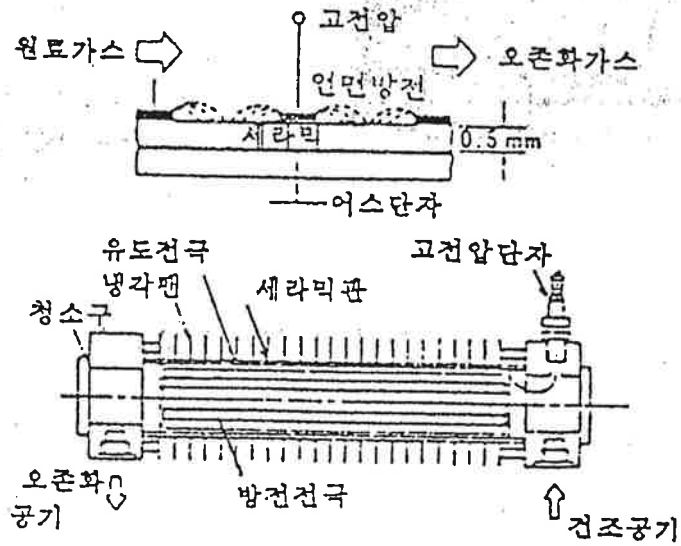
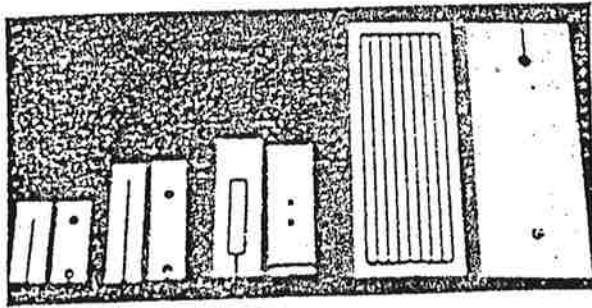
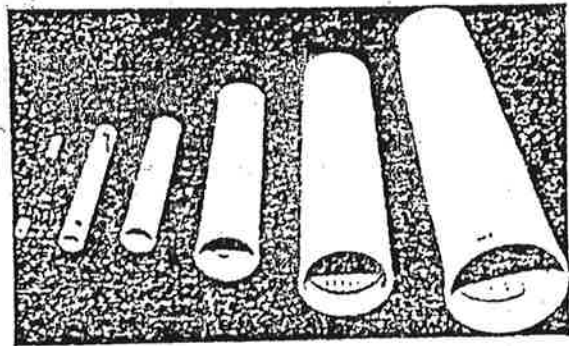


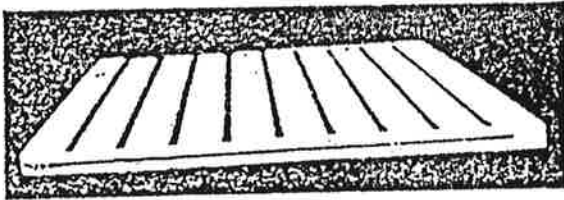
그림 2-8. 세라믹 ozonizer



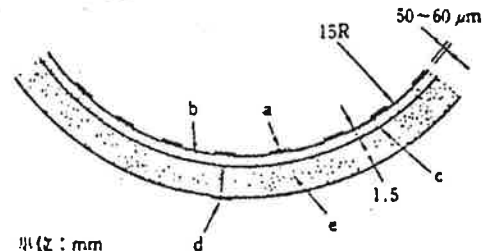
(a) 판형 SPCP 소자



(b) 실린더형 SPCP 소자



(c) 판형 SPCP 소자의 단면도



單位: mm

a: 전극 b: 내부세라믹층 c: 유도전극

d: 전극단자 e: 외부세라믹층

(d) 실린더형 SPCP 소자의 단면도

그림 2-9. 연면방전 세라믹 SPCP 소자

## 제 2 절 오존에 의한 미생물의 살균과 불활성화

### 1. 서 설

살균은 19세기 후반 근대적인 살균법이 확립된 이래 현재는 의료 및 발효공업, 약품공업, 식품공업, 상하수도처리 등에서 사용되고 있으며, 이제는 인간생활에 필수적인 기술이 되었다. 현재 여러 나라에서 사용되고 있는 대부분의 살균 및 소독제로는 상온에서 기체상태의 염소, 이산화염소, 염화브롬, 오존, 과산화수소, 포르말린 및 산화에틸렌 등이 있는데 이들 약제는 모두 산화작용을 갖고 있는 것으로 산화작용이 강한 것은 독성, 부식성 및 자극성의 문제가 있으며, 그렇지 않으면 살균력이 약한 단점을 지니고 있다. 그 가운데 가장 일반적으로 이용되고 있는 염소는 제조비용이 싸고, 살균력이 강하며, 물에 대한 용해도도 높고 잔류효과가 있는 등의 장점을 가지고 있어 널리 사용되고 있지만, 특유의 불쾌한 냄새·맛의 잔류성과 고농도에서는 유독성을 갖고 있으며 유기물질과 반응하여 발암성이 의문시되는 THM을 생성하는 단점을 갖고 있다. 그외의 살균제는 오존층 파괴의 원인이 되고 있는 프롬가스의 병용, 고온훈증에 의한 취급상의 난이함, 잔류독성 및 2차 생성물질 등의 문제가 지적되고 있다.

이에 비해 오존은 제조비용이 약간 높고, 수중에서의 짧은 반감기, 고농도에서는 유기재질을 변질시키는 단점은 있지만, 오존발생기, 산소를 함유한 공기, 전기만 있으면, 원하는 시간, 원하는 장소에서 쉽게 생성시킬 수 있고 산화작용이 불소 다음으로 (염소의 7배 정도) 강하기 때문에 바이러스를 포함한 광범위한 미생물군에 대하여 살균 및 불활성화 작용이 뛰어나고 기상과 액상에서 모두 살균이 용이하다는 점, 살균작용 외에 탈취, 탈색, 정화작용도 병행하며, 2차 잔류물질이 없으며 시간경과와 함께 인체에 무해한 산소로 환원되며, 보수 관리도 비교적 용이함 등의 다양한 이점을 가지고 있다.

식품산업에서 오존은 제조공정상의 미생물 제어, 유통과정에서 신선도를 유지, 곡류·두류 등의 식품 원재료의 잔류농약 분해 등에 사용할 수 있으며, 식품제조 용수중

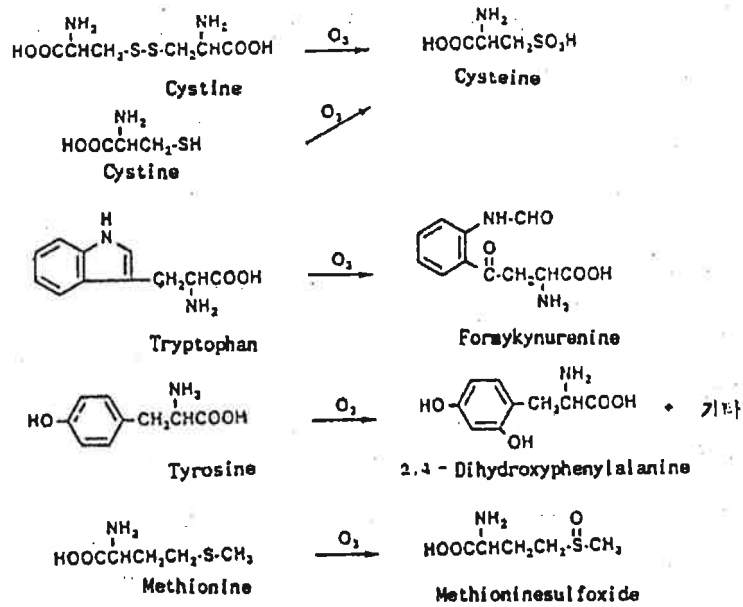


그림 2-10 아미노산의 오존반응생성물

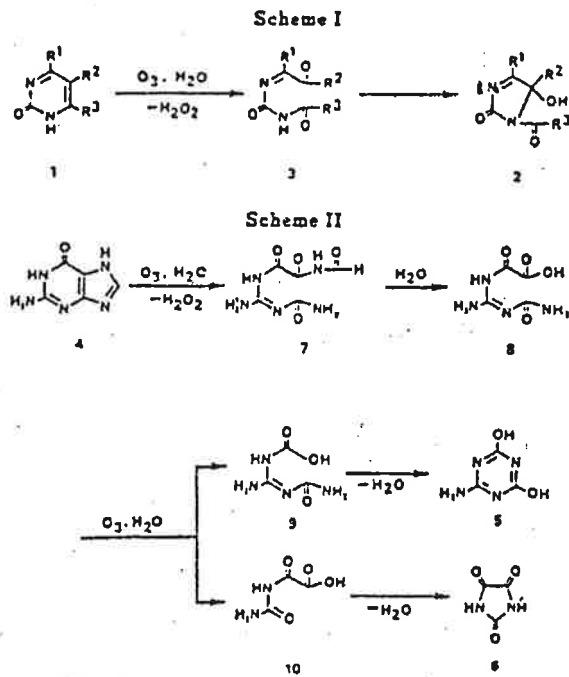
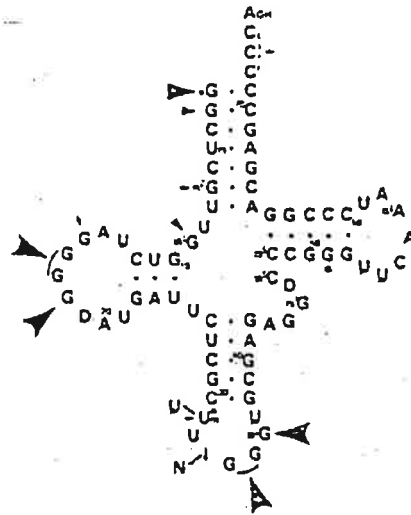


그림 2-11 구아닌 및 시토신류의 오존 반응



분해정도:  $\blacktriangle$ , ~100% ;  $\triangle$ , ~70% ;  
 $\triangle$ , 20%~30% ; - , ca. 10%

[<sup>32</sup>P]Proline tRNA의 30000cpm/ml 용액 2ml (Inst tRNA 100μg/ml, 10mM Mg<sup>2+</sup>, 0.15M NaCl을 함유)에 오존농도 0.1mg/l의 산소가스를 2°C에 대해 유속 70 ml/min으로 16분간 통과시킴. \* 분해여부가 불명

그림 2-12. Proline tRNA의 오존분해 반응 양식

3203 3238  
 TATCAAAAAGGATCTTCACCTAGATCCTTTTAAATT  
 ATAGTTTTTCTAGAAGTGGATCTAGGAAAATTTAA



역방향 반복 염기배열의 십자형 구조로 분해된 염기

그림 2-13. 오존에 의한 Plasmid pBr332 ccDNA의 고리절단 위치의 일례

의 중금속 산화, 유기물 분해 등에 적용할 수 있으며, 이웃 일본에서는 최근 오존 사용이 각 산업분야에서 일반화되는 추세에 있다.

## 2. 오존에 의한 바이러스의 불활성화 기구 및 살균 기구

### 가. 바이러스의 불활성화 기구

살균과 바이러스의 불활성화란 생존이 불가능하고 증식할 수 없는 상태를 말하는데 세균이 어떠한 상태에서 생존이 불가능한 형태로 되는가 하는 것은 크게 다음 4가지로 볼 수 있다.

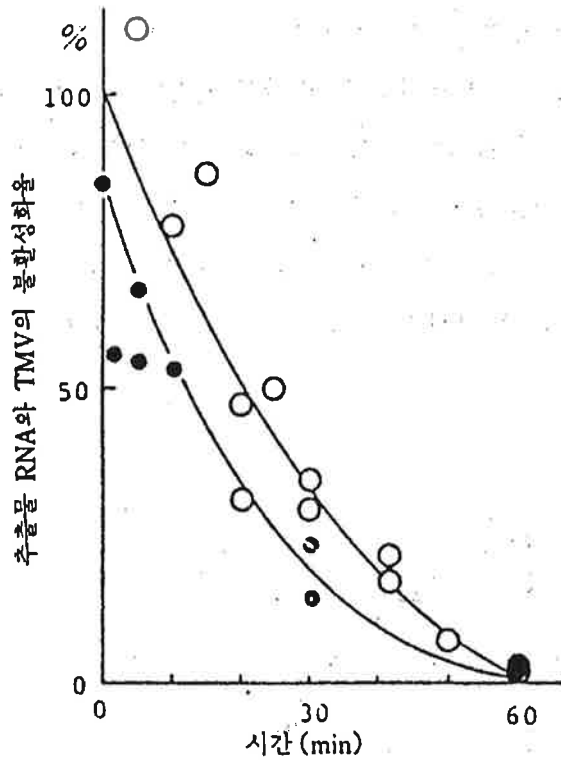
가) 효소의 변성으로 인해 균체의 대사 및 합성이 불가능하게 된다.

나) 세포막의 손상으로 인해 세포막의 투과성이 변화하여 세포내에서  $Ca^{2+}$ 와  $Mg^{2+}$ , RNA 등이 누출된다.

다) RNA와 리보솜이 분해된다.

라) 염색체 또는 그 구성물질인 DNA가 손상된다. 바이러스는 DNA 또는 RNA와 그것을 함유하는 외피 단백질로 구성되어 있는데, 증식과정은 바이러스가 숙주세포에 흡착하고 있어서 DNA 또는 RNA가 숙주세포로 침입해 들어가 증식을 한다. 불활성화란 이러한 증식과정을 저해하여 증식이 불가능하게 되는 것이다. 바이러스의 불활성화 요인으로는 외피단백질 흡착점의 파괴 또는 외피단백질의 변성(탈외피 불능으로 됨) 등의 오존에 의한 손상과 내부 핵산과의 상호작용, 게놈 DNA 또는 RNA의 손상 등에 의한 것이다.

단백질과 DNA 또는 RNA로 구성되어 있는 바이러스의 구성물질과 오존과의 반응을 나타낸 것이 그림 2-10~2-13이며, 그림 2-14는 오존에 의한 담배 모자이크 바이러스의 불활성화 및 RNA 추출 결과를 나타낸 것이다.



TMV 및 TMV\* : 0.1mg(0.1ml), 오존농도 40mg/l,  
 유속 : 330ml/min(액면으로 불어줌)  
 ○TMV의 감염성, ●RNA\*의 추출율

그림 2-14. 오존처리에 의한 모자이크바이러스(TMV)의 불활성화와  
 오존처리 모자이크바이러스로부터 추출한 RNA

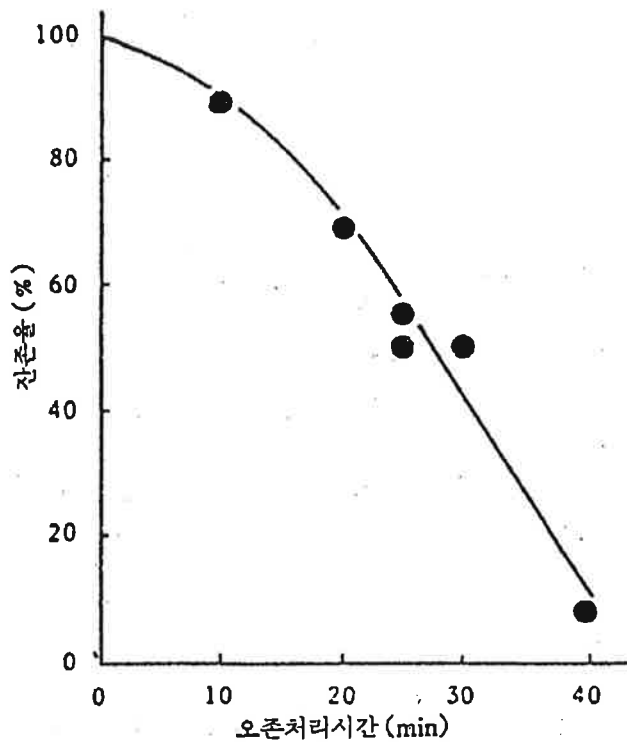
#### 나. 오존에 의한 살균기구

세균의 구성성분은 세포벽이 리포다당, 리포단백질, 펩티드글리칸으로, 세포질막은 인지질(불포화 지방산등), 막단백질, 다당류로 되어 있으며, 세포 성분은 단백질(효소, 히스톤, 리보솜 단백질)과 RNA, DNA 등으로 구성되어 있다. 이들 물질에서 오존과 반응성이 높은 물질은 불포화 지방산의 2중결합, 방향족 화합물과 복소고리식 화합물이다.



오존에 의한 궁극적인 살균기구는 오존이 세포막을 손상시킴으로써 세포막의 구조가 변화하여 침투성이 증가하거나 세포내의 내용물이 누출되어 용해되는 것이며, 또 다른 살균기구로는 오존에 의해 효소와 핵산의 활성이 저하되거나, 염색체 DNA의 파괴인데 효소의 활성이 저하되는 요인으로는 효소 자체의 파괴에 의한 경우와 막 환경의 변화에 의한 분자 상호작용의 변화로 활성구조가 없어지는 경우이다.

오존처리에 의한 대장균내의 Plasmid(염색체와는 따로 증식할 수 있는 유전인자) ccDNA의 소실에 관한 실험결과를 그림 2-15에 나타냈다.



균농도 : 약 108/ml(100ml), 오존농도 10mg/l,  
유속 : 670ml/min

그림 2-15. 오존에 의한 대장균내의 Plasmid ccDNA의 소실

### 3. 오존에 의한 살균효과

#### 가. 오존에 의한 기상의 살균효과

공기의 살균 및 정화처리 식품 가공공장과 호텔, 여관, 레스토랑의 주방 등에서 일반적으로 보급되어 있는 살균방법은 자외선 살균법이다. 그러나 자외선 살균법은 유효범위가 한정되어 있기 때문에 거리가 멀 경우에는 살균효과가 매우 떨어져 자외선으로 공기를 확실히 살균한다는 것은 어려운 일이라고 생각된다. 이에 반해 오존살균법은 광범위한 공간에 대해서 살균을 효과적으로 할 수 있는 수단으로서 기대되고 있다. 표 2-6에 나타낸 것은 모형으로 만든 실내의 오존농도 수준을 나타낸 것인데, 이 농도 수준에 따른 일반 실내의 공중 보유균에 대한 살균효과를 그림 2-16에 나타냈다. 그림에서 볼 때 하층부의 오존농도가 낮을 경우에도 상층부의 오존농도에 따라 90%이상의 살균효과를 얻을 수 있는데, 이 시간을 저레벨에서는 60분(93.6%), 중레벨에서는 30분(92.0%), 고레벨에서는 5분(90.7%) 정도를 나타내고 있다. 이 결과에서 볼 때 오존에 의해 공기중의 세균을 살균할 때에는 오존을 천정면으로부터 확산시킬 경우보다 좋은 효과를 얻을 수 있다고 생각된다.

표 2-6. 측정 실내 공기중의 오존농도 수준

( 단위 : ppm )

| 오존발생<br>단계 | 오존처리시간(min) |      |      |      |     |      |      |      |
|------------|-------------|------|------|------|-----|------|------|------|
|            | 상층부         |      |      |      | 하층부 |      |      |      |
|            | 5           | 10   | 30   | 60   | 5   | 10   | 30   | 60   |
| 저 레 벨      | 0.04        | 0.08 | 0.35 | 0.65 | 0   | 0    | 0    | 0    |
| 중 레 벨      | 0.45        | 1.70 | 3.00 | 3.20 | 0   | 0    | 0    | 0.04 |
| 고 레 벨      | > 5.00      | -    | -    | -    | 0   | 0.20 | 0.50 | 1.00 |

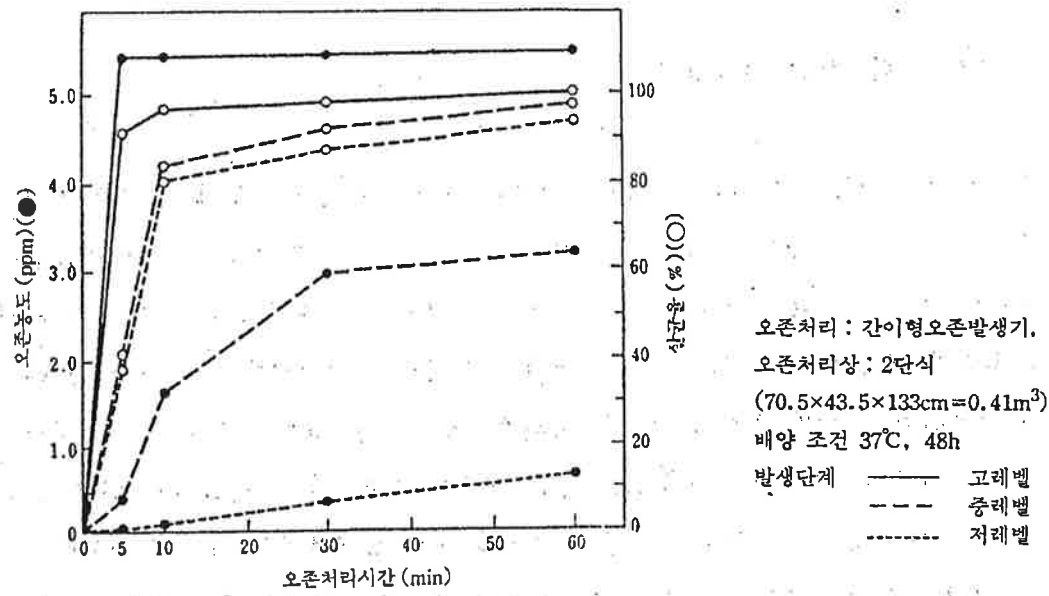


그림 2-16. 일반실내의 오존살균효과

표 2-7. 브로일러 처리장내의 공중부유균에 대한 오존살균효과

| 배양시간 (h) | 살균효과       | 오존처리시간(min)       |                   |                   |                   |                   |
|----------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|          |            | 0                 | 5                 | 10                | 30                | 60                |
| 24       | 생균수(cells) | $7.1 \times 10^3$ | $2.7 \times 10^3$ | $1.2 \times 10^3$ | $9.3 \times 10^2$ | $9.7 \times 10^2$ |
|          | 생균율(%)     | 100               | 38.0              | 16.9              | 13.7              | 1.1               |
|          | 살균율(%)     | 0                 | 62.0              | 83.1              | 86.3              | 98.9              |
| 48       | 생균수(cells) | $7.4 \times 10^3$ | $3.2 \times 10^3$ | $1.4 \times 10^3$ | $1.2 \times 10^2$ | $8.4 \times 10^2$ |
|          | 생균율(%)     | 100               | 43.2              | 18.9              | 16.2              | 1.1               |
|          | 살균율(%)     | 0                 | 56.8              | 81.1              | 83.3              | 98.9              |

표 2-7은 실내의 오존농도가 상층부에서 4.0×4.6ppm, 중간부에서 5.0ppm, 하층부에서 0~1.2ppm의 조건에서 시기별로 오존처리를 한 후 24시간과 48시간 배양했을 때 식품가공공장의 Brolier 처리장에 대한 오존살균효과를 나타낸 것이다. 이 상태에서는 일반 실내보다는 약간 긴시간을 필요로 하였는데, 그 이유는 사육장에서 오염된 균이 처리장내에까지 비산하고 있고, 그 중 아포형성세균도 상당수 존재하기 때문으로 생각된다.

환경기준치 0.1ppm에 대해서도 오존은 어느 정도의 살균효과를 나타내고 있는데, 오존처리를 한 후 48시간 배양한 뒤의 실험결과를 표 2-8에 나타냈다. 이 결과에서는 0.1ppm으로 완전한 처리는 불가능하였지만 환기장치 및 집진장치 등과 조합하여 처리할 경우 매우 높은 효가가 기대된다.

식품공장에서 식품변패의 주요 원인으로 작용하고 있는 진균(효모, 곰팡이)은 일반 세균수에 비해 매우 적은 수로 존재하지만 종류가 다양하며, 포자를 형성하고 있는 종이 많다. 상층부의 농도가 0.07~0.15ppm, 중단부가 0~0.03ppm, 하층부가 0ppm인 조건하에서의 진균에 대한 살균효과를 실험하였는데 그 결과를 표 2-9에 나타냈다.

표 2-8. 오존농도 0.1ppm에 대한 공중부유균의 살균효과

| 살균효과       | 오존처리시간(min)        |                    |                    |                    |                    |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|            | 0                  | 5                  | 10                 | 30                 | 60                 |
| 생균수(cells) | $1.02 \times 10^4$ | $4.45 \times 10^3$ | $3.84 \times 10^3$ | $3.77 \times 10^2$ | $2.25 \times 10^3$ |
| 생균율(%)     | 100                | 44.1               | 38.0               | 37.3               | 27.2               |
| 살균율(%)     | 0                  | 55.9               | 62.0               | 62.7               | 72.8               |

표 2-9. 공중부유 진균에 대한 오존살균 효과

| 살균효과       | 오존처리시간(min) |      |      |      |
|------------|-------------|------|------|------|
|            | 0           | 5    | 10   | 30   |
| 생균수(cells) | 321         | 38   | 68   | 25   |
| 생균율(%)     | 100         | 11.8 | 21.2 | 7.8  |
| 살균율(%)     | 0           | 88.2 | 78.8 | 92.2 |

주) 공기중의 습도 : 81%, 온도 : 27℃, 배양시간 : 13일

나. 오존에 의한 액상의 살균효과

액상에서의 살균효과는 거의 기상의 경우와 같은 형태인데 존재하는 미생물의 종류와 농도에 따라 차이가 난다. 특히 pH, 수온, 암모니아성 질소, 화학적 산소요구량(COD), 수중의 현탁물질등 처리대상 수의 물리·화학적 환경조건에 따라 커다란 차이가 있다. 그러나 오존은 염소에 비해 pH와 온도의 영향이 적어 영양형 세균을 용이하게 살균할 수 있으며, 일반적으로 호기성 세균이 혐기성 세균보다 감소성이 예민하고, 포장 형성세균의 경우에는 저항성이 비교적 강하게 나타난다.

수중에서 각종 세균에 대한 오존 살균효과를 그림 2-8~2-14와, 표 2-5에 나타냈다.

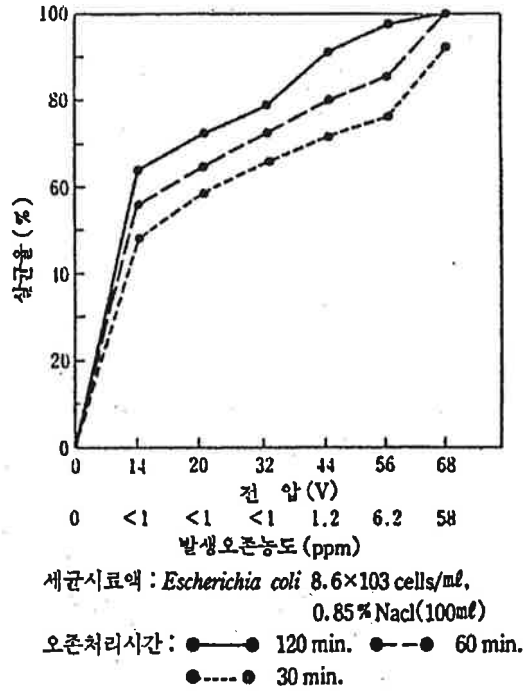


그림 2-17. 대장균에 대한 오존살균효과

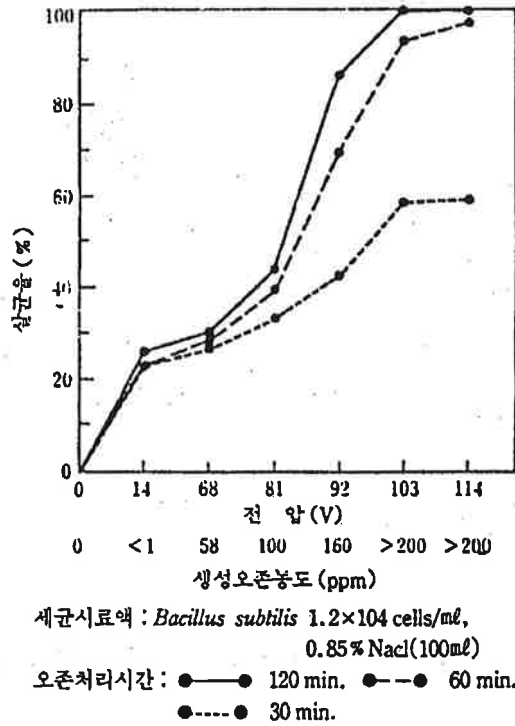
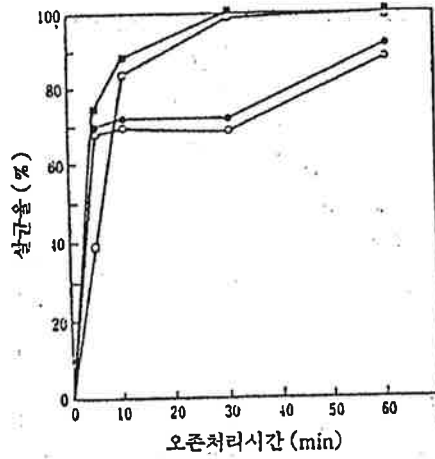


그림 2-18. 고초균에 대한 오존살균효과



오존처리 : 발생오존농도 120 ppm(85V)  
 세균시료액 : *S. aureus*  $1.3 \sim 1.4 \times 10^3$  cells/ml,  
*V. parahaemolyticus*  $2.1 \sim 2.8 \times 10^3$  cells/ml,  
 배양시간 : *S. aureus* ●—● 24 h. ○—○ 48 h.  
*V. parahaemolyticus* ■—■ 24 h. □—□ 48 h.

그림 2-19. 황색포도균과 장염비브리오균에 대한 오존살균효과

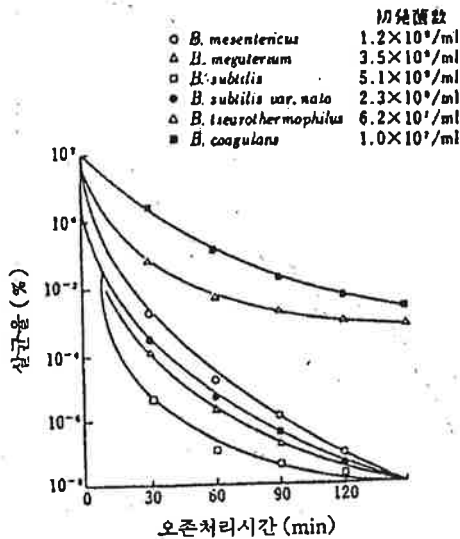


그림 2-20. *Bacillus*속 세균포자의 오존살균효과(오존농도:0.3~0.5mg/l)

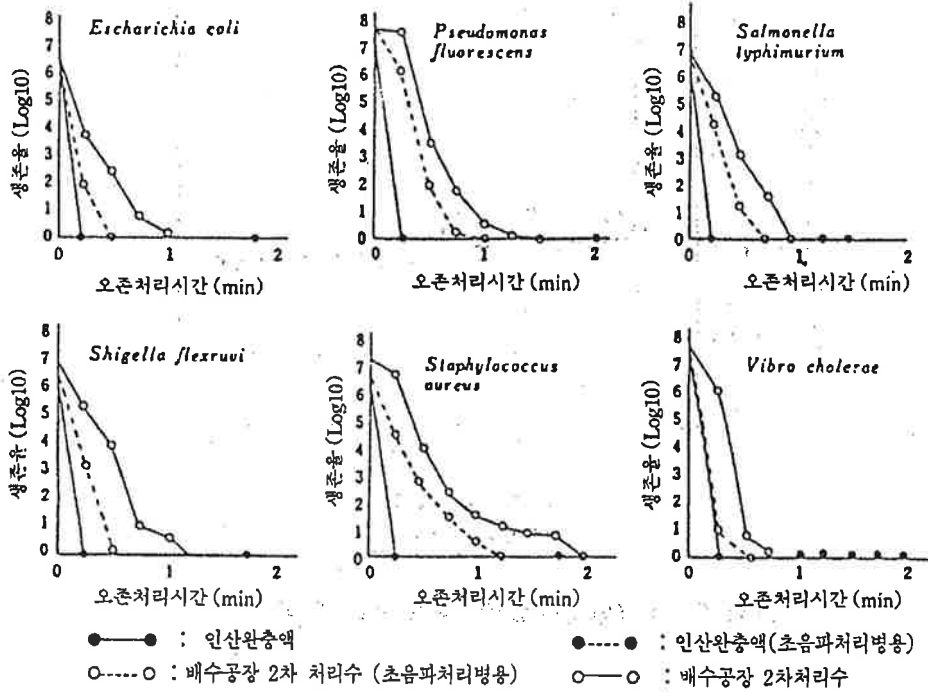


그림 2-21. 각종 병원성 세균의 오존살균효과

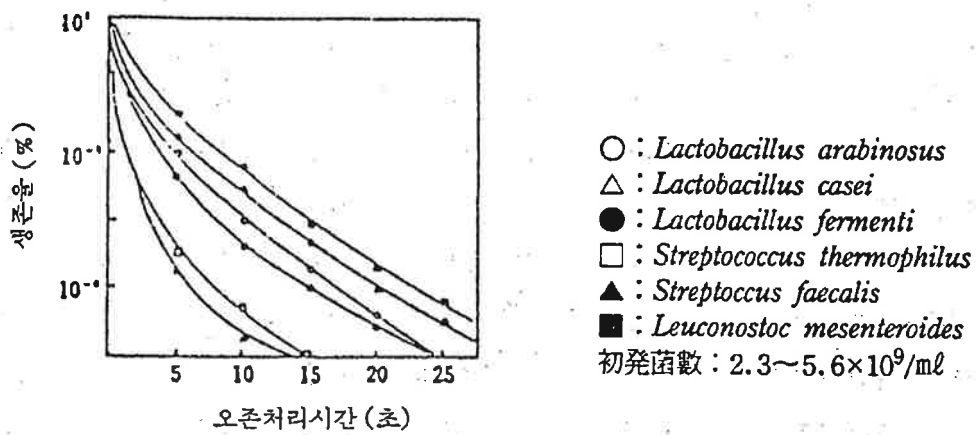


그림 2-22. 수용액중에서 유산균의 오존살균효과



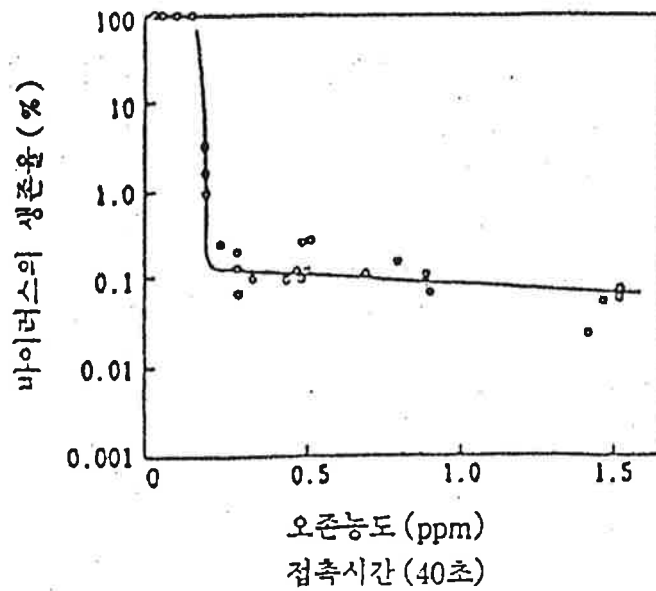


그림 2-23. Poliovirus의 불활성화 효과

표 2-10. 오존에 의한 각종 미생물의 불활성화 효과

| 미생물의 종류      | 수중오존 농도(ppm) | 미생물농도 (개/ml)                         | 온도 (°C) | pH  | 접촉시간(s) | 사멸율 (%) |
|--------------|--------------|--------------------------------------|---------|-----|---------|---------|
| 대장균          | 0.96         | 10 <sup>5</sup> cell                 | 21.0    | 7.0 | 5       | 100     |
| 포도상구균        | 1.08         | 10 <sup>5</sup> cell                 | 21.0    | 7.0 | 5       | 100     |
| 녹농균          | 1.01         | 10 <sup>5</sup> cell                 | 21.0    | 7.0 | 5       | 100     |
| 크로스토티둠       | 0.96         | 10 <sup>5</sup> cell                 | 21.0    | 7.0 | 5       | 100     |
| 감기 바이러스      | 0.96         | 10 <sup>5.3</sup> EDI <sub>50</sub>  | 21.0    | 7.0 | 5       | 100     |
| 닭 뇌척수염 바이러스  | 0.72         | 10 <sup>2.9</sup> EDI <sub>50</sub>  | 21.0    | 7.0 | 5       | 100     |
| 개 전염성 간염바이러스 | 1.20         | 10 <sup>1.5</sup> TCID <sub>50</sub> | 21.0    | 7.0 | 5       | 100     |
| 개 파보 간염바이러스  | 0.96         | 10 <sup>2.5</sup> TCID <sub>50</sub> | 21.0    | 7.0 | 5       | 100     |
| 닭 콕시듐        | 1.92         | 3×10 <sup>5</sup> cell               | 21.0    | 7.0 | 1800    | 100     |

이상 기상 및 수상에서의 오존 살균효과에 대하여 살펴보았는데, 이들에 대한 살균효과를 종합적으로 표 2-11~2-13에 정리하였다.

#### 4. 잔류오존의 처리

인간이 오존냄새를 감지하기 시작하는 농도는 0.01~0.02ppm(Vol)이고, 치사량은 폭로시간에 따라 다르지만 일반적으로 500~5,000ppm(Vol)이라고 한다. 따라서 오존 처리를 한 후에 잔류 오존을 함유하고 있는 공기는 인체에 해가되지 않는 농도까지 처리를 하는 것이 매우 중요하다.

따라서 여기에서는 잔류오존을 처리하는 방법중 활성탄에 의한 방법과 촉매에 의한 방법을 간단하게 소개하고자 한다.

##### 가. 활성탄에 의한 방법

활성탄에 의한 처리는 활성탄의 미세공극에 오존이 흡착·축적됨으로써 처리되는 것이며 활성탄중량의 1.4배 정도의 오존을 처리할 수 있다. 활성탄을 실리카 알루미나 겔에서 고정된 흡착제를 사용할 경우에는 흡착제에 함유된 활성탄 중량의 약 4.5배의 오존을 처리할 수 있으며 수처리시에는 활성탄은 자기중량의 4배의 오존을 처리할 수 있다. 오존과 활성탄에 의한 또하나의 제거과정은 활성탄 표면의 촉매적인 분해와 활성탄중의 탄소와 오존의 화학반응에 의한 것이다.

오존과 활성탄과의 반응식은 아래와 같다.

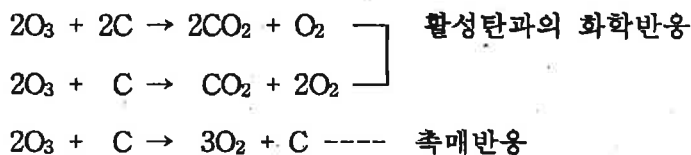


표 2-11. 효모균에 대한 오존의 살균작용

| 효모균의 종류                              | 오존농도 (ppm) | pH  | 온도 (°C) | 작용시간 (min) | 사멸율(%)  | 氣液 |
|--------------------------------------|------------|-----|---------|------------|---------|----|
| <i>Candida paracreus</i>             | 0.3~0.5    | 6.5 | 20      | 5          | 99.990  | 液  |
| <i>Candida tropicalis</i>            | 0.5        | 6.0 | 5       | 8          | 99.995  | 液  |
| <i>Candida mycoderma</i>             | 0.5        | 6.0 | 5       | 10         | 999.997 | 液  |
| <i>Candida krusei</i>                | 0.5        | 6.0 | 5       | 12         | 99.995  | 液  |
| <i>Candida tropicalis</i>            | 0.5        | 6.0 | 5       | 10         | 99.992  | 液  |
| <i>Saccharomyces cerevisial</i>      | 0.3~0.5    | 6.5 | 20      | 1.5        | 99.990  | 液  |
| <i>Saccharomyces rouxii</i>          | 0.3~0.5    | 6.5 | 20      | 1.5        | 99.990  | 液  |
| <i>Saccharomyces rosei</i>           | 0.5        | 6.0 | 5       | 3.5        | 99.996  | 液  |
| <i>Saccharomyces rosei</i>           | 1.5        |     | 10      | 180        | 100     | 氣  |
| <i>Saccharomyces mellis</i>          | 5.0        |     | 10      | 120        | 100     | 氣  |
| <i>Saccharomyces marxianum</i>       | 5.0        |     | 10      | 300        | 100     | 氣  |
| <i>Saccharomyces bayanus</i>         | 0.3~0.5    | 6.5 | 20      | 0.5        | 99.990  | 液  |
| <i>Saccharomyces carsbergensis</i>   | 0.3~0.5    | 6.5 | 20      | 1          | 99.990  | 液  |
| <i>Shizosaccharomyces pombe</i>      | 0.3~0.5    | 6.5 | 20      | 3          | 99.990  | 液  |
| <i>Shizosaccharomyces capsularia</i> | 0.5        | 6.0 | 5       | 300        | 99.995  | 液  |
| <i>Shizosaccharomyces capsularia</i> | 5.0        |     |         | 300        | 100     | 氣  |
| <i>Hansenula anomala</i>             | 0.5        | 6.0 | 5       | 120        | 99.995  | 液  |
| <i>Hansenula anomala</i>             | 10.0       |     | 10      | 180        | 100     | 氣  |
| <i>Hansenula sp.</i>                 | 0.3~0.5    | 6.5 | 20      | 0.5        | 99.990  | 液  |
| <i>Rhodotorula glutinis</i>          | 0.5        | 6.0 | 5       | 3          | 99.995  | 液  |
| <i>Candida pelliculasa</i>           | 0.5        | 6.0 | 5       | 9          | 99.996  | 液  |
| <i>Pichia membranefaciens</i>        | 0.5        | 6.0 | 5       | 4          | 99.999  | 液  |
| <i>Torulopsis lactis-condensi</i>    | 0.0        | 6.0 | 5       | 7          | 99.999  | 液  |
| <i>Candida cacaoi</i>                | 0.0        | 6.0 | 5       | 30         | 100     | 液  |
| <i>Candida cacaoi</i>                | 0.0        |     | 5       | 120        | 100     | 氣  |
| <i>Hansenula anomala</i> (IFO 1760)  | 0.5        | 6.0 | 5       | 20         | 100     | 液  |
| <i>Hansenula anomala</i> (IFO 1760)  | 1.0        |     | 5       | 60         | 100     | 氣  |
| <i>Rhodotorula rubra</i>             | 0.5        | 6.0 | 5       | 10         | 100     | 液  |
| <i>Rhodotorula rubra</i>             | 5.0        |     | 5       | 30         | 100     | 氣  |
| <i>Candida lactiscondenisi</i>       | 0.5        | 6.0 | 5       | 15         | 100     | 液  |
| <i>Candida lactiscondenisi</i>       | 5.0        |     | 5       | 40         | 100     | 液  |
| <i>Candida edax</i>                  | 0.5        | 6.0 | 5       | 25         | 100     | 液  |
| <i>Candida edax</i>                  | 5.0        |     | 5       | 60         | 100     | 液  |
| <i>Saccharomyces pasteurianus</i>    | 0.5        | 6.0 | 5       | 30         | 100     | 氣  |
| <i>Saccharomyces pasteurianus</i>    | 5.0        |     | 5       | 75         | 100     | 氣  |
| <i>Saccharomyces ellipsoides</i>     | 0.5        | 6.0 | 5       | 13         | 100     | 氣  |
| <i>Saccharomyces ellipsoides</i>     | 5.0        |     | 5       | 35         | 100     | 氣  |

표 2-12. *Bacillus* 속 포자에 대한 오존의 살균작용

| 효모균의 종류                             | 오존농도 (ppm)        | pH  | 온도 (°C)   | 작용시간 (min) | 사멸율(%)    | 氣液 |
|-------------------------------------|-------------------|-----|-----------|------------|-----------|----|
| <i>Bacillus cereus</i>              | 2.29              |     | 28        | 5          | 100       | 液  |
| <i>Bacillus megaterium</i>          | 2.29              |     | 28        | 5          | 100       | 液  |
| <i>Bacillus megaterium</i>          | 0.3~0.5           | 6.5 | 20        | 30         | 99.999 9  | 液  |
| <i>Bacillus prodigiosus</i>         | 1.0               |     | 60-80% RH | 表面上        | 100       | 氣  |
| <i>Bacillus prodigiosus</i>         | 200               |     | 60-80% RH | 寒天培養上      | 100       | 氣  |
| <i>Bacillus prodigiosus</i>         | 330               |     | 60-80% RH | 血清中        | 100       | 氣  |
| <i>Bacillus anthracis</i>           | 50,000~<br>10,000 | 汚水  |           | 30         | 100       | 氣  |
| <i>Bacillus subtilis</i>            | 50,000~<br>10,000 | 汚水  |           | 30         | 100       | 氣  |
| <i>Bacillus subtilis</i>            | 0.3~0.5           | 6.5 | 20        | 30         | 99.999 99 | 液  |
| <i>Bacillus macerans</i>            | 2.0               | 6.5 | 20        | 17         | 99.90     | 液  |
| <i>Bacillus stearother-mophilus</i> | 3.5               | 6.5 | 20        | 9          | 99.90     | 液  |
| <i>Bacillus stearother-mophilus</i> | 0.3~0.5           | 6.5 | 20        | 60         | 99.99     | 液  |
| <i>Bacillus coagulans</i>           | 0.3~0.5           | 6.5 | 5         | 120        | 99.99     | 液  |
| <i>Bacillus mesentericus</i>        | 0.3~0.5           | 6.5 | 5         | 30         | 99.999    | 液  |
| <i>Bacillus natto</i>               | 0.3~0.5           | 6.5 | 5         | 30         | 99.999 9  | 液  |
| <i>Bacillus polymyxa</i>            | 0.5               | 6.0 | 5         | 60         | 99.999    | 液  |
| <i>Bacillus circulans</i>           | 0.5               | 6.0 | 5         | 120        | 99.999 9  | 液  |
| <i>Bacillus lichniformis</i>        | 0.5               | 6.0 | 5         | 120        | 99.999    | 液  |
| <i>Bacillus brevis</i>              | 0.5               | 6.0 | 5         | 65         | 99.999    | 液  |
| <i>Bacillus mycoides</i>            | 0.5               | 6.0 | 5         | 60         | 99.999    | 液  |
| <i>Bacillus pumilus</i>             | 0.5               | 6.0 | 5         | 15         | 99.999    | 液  |
| <i>Bacillus lentus</i>              | 0.3               | 6.0 | 5         | 20         | 99.999    | 液  |
| <i>Bacillus cereus</i>              | 0.3~0.5           | 6.0 | 5         | 120        | 99.999 9  | 液  |
| <i>Bacillus megaterium</i>          | 0.3~0.5           | 6.0 | 5         | 90         | 99.9      | 液  |
| <i>Bacillus coagulans</i>           | 0.3~0.5           | 6.0 | 5         | 150        | 99.9      | 液  |
| <i>Bacillus subtilis</i>            | 0.3~0.5           | 6.0 | 5         | 90         | 99.999    | 液  |
| <i>Bacillus polymyxa</i>            | 0.3~0.5           | 6.0 | 5         | 90         | 99.99     | 液  |
| <i>Bacillus circulans</i>           | 0.3~0.5           | 6.0 | 5         | 60         | 99.9      | 液  |
| <i>Bacillus stearother-mophilus</i> | 0.3~0.5           | 6.0 | 5         | 150        | 99.00     | 液  |
| <i>Bacillus cereus</i>              | 50                |     | 5         | 60         | 99.00     | 氣  |
| <i>Bacillus subtilis</i>            | 50                |     | 5         | 60         | 99.00     | 氣  |
| <i>Bacillus coagulans</i>           | 50                |     | 5         | 60         | 90.0      | 氣  |
| <i>Bacillus coagulans</i>           | 75                |     | 5         | 60         | 90.0      | 氣  |

표 2-13. 사상균에 대한 오존의 살균작용

| 효모균의 종류                          | 오존농도<br>(ppm) | pH  | 온도<br>(℃) | 작용시간<br>(min) | 사멸율(%) | 氣液 |
|----------------------------------|---------------|-----|-----------|---------------|--------|----|
| <i>Aspergillus awamori</i>       | 0.3 ~0.5      | 6.5 | 20        | 45            | 99.99  | 液  |
| <i>Aspergillus sojae</i>         | 0.3 ~0.5      | 6.5 | 20        | 30            | 99.99  | 液  |
| <i>Aspergillus oryzae</i>        | 0.3 ~0.5      | 6.5 | 20        | 22            | 99.99  | 液  |
| <i>Aspergillus usami</i>         | 0.3 ~0.5      | 6.5 | 20        | 10            | 99.99  | 液  |
| <i>Aspergillus candidus</i>      | 0.3 ~0.5      | 6.5 | 20        | 37            | 99.99  | 液  |
| <i>Aspergillus niger</i>         | 0.3 ~0.5      | 6.5 | 20        | 18            | 99.99  | 液  |
| <i>Penicillium cyclopium</i>     | 0.3 ~0.5      | 6.5 | 20        | 36            | 99.999 | 液  |
| <i>Penicillium notatum</i>       | 0.3 ~0.5      | 6.5 | 20        | 18            | 99.999 | 液  |
| <i>Penicillium islandicum</i>    | 0.3 ~0.5      | 6.5 | 20        | 15            | 99.999 | 液  |
| <i>Penicillium chrysogenum</i>   | 0.3 ~0.5      | 6.5 | 20        | 20            | 99.999 | 液  |
| <i>Penicillium citrinum</i>      | 0.3 ~0.5      | 6.5 | 20        | 19            | 99.999 | 液  |
| <i>Penicillium roqueforti</i>    | 0.3 ~0.5      | 6.5 | 20        | 13            | 99.999 | 液  |
| <i>Walleimia sebi</i>            | 0.3 ~0.5      | 6.0 | 5         | 60            | 99.992 | 液  |
| <i>Cladosporium herbarum</i>     | 0.5           | 6.0 | 5         | 120           | 99.995 | 液  |
| <i>Aureobasidium pullulans</i>   | 0.5           | 6.0 | 5         | 120           | 99.997 | 液  |
| <i>Allernaria citri</i>          | 0.5           | 6.0 | 5         | 120           | 99.995 | 液  |
| <i>Geotrichum candidum</i>       | 0.5           | 6.0 | 5         | 120           | 99.992 | 液  |
| <i>Cephalosporium acremonium</i> | 0.5           | 6.0 | 5         | 120           | 99.994 | 液  |
| <i>Trichoderma viride</i>        | 0.5           | 6.0 | 5         | 120           | 99.993 | 液  |
| <i>Aspergillus oryzae</i>        | 0.6           |     |           | 15            | 100    | 氣  |
| <i>Penicillium glaucum</i>       | 0.6           |     |           | 15            | 100    | 氣  |
| <i>Penicillium expansum</i>      | 0.6           |     |           | 150           | 100    | 氣  |
| <i>Sclerotnia fructicola</i>     | 0.6           |     |           | 150           | 100    | 氣  |
| <i>Sporotrichum carnis</i>       | 1.5           |     |           | 180           | 100    | 氣  |
| <i>Botrytis cinerea</i>          | 0.5           |     |           | 300           | 100    | 氣  |

#### 나. 촉매에 의한 방법

배오존처리를 위해 이용되고 있는 촉매는 VIII족 금속을 위시하여, 천이 금속산화물 등이 있는데 어떻게 활성을 나타내느냐에 따라 두가지로 나뉜다.

한가지는 초기에는 높은 촉매활성을 나타내다가 반응이 진행됨에 따라 활성이 낮아져 결국 활성을 잃게 되는 Ni, Cu, Pt 등의 산화물이며, 또 한가지는 오존과 접촉하면 촉매활성을 나타내지만 오존과의 접촉을 그치면 활성을 잃게 되는 Fe, Co 등의 산화물이다.

촉매를 사용했을 경우의 촉매독으로는 수증기, 탄산가스 등이 있는데 철, Ni, Co, Cu 등은 CO<sub>2</sub>에 영향을 받고, Pd는 수증기 및 CO<sub>2</sub> 모두에 영향을 받게 된다.

촉매를 이용한 처리의 특징으로서는

- 가) 촉매의 성질상 매체로써 존재하기 때문에 반영구적으로 사용할 수 있다.
- 나) 촉매층을 통과시키기만 하면 되므로 부대설비가 단순하고 유지관리가 쉽다.
- 다) 촉매독이 존재하면 촉매효과가 발휘되지 않는 경우가 있다.

등을 들 수 있다.

#### 5. 결 론

이상 오존이 가지고 있는 살균력에 대한 일반적인 사항에 대하여 살펴보았다. 위에서 살펴본 바와 같이 오존은 공기중에서와 수중에서 모두 뛰어난 살균효과를 발휘하고 있으며, 자외선 소독으로 인한 거리적 한계상황을 극복할 수 있고, 또 여러분야에서 많이 사용하고 있는 염소계 약제등이 가지고 있는 단점을 극복할 수 있다.

또한 오존은 살균뿐만 아니라 탈취 및 탈색 등의 분야등 다방면에 사용할 수 있다는 많은 장점을 갖고 있긴 하지만 인간 및 동식물에 독성을 나타내는 유독한 물질이므로 사용상 많은 주의를 해야 할 것이다.

## 제 3 절 식품 보존 분야에 있어서 오존의 이용

### 1. 서 설

오존은 그람음성세균, 그람양성비아포세균, 효모에 유효하기 때문에 식품보존에 있어서도 그 유효성이 있을 것으로 예상되며, 특히 오존의 살균효과에 대해서는 옛날부터 알려져 있고, 이를 실용화하기 위한 연구가 과거 30년 이상 계속되어 왔다. 그럼에도 불구하고 지금까지 널리 이용되지 못한 이유중의 하나가 오존 발생방법에 결점이 있고 특히 최적살균조건을 만족할만한 감시계기의 개발이나 연구가 없었다. 최근 오존발생기는 정확하게 오존량을 제어할 수 있는 시스템이 있고, 공기원료의 경우에 있어 NO<sub>x</sub>의 발생량이 매우 적기 때문에 10-30년전의 오존발생기와는 현저하게 다르다. 오존살균의 특징은 피살균미생물의 종류에 따라 현저하게 살균효과가 다르기 때문에 식품보존에 오존을 이용하는 경우는 그 식품이 어떠한 종류의 미생물에 오염되어 있는가가 커다란 문제로 된다.

따라서 본문에서는 각 식품의 최적 오존농도, 정확한 접촉방법이나 접촉시간 등의 조건을 충족시키면서 오존을 유효하게 활용할 수 있는 분야(원료세정, 가공, 제조)로, 원재료살균, 제조공정중 제품살균, 공장내 공기살균, 포장내 봉입법, 오존수침지법, 오존중의 저장법과 이를 활용한 제품에 대한 실험으로 포장떡, 만두, 오징어훈제품, 반생면, 요깡, 건오징어, 가마모꼬, 전콩, 생면, 절임류, 초콜릿케익, 게맛살, 파지파이, 만두피, 팔고명, 쌀밥, 산채팔밥, 두부, 카스테라, 양생과자 등이 있는데 본문에서는 이중 몇가지를 중심으로 소개하고자 한다.

### 2. 농산가공식품

#### 가. 生麵

오존처리한 소맥분을 이용해서 실험실 및 생면제조공장에서 동시에 생면을 제조하

고 2차 오염 미생물의 영향에 대해서 검토한 결과에 대해서 설명한다.

생면은 제조과정중 살균공정이 없기 때문에 원료소맥분중의 미생물 및 제조과정중의 2차오염 미생물이 그대로 최종 제품에 이행하게 된다. 또한 수분이 35~40%로 비교적 높기 때문에 특히 부패하기 쉬운 식품이다.

제조중 2차 오염 미생물을 검토하기 위해서 제조공정에 대한 공기중의 미생물 균수를 측정된 결과 제조과정중에 꽤 많은 空中浮遊菌이 검출되었다. 미생물균수를 측정된 결과를 표 2-14에 나타냈다. 무처리소맥분으로 제조한 경우 공정이 진척될수록 균수가 증가하고 특히 공장에서 제조한 경우에 균의 증식이 현저함을 알 수 있었다. 최종제품에서는 공장에서 제조한 것이 실험실에서 제조한 경우보다도 약 10배 정도 균수가 많은 것이 확인되었다. 그러나 오존농도 5.0ppm 처리한 소맥분을 이용해서 제조한 생면의 각 제조과정중 미생물수는 증가없이 일정하고 공장이나 실험실에서 제조한 경우 모두 차이가 없었다.

최종제품의 균수도 거의 같았다. 이것은 소맥분에 잔존하고 있는 주요 1, 2차 오염 원인 *Micrococcus*의 증식이 오존에 의해 억제되었다고 보며 *Micrococcus* 오존 저항력은 비교적 약함을 알 수 있다.

0.5ppm에서 1~6시간 오존처리한 소맥분으로 제조한 포장생면의 저장기한은 처리하지 않은 것에 비해 2~5배 연장되었다. 또한 그 경우 생면의 외관, 향, 경도등 종합 평가에 있어서 품질변화는 기존제품과 하등의 차이가 없었다.



표 2-14. 오존처리한 소맥분을 이용한 생면 제조공장에 있어서 반제품의 균수변화

|         | 생 균 수 (/g)        |                   |                   |                   |
|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|         | 대 조               |                   | 오 존 처 리           |                   |
|         | 제조공장              | 실험실               | 제조공장              | 실험실               |
| 원재료     |                   |                   |                   |                   |
| 소맥분     | $3.5 \times 10^2$ | $3.5 \times 10^2$ | $5.5 \times 10$   | $5.5 \times 10$   |
| 식 염     | $< 3.0 \times 10$ | $< 3.0 \times 10$ | $< 3.0 \times 10$ | $< 3.0 \times 10$ |
| 물       | $< 3.0 \times 10$ | $< 3.0 \times 10$ | $< 3.0 \times 10$ | $< 3.0 \times 10$ |
| 혼합 및 교반 | $8.7 \times 10^2$ | $4.0 \times 10^2$ | $8.0 \times 10$   | $6.5 \times 10$   |
| 혼합 및 압연 | $1.2 \times 10^3$ | $3.8 \times 10^2$ | $7.6 \times 10$   | $6.0 \times 10$   |
| 최종압연    | $5.5 \times 10^3$ | $3.5 \times 10^2$ | $8.5 \times 10$   | $6.5 \times 10$   |
| 면발로 세단  | $7.5 \times 10^3$ | $5.6 \times 10^2$ | $9.0 \times 10$   | $7.0 \times 10$   |
| 포장      | $8.0 \times 10^3$ | $3.0 \times 10^2$ | $1.2 \times 10^2$ | $9.5 \times 10$   |

#### 나. 만두피

생면과 거의 같은 형태로 만두피도 그 저장기간은 주원료인 소맥분 및 제조공정중에 있어서 2차오염균의 영향으로 결정된다.

2차오염균의 영향을 적게하기 위해서 생면과 같이 소맥분에 오존을 처리하고 만두피를 제조하여 저장성을 검토했다. 그 결과 오존처리 소맥분을 사용해서 제조한 만두피의 균수는 대조구에 비해서 약 1/10로 되었는데, 이는 소맥분에 부착한 2차오염균 (*Micrococcus* s.p.)의 증식이 억제된 것으로 오존농도 0.5, 5.0ppm으로 처리한 소맥분을 이용해서 만두피를 제조하고 포장후 5, 10, 25℃로 저장했다. 5℃로 저장한 경우의 세균변화를 그림 2-24에, 효모의 변화를 그림 2-25에, 사상균의 변화를 그림 2-26에 나타냈다.

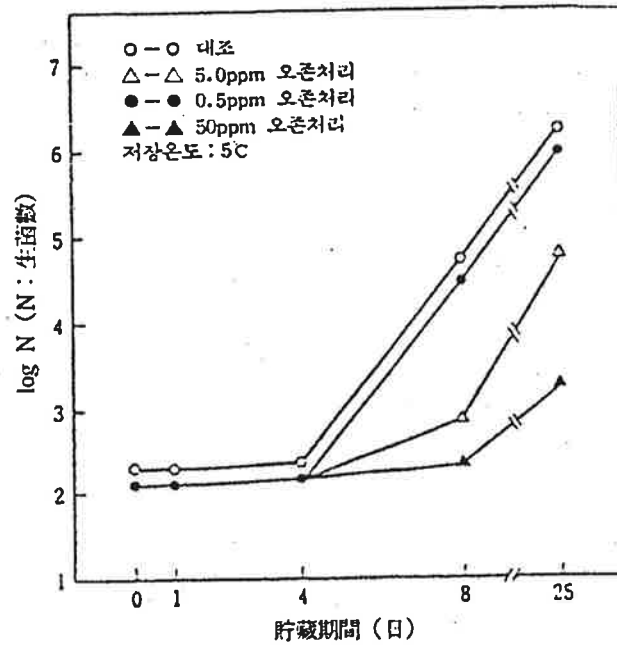


그림 2-24. 오존처리 소맥분으로 제조한 만두피 저장중 세균의 변화

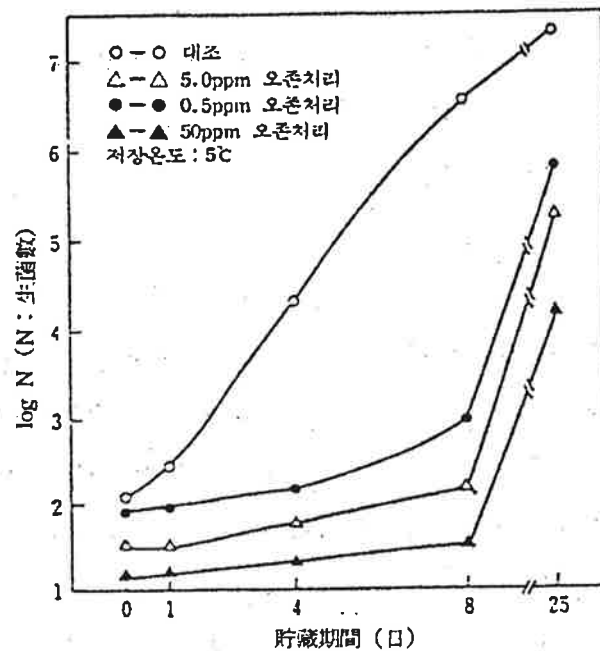


그림 2-25. 오존처리 소맥분으로 제조한 만두피 저장중 효모의 변화

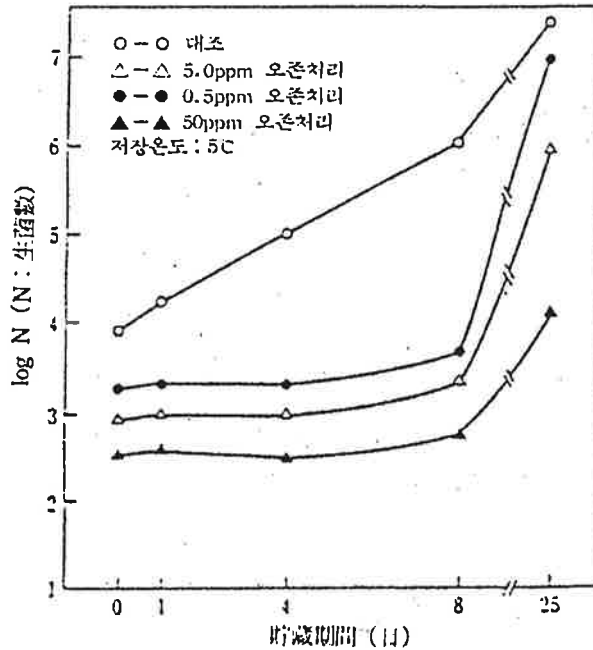


그림 2-26. 오존처리 소맥분으로 제조한 만두피 저장중 사상균의 변화

오존처리 소맥분으로 제조한 만두피는 初發菌數가 감소하고 저장중에 미생물의 증식이 억제되었다. 이것은 소맥분에 잔존한 오존이 그대로 만두피로 이행되어 미생물의 증식을 저지한 것으로 생각된다.

#### 다. 포장떡

최근 탈산소제를 사용하여 포장한 자른떡이 많이 유통되고 있다. 그러나 본 제품은 혐기상태로 유통되기 때문에 사상균의 발생이 인정되지 않는 반면 저장기한이 장기화됨에 따라 세균에 의한 부패, 변패가 발생하게 되므로 이에 대한 오존처리효과를 검토했다. 제조직후 떡을 5°C로 놓고 1, 25, 50ppm의 오존농도에서 30분간 처리시 탈산소제를 넣어 포장하고 저장했다.

저장중 호기성균 및 혐기성균의 변화를 그림 2-27과 2-28에 나타냈다. 호기성균은 오존농도 25ppm이상의 오존처리에서 저장중의 증식이 억제되었지만 혐기성균은 오존

의 처리농도가 높을수록 억제효과가 높아지는 경향이 인정되었다.

떡살을 5℃로 하여 1, 25, 50ppm의 오존농도에서 6시간 처리를 행한 후 제조한 자른떡의 저장중 호기성, 혐기성의 변화를 그림 2-29, 2-30에 나타냈다.

제품에 오존을 처리한 경우도 거의 같은 결과를 얻었다.

#### 라. 팥앙금(bean jam)

팥앙금은 수분이 많아 변질되기 쉬운 식품으로 장기간 보존이 곤란하다. 그래서 이의 보존성 향상을 위한 목적으로 팥앙금 제조에 오존의 이용효과에 대해 검토했다. 오존처리한 팥으로, 팥소를 제조해서 생균수를 측정 한 결과를 그림 2-31에 나타냈다.

증자한 팥을 단일세포 입자로 하기 위해 마쇄 사별후 건조하는 공정에서 생균수는 현저하게 증가해서 오존처리구는  $2.0 \times 10^6/g$ , 무처리구는  $4.5 \times 10^7/g$ 으로 되었다. 이 결과 건조공정에서 현저하게 생균수가 증가하는 것이 판명되었으며, 이를 방지하기 위해 본 공정후 오존처리를 해서 팥앙금을 제조한 경우 생균수는  $1.6 \times 10^6/g$ 이었고, 원료 팥 및 불린 팥을 오존처리하면 생균수는  $5.2 \times 10^5/g$ 으로 현저하게 감소함이 인정되었다.

이상과 같은 방법으로 제조한 팥앙금을 소봉지 팩포장하고 5℃에서 보존한 경우 미생물의 변화를 측정한 결과 물에 불린 팥을 오존처리한 제품의 초기균수가 비교적 적고, 보존 5일후까지 다른 실험구보다 현저하게 적은 것이 인정되었지만 보존 10일 후는 기타 제품과 차이가 없었다.

대장균수는 물에 불린것을 오존처리함으로써 현저하게 감소했으며, 보존 3일후는 전혀 검출되지 않았다.

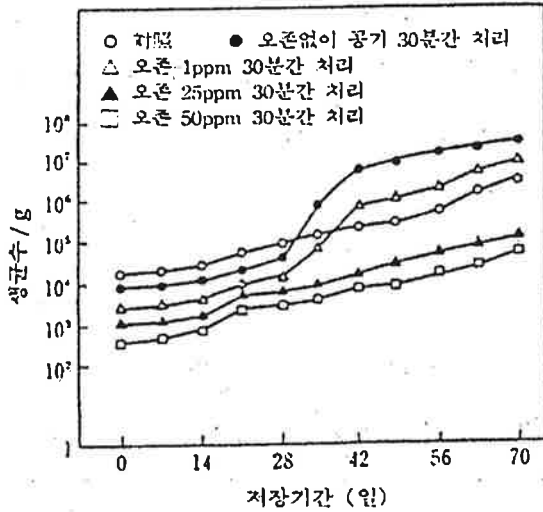


그림 2-27. 오존처리한 떡의 보존중 혐기성균의 변화

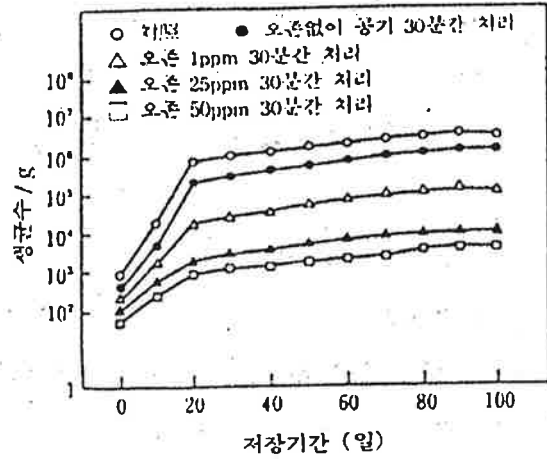


그림 2-28. 오존처리한 떡의 보존중 호기성균의 변화

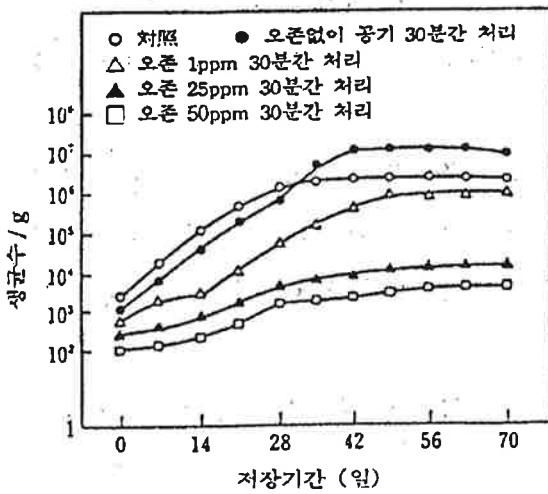


그림 2-29. 오존처리한 쌀로 제조한 떡의 보존중 호기성균의 변화

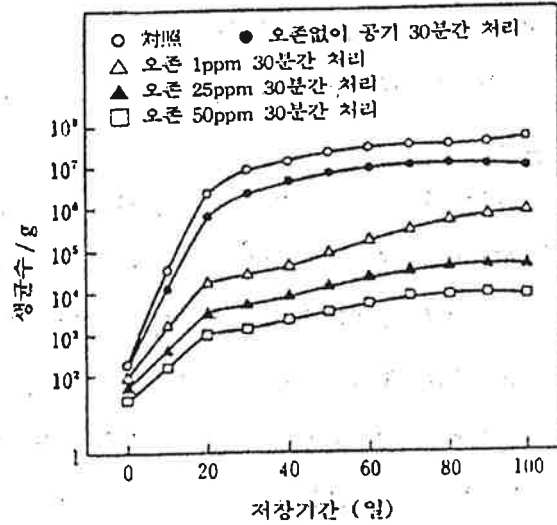
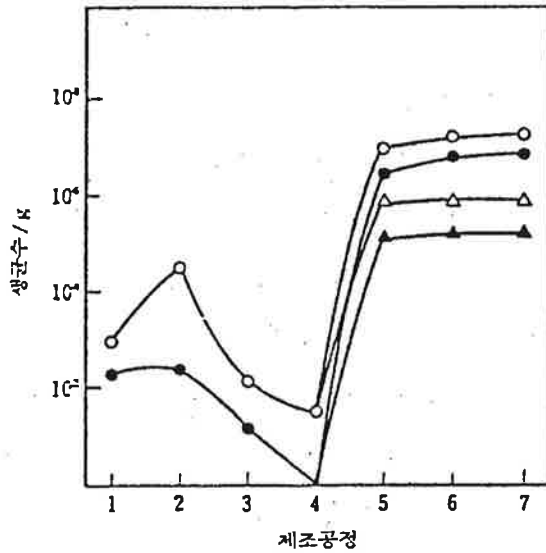


그림 2-30. 오존처리한 쌀로 제조한 떡의 보존중 혐기성균의 변화

주) 그림 2-27~2-30 공히 탈탄소제와 염화비닐리덴 코팅 나이론/ 폴리에틸렌 봉지에 넣어 보존



1. 원료팥
2. 침지(25°C, 18시간) 후
3. 뽕은맛 제거후(2회째)
4. 삶은후(1시간)
5. 건조후(2회째)
6. 탈수후
7. 충전후

생균수

- 無處理팥
- 오존처리 팥
- △-△ 건조공정 오존처리 (무처리팥)
- ▲-▲ 건조공정 오존처리 (오존처리팥)

원료팥 오존처리: 오존농도 50ppm (氣中)  
처리시간 60분, 氣溫 20°C

건조공정 오존처리: 오존농도 0.64~0.78ppm (水中)  
처리시간 30분, 水溫 5°C

그림 2-31. 팥앙금 제조공정에 있어서 생균수의 변화

#### 마. 쌀밥

쌀밥은 전분질이 주성분이며, 100°C 이상에서 취사하기 때문에 변패에 관여하는 미생물은 호기성, 내열성아포균인 *Bacillus*가 대부분이다. 그 밖에 쌀밥의 수분함량이 적을 때 또는 공기가 건조한 장소에 보존해서 *Bacillus*의 증식이 지연될 때, 또는 내부만이 변패할 때는 사상균에 의한 변패가 발생한다. 또한 솔뚜껑을 열지 않고 그대로 보존하면 변패가 지연되는 점에서 취반후 공기중의 균에 의한 번식을 고려해야 한다. 그리고 취반용기에 부착되어 있는 *Bacillus* 포자가 변패의 주요 원인균으로 되고 있다. 그 주된 이유는 상기 서술한 것 이외에 쌀밥은 수분함량이 많기 때문에 산화환원 전위차가 높아 *Clostridium*이 증식할 가능성이 매우 낮은 점 등이다. 쌀밥의 보존성향상을 위한 목적으로 정백미에 오존처리(氣中, 水中)를 해서 쌀밥을 제조하는 방법에 대해서 검토했다.

오존 처리한 쌀로 제조한 밥의 취사후 균수는 대조구에 비교해서 정백미는 오존처리함으로 다소 감소했으며 이를 취반함으로서 더욱 감소했다. 이것은 오존처리와 가열에 의한 병행효과로서 耐熱性芽胞 균수가 감소했다고 생각된다. 오존처리한 쌀밥의 25℃에서 보존중의 변패 정도는 대조구는 보존 2일후에 다소 습윤하게 되고 3일후는 이취가 발생하였으며 다소 연화되었다. 오존처리한 정백미를 사용한 경우는 보존 3일 후까지는 변화가 없고 4일후에는 다소 습윤하게 되고 5일후에 이취가 발생했다.

다음으로 오존수에 洗米 및 浸漬 처리한 쌀로 제조한 쌀밥의 보존중의 미생물수의 변화를 측정한 결과 정백미를 수돗물로 충분히 씻은후 오존수로 행구고 오존수에 30분간 침지후 쌀/물의 비율을 각각 1:1.1, 1:1.2, 1:1.3, 1:1.4로 하여 취반한 직후의 균수를 측정하고, 오존수만으로 洗米한 실험구는 균수가 감소했으며 특히 물의 비율이 많은 실험구가 감소했으며 특히 물의 비율이 많은 실험구가 감소경향이 컸다. 또 오존수는 洗米한 실험구보다도 오존수에 洗米와 浸漬을 한 실험구가 다소 균수가 감소함을 알 수 있었다. 상기조건으로 처리한 후 취반한 쌀밥을 플라스틱 용기에 넣어 25℃에서 보존한 결과 정백미에 오존을 처리한 경우와 거의 같은 경향을 나타냈고, 대조구에 비해서도 균수의 증식속도가 억제되었다.

또한 오존수에 浸漬 및 洗米처리한 것이 오존수로 洗米만을 행한 경우보다 다소 증식이 억제되었다. 그리고 취반직후 식미에 관한 관능검사는 대조구와 오존처리구와는 차이가 없었다.

### 3. 수산가공품

#### 가. 건오징어

건오징어 품질의 우열은 사용목적에 따라 약간 다르지만 일반적으로 가을 이후 오징어 제품은 품질이 우수하고 여름철 제품은 품질이 떨어진다. 거래는 등급별 격차나 산지격차를 감안하여 가격이 형성되고 있으며, 이러한 이유는 그만큼 품질상 차이가 있기 때문인데 그 차이의 하나가 부착미생물 수이다.

즉, 건오징어는 부착미생물수가 매우 많기( $10^5 \sim 10^6/g$ ) 때문에 하절기에 있어서는

변패하는 일이 빈번하다. 그래서 검사대상 오징어를 이용해서 변패 원인균을 분리·동정하고 분리균 및 제품에 대해 오존의 살균효과를 검토했다. 건조오징어는 素乾品에 속해서 내장을 제거하고 그대로 태양열 또는 인공열로 건조한 것이다. 이 때문에 제품에 부착하는 미생물은 매우 많은데, 검사대상 건조오징어의 부위별 부착미생물을 측정된 결과를 표 2-15에 나타냈다.

균주를 동정한 결과 오렌지색 콜로니인 No. 1는 *Micrococcus varians*, 황색 콜로니인 No. 2는 *Micrococcus caseolyticus*, 회색인 콜로니인 No. 3는 *Micrococcus colpogenes*였다. 이러한 분리균주를 水中에서 오존처리한 결과를 표 2-16에 나타냈다. *Micrococcus colpogenes*는 30분간 오존처리에서 현저하게 균수가 감소했고, 2시간 처리에서 완전히 사멸했다. 그 밖에 *Micrococcus varians* 및 *Micrococcus caseolyticus*는 30분간 오존처리에서 약 1/10정도로 감소했을 뿐이며, 2시간 처리시 1/100로 감소했다. 양균은 오존에 대해서 비교적 저항력이 강한 것으로 인정된다.

표 2-15. 마른오징어의 부착미생물 분포상황

| 분리균수   |          | 오징어의 부위(개/g)         |                      |                      | 동 정 명  |
|--------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|--|
| 균주 No. | 균 종      | 머리                   | 몸통                   | 다리                   |  |
| 1      | 細菌(오렌지색) | $3.5 \times 10^6$    | $1.2 \times 10^6$    | $8.1 \times 10^6$    | <i>Micrococcus varians</i><br><i>Micrococcus caseolyticus</i><br><i>Micrococcus colpogenes</i> |
| 2      | 細菌(황색)   | $2.1 \times 10^6$    | $1.4 \times 10^6$    | $7.0 \times 10^4$    |  |
| 3      | 細菌(회백색)  | $4.2 \times 10^6$    | $2.5 \times 10^6$    | $3.8 \times 10^6$    |  |
| 4      | 糸狀菌      | $3.0 \times 10^2$ 이하 | $3.0 \times 10^2$ 이하 | $3.0 \times 10^2$ 이하 |  |
| 5      | 酵母菌      | $3.0 \times 10^2$ 이하 | $3.0 \times 10^2$ 이하 | $3.0 \times 10^2$ 이하 |  |



표 2-16. 마른오징어에서 분리한 변패 원인 미생물의 오존살균효과

| 오존처리<br>시간(hr) | 잔존균수(개/g)                |                              |                             |
|----------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|                | 균주 No. 동정균주명             |                              |                             |
|                | No. 1: <i>M. varians</i> | No.2: <i>M. caseolyticus</i> | No. 3: <i>M. colpogenes</i> |
| 0              | $8.5 \times 10^7$        | $4.9 \times 10^2$            | $1.1 \times 10^6$           |
| 0.5            | $6.1 \times 10^6$        | $2.5 \times 10^6$            | $3.5 \times 10^2$           |
| 1.0            | $1.5 \times 10^6$        | $1.3 \times 10^6$            | $2.0 \times 10$             |
| 1.5            | $1.0 \times 10^6$        | $1.2 \times 10^6$            | $1.0 \times 10$             |
| 2.0            | $7.9 \times 10^5$        | $6.7 \times 10^5$            | -                           |
| 2.5            | $5.7 \times 10^4$        | $6.0 \times 10^4$            | -                           |
| 3.0            | $4.1 \times 10^3$        | $2.1 \times 10^3$            | -                           |

주) 오존농도 : 0.3~0.5mg/l (水中). 流速 1,455 l/분, 水溫 5℃에서 처리

이러한 *Micrococcus*는 균종에 따라 저항력이 현저하게 다르므로 표준균주를 이용해서 오존살균효과를 검토했다. *M.flavas* ATCC 4698, *M.roseus* IFO 3764 3균주는 오존에 내성이 약해서 오존처리 30분으로 완전히 사멸했다.

이 밖에도 *M. varians* IFO 3765는 오존내성이 강해서 180분간 처리에서 완전히 사멸하지는 않았다. 그러나 일반적으로 *Micrococcus*는 예외는 있지만 오존으로 살균이 용이한 것으로 사료된다. 오징어의 머리, 몸통, 다리 부위별로 오존처리를 하고 부착 미생물의 변화를 검토함과 동시에 보존시험은 시료를 오존처리후 즉시 멸균된 폴리에틸렌 봉지에 머리, 다리, 몸통 부위별로 넣어 밀봉한 후 25℃의 항온기에 넣었으며 오존처리조건은 오존농도를 0.1, 5.0, 25, 50, 75ppm으로 해서 10℃로 2시간 처리한 결과 오존처리 직후 균수의 감소는 비교적 적은 74ppm, 오존처리구에 있어서는 약 1/10로 감소한 것에 불과했고, 보존기간의 연장에 따라 약간 감소하는 경향을 나타냈으며, 이중 다리에 있어서는 오존 처리 효과가 컸다. 또한 머리 및 몸통 부위는 비교적 육질이 두껍고, 다리부분과 비교해서 표면적이 적기 때문에 오존처리 효과가 적은

것이 아닌가 생각된다. 생균수 측정시에 샘플링을 표면적에 대해서만 측정하면 좀더 현저한 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각하고, 오존처리 건오징어에 있어서 외관적 변화 및 품질적인 변화는 없었다.

#### 나. 실말

실말은 지름이 1mm를 넘지않는 사상(絲狀)이 여러 갈래로 분지한 사상체로 끈기가 있고 대단히 유연하며 반유동체인 느낌이 든다. 전체의 길이가 5~6cm에서 30~40cm에 이르며 황녹색을 띤다.

일본에서는 산지에서는 신선한 그대로 먹지만 일반적으로 염장 또는 식초에 절인 식품형태로 시판되고 있다. 이들 제품이 보존중에 이취가 많이 발생하며 그 주된 원인은 부패미생물에 의한 것이다. 이 변패원인균을 동정함과 동시에 오존살균 효과에 대해 검토했다. 식초에 담근 실말에서 효모 2균주(*Zygosaccharomyces bispous*, *Zygosaccharomycesbaili*) 세균 3균주(*Bacillus mycooides*, *Achromobacter aquamarin*, *Bacillus cereus*)를 분리하고 소금물에 담근 실말에서 세균 4균주를 분리했다. (*Micrococcus colpogenes*, 미동정 그람음성균 3균주). 실말에서 분리한 세균 7균주에 대한 오존의 살균효과를 수용액 중에서 측정하고 그 결과를 그림 2-32에 나타냈다. 공시균주에 의한 오존의 살균효과의 차이는 비교적 적었다. 마찬가지로 효모 2균주에 대한 오존의 살균효과를 수용액중에서 측정한 결과를 그림 2-33에 나타냈다. 이상 균주들은 오존저항력이 약하고 단시간 오존처리에 의해 사멸했다.

이상의 결과에서 실말에서 원조를 바닷물로 씻고 다른 해조류등 협잡물을 제거하고 바구니에서 물기를 뺀후 오존수에 침지하는 것은 효과가 있다고 생각된다.

제품에 따라서도 실말 제품에 오존수를 넣어 포장하면(초산수 또는 염수와 함께) 미생물의 증식이 억제되고 변패현상이 현저하게 감소했다.

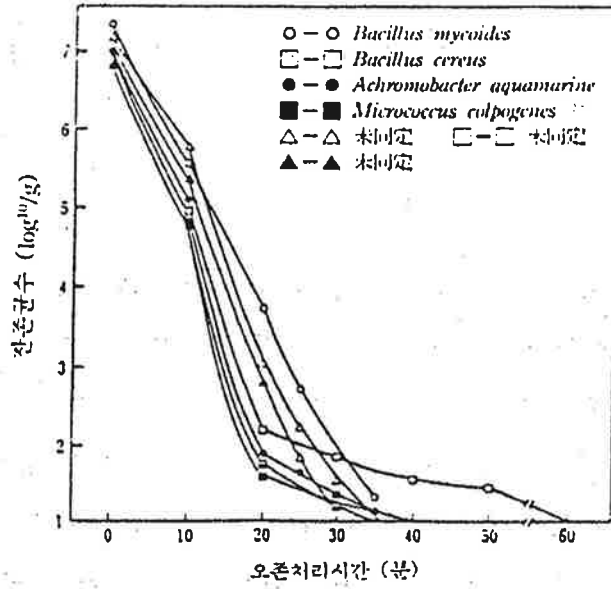


그림 2-32. 실말에서 분리한 세균의 오존살균효과

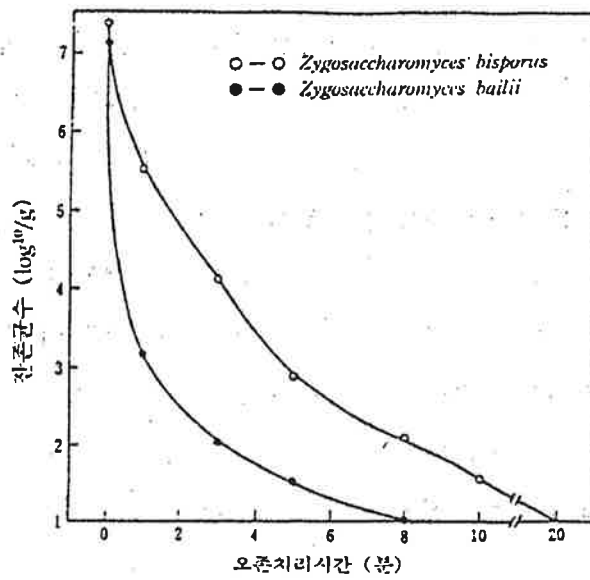


그림 2-33. 실말에서 분리한 효모의 오존 효과

#### 4. 과자 가공식품

##### 가. 초콜릿케익

포장한 초콜릿케익의 표면에 미생물에 의한 백색원형반점과 초산에틸렌 냄새가 생성되어 반품소동이 발생하게 되는데 그 원인균을 분리·동정하고, 오존을 이용한 방지법을 검토했다. 백반점을 생성한 초콜릿케익의 백반점 부분에서 효모 1균주를 분리했는데 이 균은 효모 YM배지에서 초산에틸을 생성하였는데, 이 균주를 동정한 결과 카오콩 발효공정에서 잘 검출되는 *Candida cacaoi*였다.

또한 본균은 원재료로 사용하는 카카오버터에서 검출됨과 함께 제조공장의 空中浮生菌에서도 검출되었다. 초산에틸 생성균은 *Hansenula anomala*로 알려졌고 이 균이 2차 오염균으로서 분리균주인 *Candida cacaoi*와 표준균주 *Hansenula anomala* IFO 1760의 수중에서의 오존살균 효과를 보면 *Candida cacaoi*는 5분간 처리시  $5.1 \times 10^4$ /ml로 되고 15분간 처리에서  $3.5 \times 10^2$ /ml로 현저하게 감소하고, 또한 30분간 처리에서 완전히 사멸했다. 또한 *Hansenula anomala* IFO 1760는 5분간 처리에서  $3.1 \times 10^3$ /ml로 되었고, 15분간 처리에서  $3.1 \times 10$ /ml로 되었고, 20분간 처리에서 완전히 사멸하였다. 초콜릿케익에 상기의 균을 접종해서 氣中에서 30분간 오존살균을 한 결과를 표 2-17에 나타냈다.

표 2-17. 초콜릿케익에 접종한 균의 기중에서의 살균효과

| 오존농도(ppm) | 菌 數( g )              |                                   |
|-----------|-----------------------|-----------------------------------|
|           | <i>Candida cacaoi</i> | <i>Hansenula anomala</i> IFO 1760 |
| 0         | $5.1 \times 10^4$     | $7.5 \times 10^4$                 |
| 0.2       | $4.5 \times 10^4$     | $1.2 \times 10^3$                 |
| 0.5       | $7.2 \times 10^3$     | $3.5 \times 10$                   |
| 1.0       | $5.6 \times 10^2$     | 0                                 |
| 1.5       | $3.1 \times 10$       | 0                                 |
| 2.0       | 0                     | 0                                 |
| 5.0       | 0                     | 0                                 |

주) 처리온도 5°C, 오존 조사 자동농도 조절기를 사용, 처리시간 30분

*Candida cacao*를 접종한 경우는 0.5ppm 처리시  $7.2 \times 10^3/\text{ml}$ , 1.0ppm 처리시에는  $5.6 \times 10^2/\text{ml}$ 로 현저하게 감소하고 2.0ppm 처리시 완전히 사멸했다. *Hansenula anomala* IFO 1760를 접종한 경우는 0.2ppm 처리에서  $1.2 \times 10^3/\text{ml}$ 로 되었고, 0.5ppm 처리에서  $3.5 \times 10/\text{ml}$ 로 현저하게 감소했고, 1.0ppm 처리시는 완전히 사멸했다.

#### 나. 카스테라

가공식품의 품질노화는 공기중의 산소에 의해서 촉진되는 경우가 많고 사상균이나 곤충의 발생, 유지의 산화, 색이나 풍미의 노화가 일어난다. 이러한 산소에 의한 노화를 방지하는 방법으로 산화방지제의 첨가, 진공포장, 가스치환 포장 및 탈산소제 봉입포장법 등이 종래 방법의 주종이었다. 그러나 이러한 식품은 혐기적 상태로 포장되는 경우가 대부분으로 혐기적 상태에서 증식하는 미생물에 의한 초산에틸 생성, 휘발성 지방산의 생성, 백반점의 생성등, 지금까지 볼 수 없었던 변패현상이 발생하게 되었고, 따라서 식품을 혐기적 조건하에서 보존하기 전에는 이러한 원인 미생물을 살균해줄 필요가 있다. 먼저 오존으로 이러한 균주를 살균함으로써 혐기하에서 보존을 보다 양호하게 할 수 있다. 탈산소제를 이용해서 오존을 처리하지 않은 카스테라를 혐기적 조건하에서 보존한 경우의 변화를 그림 2-34에 나타냈다.

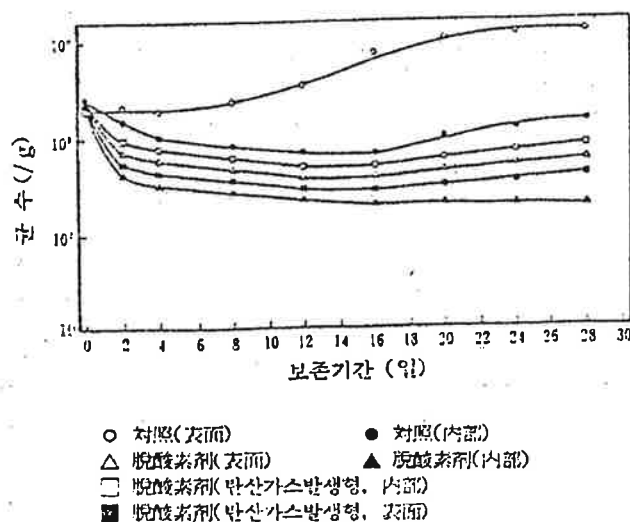


그림 2-34. 카스테라 보존중에 있어서 세균수의 변화

보존 초기는 카스테라의 표면과 내부에는 수분활성이 다르므로 표면과 내부로 나누어 세균수를 측정했다. 대조구의 표면과 내부의 균수는 보존 16일째부터  $7.1 \times 10^3$ ,  $9.3 \times 10^3/g$ , 28일째부터는  $1.5 \times 10^4$ ,  $2.1 \times 10^3/g$ 으로 되며, 표면의 균은 보존중에 증가했지만 내부의 균은 다소 감소하는 경향을 나타냈다. 이러한 균의 감소를 목적으로 오존처리를 한 결과를 그림 2-35에 나타냈다. 본 그림에는 카스테라의 표면의 세균수를 오존농도 0.2, 0.1ppm 처리구에 대해서만 나타냈다. 오존농도 0.2, 1.0ppm 두가지 모두 처리한 구의 균수는 보존 8일째부터  $9.5 \times 10^2$ ,  $5.0 \times 10^2/g$ , 28일째부터  $1.0 \times 10^4$ ,  $3.5 \times 10^2/g$  되어 오존처리에 따라 세균증식이 억제되어 특히 1.0ppm 처리구의 억제효과가 현저하였다. 또한 오존처리구에 탈산소제를 사용함으로써 세균증식이 더욱 억제되었다.

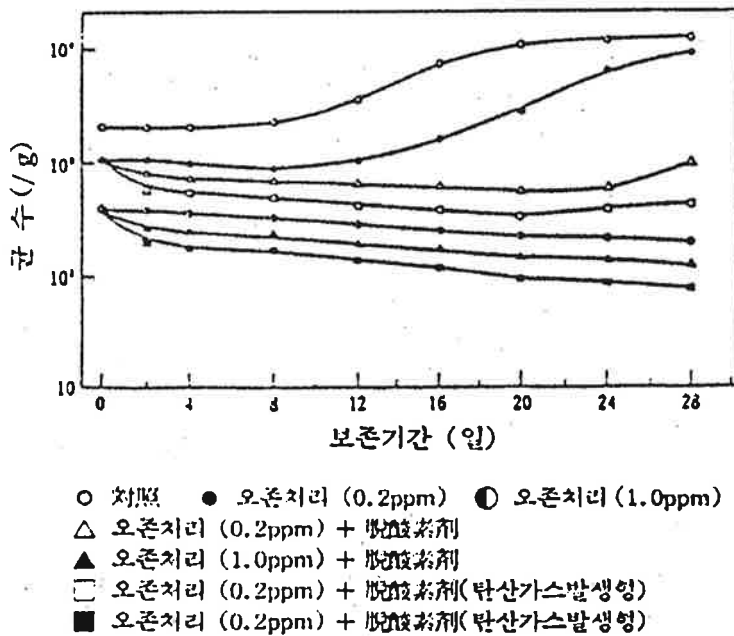


그림 2-35. 오존처리한 카스테라의 보존중에 있어서 세균수의 변화

사상균은 특히 저산소농도(0.2%) 정도에서도 어느 정도 증식하는 것을 보였고, 오존처리 효과를 검토했다. 오존처리구, 탈산소제 처리구, 오존과 탈산소제의 병행처리구에 있어서는 거의 사상균의 검출을 볼 수 없었다. 오존처리구의 사상균 증식결과를 그림 2-36에 나타냈다. 대조구 병행에 오존농도 0.2, 1.0ppm 처리의 표면 및 내부에서 검출되었다. 사상균이 발견된 시료는 표면이 내부보다 균수가 많고 대주고 표면 및 내부 균수는 보존기간의 경과에 따라 다소 증가하였다. 또한 오존처리구는 오존농도 0.2, 1.0ppm 처리구 모두 대조구에 비교해서도 약간 감소했다.

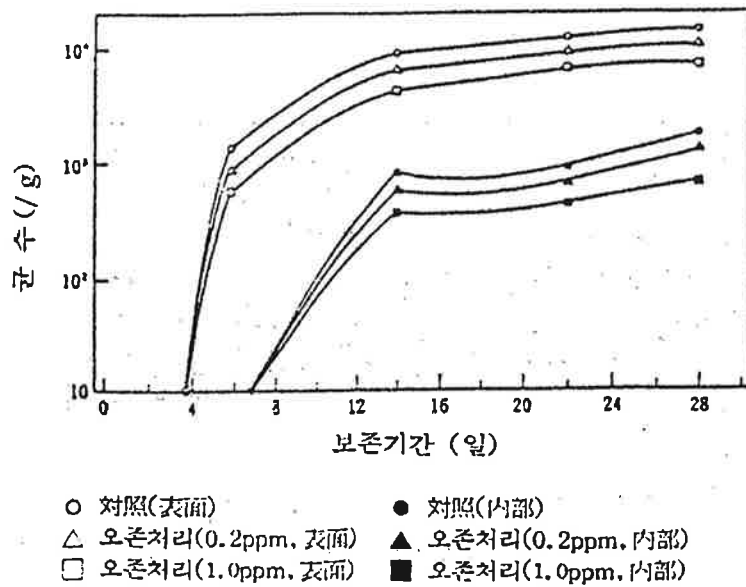


그림 2-36. 오존처리한 카스테라의 보존중에 있어서 사상균의 변화

### 제 3 장 국내 청과물의 오염실태

#### 제 1 절 서 설

과실이나 야채의 수확후에 있어서 미생물에 의한 변패 및 부패는 그 자체의 생리 작용과 함께 유통과정중에 그 피해는 대단히 크다. 미생물에 의한 과실 및 야채의 품질저하는 미생물의 번식에 의한 오염과 부패로서 지금까지 과실류에는 약 100여 종, 야채류에는 약 150종 이상의 부패미생물이 관여하고 있는 것으로 밝혀지고 있다.

수확직후의 청과물의 표면에는 정상적인 미생물 이외에 토양, 수중의 미생물, 인간에 부착되어 있는 미생물 이외에 식물병원 미생물 등이 부착되어 있지만 이들의 비율, 총균수 등은 부위나 환경조건에 따라 다르다. 특히 야채류는 계절, 산지에 따라 변화가 크다는 것을 경험적으로 알 수 있다. 또, 과실에서는 숙성에 따라 균수가 증가하는 것을 알 수 있는데 이것은 숙성하면 표면이 약해져 미생물의 증식이 용이해지고, 곤충이나 조류 등에 의하여 오염이 증가하기 때문이다.

內藤(1995)에 의하면 과일 및 야채의 미생물수는 과일의 경우  $10^6 \sim 10^8$ cfu/g, 야채는  $10^4 \sim 10^8$ cfu/g으로 대단히 많으며, 종래에는 건전한 청과물의 내부에는 미생물이 거의 없다고 알려져 있었으나 중심부에 약  $10^2 \sim 10^4$ cfu/g정도가 검출되었으며, 이들은 수확후 저장기간이 길어질수록 통도조직을 통하여 내부로 침입하여 증가하는 것이라고 하였다. 이외에도 외부에 부착된 미생물을 중심으로 동정을 실시한 결과 Micrococcus속이 많이 검출되었으며, 이들 미생물은 건전한 조직에도 있지만, 저장기간이 길어짐에 따라 조직중에서도 서서히 증식하고 손상을 받은 경우 급속하게 증식이 진행된다고 하였다. 또한, 일반적으로 청과물에 가장 많은 미생물은 Micrococcus속으로 통상  $10^4 \sim 10^7$ cfu/g이 검출되었으며, 대장균군도  $10 \sim 10^4$ cfu/g정도가 검출되었다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 국내산 청과물의 오염실태를 조사하기 위하여 8개 품목을 대상으로 하여 각각 수확단계, 도매단계, 소매단계 등 유통단계별로 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군의 오염실태를 측정하였다.



## 제 2 절 재 료 및 방 법

### 1. 재 료

청과물의 오염실태를 파악하기 위하여 사용한 시료는 배추, 상치 등 엽채류 2개 품목, 마늘, 양파 등 근채류 2개 품목, 셀러리, 콩나물, 표고버섯, 딸기 등 경채류 및 기타 4개 품목 등 총 8개 품목을 각각 수확단계, 도매단계, 소매단계 등 3단계로 나누어 3~6월경에 구입 사용하였다. 수확단계는 표 3-1지역에서 원료를 구입하였으며, 도매단계는 서울가락동 도매시장에서, 소매단계는 성남시 분당구에 소재하고 있는 청과물소매상에서 시료를 구입하였다.

### 2. 미생물 측정

시료 100g을 취하여 450ml의 Peptone water와 함께 살균된 warring blender로 균질화시켰다. 이때, 조직이 약한 상추, 양파, 딸기는 약 10초간 처리하였으며, 조직이 강한 마늘은 20초간 처리하였다.

균질화시킨 각 시료는 필요에 따라 적당히 희석하여 pouring culture method에 의하여 균수를 측정하였으며, 이 때 사용된 배지는 일반세균 측정용으로는 plate count agar(PCA), 효모 및 곰팡이 측정용으로는 potato dextrose agar(PDA), 대장균군(coliform group) 측정용으로는 MacConkey agar medium(MAC)을 사용하였다. PCA 및 MAC배지는 37℃에서 48시간 배양하고, PDA배지는 20℃에서 72시간 배양시킨 후 균수를 측정하였다. 이 때 미생물 실험에 사용된 기구 및 용기는 모두 고압멸균기로 멸균 후 사용하였다.

Table 3-1 Sample collecting site at harvesting stage

|                   | A                    | B                   | C                  |
|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Chinese cabbage   | Kyongnam<br>Yangsan  | Kyonggi<br>Sungnam  | Seoul              |
| Leafy lettuce     | Kyongnam<br>Yangsan  | Kyonggi<br>Yongin   | Kyonggi<br>Sungnam |
| Garlic            | Chonnam<br>Muan      | Kyongnam<br>Guchang | Kyonggi<br>Sungnam |
| Onion             | Chonnam<br>Muan      | Kyongnam<br>Guchang | Kyonggi<br>Sungnam |
| Celery            | Kyongnam<br>Yangsan  | Kyonggi<br>Sungnam  | Seoul              |
| Bean sprouts      | Pusan                | Seoul               | Kyonggi<br>Sungnam |
| Shiitake mushroom | Kyonggi<br>Ouiwang   | Kyonggi<br>Kwangju  | Kyonggi<br>Sungnam |
| Strawberry        | Chungnam<br>Hongsung | Kyonggi Sweon       | Chungnam<br>Yesan  |

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 상 치

상치는 야생종의 분포가 넓고 재배역사도 오래된 채소로 여러가지 재배변종이 있다. 우리나라에는 재래종과 오그라기상추 및 통상치가 재배되고 있다. 현재 상치는 년중 재배가 가능하며, 재배양식은 축성재배, 반축성재배, 춘파재배, 추파재배로 구분되어 있다. 축성재배는 비닐하우스를 이용하여 도시 근교 또는 남부의 따뜻한 지역에서 파채류의 전작으로 공지에서 이루어지며 춘파재배는 추대가 늦은 품종을 1~2월에 온상에서 육묘하여 비닐터널 또는 노지에서 정식한다. 추파재배는 8~9월에 파종하여 추워질 때까지 수확한다.

상치의 표준거래단위는 2, 5kg이며, 포장은 골판지 상자를 이용하고 있다. 상추중에서 결구상추만이 저온저장되고 있으며, 온도는 약 1℃, 상대습도는 90~95%로서 3~4주간 저장이 가능하다. 통상 상치는 주로 가락동농수산물시장 등 대규모 도매시장을 경유하여 소매점까지 유통되는 시기는 대략 1~3일 정도에 불과하다. 저온저장이나 수송중에 주로 발생하는 병해로는 *Erwinia carotovora* 등에 의해 발생하는 bacterial soft rot로서 이 병해에 의해 저장의 한계가 좌우될 뿐 아니라 수확후 손실의 대부분을 차지한다. 이외에도 내부의 잎등이 갈색을 나타내는 tipburn 및 조직이 물에 물에 침지된 것 같은 watery soft rot 등이 발생할 수 있다.

표 3-2는 비닐하우스에서 재배한 상치의 유통단계별 미생물의 오염실태를 나타낸 것으로 수확단계에서 총균수는  $1.4 \times 10^5 \sim 1.7 \times 10^6$ , 효모 및 곰팡이는  $1.3 \times 10^3 \sim 2.4 \times 10^4$  cfu/g으로 나타났으며 오염의 지표가 되는 대장균군은  $1.1 \times 10^3 \sim 7.0 \times 10^3$  cfu/g수준으로 비닐하우스에서 재배된 상추는 비교적 오염도가 낮은 것으로 나타났다. 한편, 수확단계에서 생산지역에 의한 차이는 총균수, 효모 및 곰팡이가  $10^1$  cfu/g정도이며 대장균군의 경우는 거의 차이가 없었으나, 소비단계에서 대장균군은  $10^3$  cfu/g정도의 차이를 보이는 것은 소포장등의 과정에서 작업인에 의한 2차오염의 발생이나, 소매단계까지의 유통기간의 차이에 의한 것으로 보인다.

유통중에 총균수의 변화는  $1.4 \times 10^5 \sim 6.0 \times 10^7$ , 효모 및 곰팡이는  $1.2 \times 10^3 \sim 8.5 \times 10^5$ , 대장균군은  $1.1 \times 10^3 \sim 6.0 \times 10^6$  cfu/g 수준으로 나타나 유통단계별로는 총균수, 효모 및 곰팡이는  $10^2$  cfu/g 정도의 증가를 보인 반면 대장균군은  $10^3$  cfu/g 정도의 증가를 보이고 있다.

Table 3-2 Changes of microflora in leafy lettuce during distribution  
( unit : cfu/g )

| Distribution stage |   | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|--------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Harvest            | A | $1.7 \times 10^6$ | $1.2 \times 10^3$ | $7.0 \times 10^3$ |
|                    | B | $1.5 \times 10^6$ | $1.3 \times 10^3$ | $1.1 \times 10^3$ |
|                    | C | $1.4 \times 10^5$ | $2.4 \times 10^4$ | $1.1 \times 10^3$ |
| Wholesale          | A | $3.5 \times 10^6$ | $3.8 \times 10^3$ | $7.0 \times 10^3$ |
|                    | B | $3.1 \times 10^7$ | $3.1 \times 10^3$ | $2.6 \times 10^4$ |
|                    | C | $6.6 \times 10^6$ | $1.1 \times 10^4$ | $3.5 \times 10^5$ |
| Retail             | A | $6.2 \times 10^6$ | $7.8 \times 10^5$ | $1.7 \times 10^6$ |
|                    | B | $6.0 \times 10^7$ | $6.1 \times 10^5$ | $3.0 \times 10^6$ |
|                    | C | $1.2 \times 10^6$ | $8.2 \times 10^5$ | $6.0 \times 10^3$ |

## 2. 배 추

배추는 겨자과에 속하는 식물로서 크게 나누어 결구배추와 불결구배추로 나눌 수 있다. 현재 우리나라에서 재배되고 있는 배추는 시기별로 나눠 가을과종배추(전송배추, 조생미호배추, 탐라배추), 춘파재배(만춘재배, 대관령 여름배추), 속성재배(하우스 봄배추, 춘파극조생배추, 서울배추 등) 및 고냉지배추(만추배추, 대관령배추, 고산지 여름배추 등)로 구분된다. 배추의 표준거래단위는 5, 10, 15kg이고 포장은 골판지상자와 그물망을 이용하고 있다.

배추의 저장은 0~3℃, 90~95%RH가 적절하나, 온습도 조절을 하여 저장을 하기에는 배추의 가격에 비하여 비용이 많이 소요되므로 주로 노지 및 움저장 방법이 이용되고 있다. 저장 및 유통중 발생하는 병해로는 *Alternaria leaf rot*, *bacterial soft rot*, *waterly soft rot* 등을 들 수 있다.

표 3-3 및 3-4는 비닐하우스에서 재배되는 얼갈이배추의 겉잎과 속잎에서의 미생물 오염상태를 유통단계별로 나타낸 것으로, 수확단계에서 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군 공히 산지별로는 약  $10^1$ cfu/g 정도로 큰 차이를 나타내지는 않고 있으며, 대장균군은 겉잎이 평균  $2.7 \times 10^5$ cfu/g, 속잎이  $4.9 \times 10^4$ cfu/g 정도로서 겉잎은 비교적 많은 오염이 되어 있는 것으로 나타났다. 이는 1차로 재배시에 사용하고 있는 계분이나 토양 등에서 기인한 것과 수확시의 청결도 등에서 기인한 것으로 판단된다.

겉잎과 속잎의 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군은 도매단계, 소매단계를 거치면서 겉잎과 속잎의 미생물수의 차이가 심해져 총균수는 약  $10^2$ cfu/g, 효모 및 곰팡이는 약  $10^1$ cfu/g 정도로 겉잎이 많이 나타났다. 이는 수확단계에서 소매단계까지 소요되는 유통기간이 2~3일 정도임을 감안할 때 수송 및 소포장처리시 겉잎의 2차 오염에 의한 것으로 판단된다.

Table 3-3 Changes of microflora in outer leaves of Chinese cabbage during distribution

( unit : cfu/g )

| Distribution stage |   | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|--------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Harvest            | A | $1.5 \times 10^6$ | $2.1 \times 10^4$ | $7.0 \times 10^5$ |
|                    | B | $1.2 \times 10^5$ | $5.9 \times 10^3$ | $1.8 \times 10^4$ |
|                    | C | $8.3 \times 10^5$ | $6.3 \times 10^4$ | $9.8 \times 10^4$ |
| Wholesale          | A | $2.7 \times 10^7$ | $3.6 \times 10^4$ | $4.1 \times 10^5$ |
|                    | B | $2.9 \times 10^6$ | $1.6 \times 10^5$ | $9.3 \times 10^5$ |
|                    | C | $1.2 \times 10^6$ | $6.4 \times 10^4$ | $1.2 \times 10^5$ |
| Retail             | A | $2.1 \times 10^7$ | $1.2 \times 10^5$ | $2.8 \times 10^5$ |
|                    | B | $4.0 \times 10^6$ | $3.3 \times 10^5$ | $7.0 \times 10^5$ |
|                    | C | $4.8 \times 10^6$ | $1.6 \times 10^5$ | $3.8 \times 10^5$ |

Table 3-4 Changes of microflora in inner leaves of Chinese cabbage during distribution

( unit : cfu/g )

| Distribution stage |   | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|--------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Harvest            | A | $1.1 \times 10^4$ | $3.4 \times 10^4$ | $6.2 \times 10^4$ |
|                    | B | $2.2 \times 10^5$ | $1.7 \times 10^5$ | $2.9 \times 10^4$ |
|                    | C | $7.9 \times 10^4$ | $2.0 \times 10^3$ | $5.6 \times 10^4$ |
| Wholesale          | A | $2.6 \times 10^5$ | $2.8 \times 10^4$ | $1.5 \times 10^5$ |
|                    | B | $7.6 \times 10^5$ | $1.1 \times 10^4$ | $6.0 \times 10^5$ |
|                    | C | $4.2 \times 10^4$ | $1.5 \times 10^4$ | $2.8 \times 10^5$ |
| Retail             | A | $1.9 \times 10^5$ | $1.1 \times 10^5$ | $1.6 \times 10^5$ |
|                    | B | $3.1 \times 10^5$ | $4.3 \times 10^4$ | $5.6 \times 10^4$ |
|                    | C | $1.2 \times 10^6$ | $1.3 \times 10^5$ | $2.0 \times 10^5$ |

### 3. 마늘

마늘은 한지형과 난지형으로 구분되며, 난지형은 중국산 및 스페인산 마늘로 한지형보다 매운 맛과 저장성이 떨어지나 생산량과 단경기에 출하되고 있는 잇점이 있어 난지형의 생산이 증가되고 있다. 마늘의 수확시기는 5월하순부터 7월상순으로 장마철과 겹치는 경우가 많아 부패발생율이 높아 예건공정이 반드시 필요한 작물이다. 현재 대부분의 농가에서는 1~2일 밭에서 뿌리부분이 어느정도 마를 때까지 일건한 다음 50개씩 묶어서 그늘지고 통풍이 잘되는 곳에서 다시 1~2개월 자연건조하고 있다. 건조된 마늘은 0℃, 70~75%RH에서 통상 6~8개월 저장한다.

마늘의 표준거래단위는 5, 10, 20kg 단위로 주로 그물망이나 골판지상자로 유통되고 있다. 저장중 병해로는 연한 스폰지형태나 분상으로 건조된 인편(clove)이 손상되어 회색, 또는 황갈색의 분상으로 분해되는 푸른곰팡이병(blue mold rot)와 *Corticium centrifigum*균에 의한 백건병(白網病)등이 있다.

표 3-5, 3-6은 예건처리가 되지 않은 마늘의 겉껍질 및 뿌리부분과 인편의 유통단계별 오염실태를 나타낸 것으로 수확단계에서 겉껍질 및 뿌리부분의 총균수가 약  $2.8 \times 10^8$  cfu/g, 효모 및 곰팡이가 약  $5.3 \times 10^7$  cfu/g, 대장균군이 약  $8.2 \times 10^6$  cfu/g 수준으로, 인편에 비해 총균수, 효모 및 곰팡이는 약  $10^3$ , 대장균군은 약  $10^1$  cfu/g 정도가 높게 나타났으나, 인편 또한 미생물 오염정도가 높게 나타났으며 소비단계에서 대장균군이  $10^6$  cfu/g 수준으로 양과와 함께 높은 오염수준을 나타내 구근류로서 토양 미생물에 의한 오염이 심한 것으로 판단된다. 또한, 겉껍질 및 뿌리부분에서의 유통단계별로 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군이 증가하는 경향을 나타내었다.

Table 3-5 Changes of microflora in skin and root of garlic during distribution

( unit : cfu/g )

| Distribution stage |   | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|--------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Harvest            | A | $9.8 \times 10^7$ | $5.8 \times 10^7$ | $2.2 \times 10^7$ |
|                    | B | $7.3 \times 10^8$ | $1.0 \times 10^8$ | $2.5 \times 10^6$ |
|                    | C | $2.7 \times 10^6$ | $1.3 \times 10^6$ | $5.3 \times 10^4$ |
| Wholesale          | A | $2.6 \times 10^7$ | $3.6 \times 10^7$ | $2.6 \times 10^6$ |
|                    | B | $5.6 \times 10^6$ | $8.9 \times 10^5$ | $5.7 \times 10^6$ |
|                    | C | $6.4 \times 10^7$ | $5.6 \times 10^6$ | $6.1 \times 10^6$ |
| Retail             | A | $8.1 \times 10^8$ | $1.1 \times 10^8$ | $8.6 \times 10^7$ |
|                    | B | $1.7 \times 10^7$ | $9.4 \times 10^6$ | $7.3 \times 10^6$ |
|                    | C | $7.4 \times 10^8$ | $2.9 \times 10^8$ | $5.3 \times 10^7$ |

Table 3-6 Changes of microflora in cloves of garlic during distribution

( unit : cfu/g )

| Distribution stage |   | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|--------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Harvest            | A | $4.3 \times 10^4$ | $5.3 \times 10^3$ | $6.7 \times 10^3$ |
|                    | B | $3.3 \times 10^5$ | $2.1 \times 10^5$ | $3.1 \times 10^5$ |
|                    | C | $2.3 \times 10^5$ | $3.9 \times 10^4$ | $4.2 \times 10^4$ |
| Wholesale          | A | $3.2 \times 10^5$ | $1.7 \times 10^5$ | $2.6 \times 10^5$ |
|                    | B | $7.9 \times 10^8$ | $4.4 \times 10^8$ | $3.9 \times 10^4$ |
|                    | C | $8.8 \times 10^5$ | $3.1 \times 10^7$ | $9.9 \times 10^4$ |
| Retail             | A | $3.6 \times 10^6$ | $2.8 \times 10^5$ | $1.3 \times 10^6$ |
|                    | B | $2.9 \times 10^7$ | $6.4 \times 10^7$ | $5.2 \times 10^6$ |
|                    | C | $3.9 \times 10^6$ | $2.7 \times 10^5$ | $2.3 \times 10^6$ |



#### 4. 양 파

양파는 백합과에 속하는 조미채소류로서 천주황, 여의주황, 원예1호, 패총조생, 찰황등이 있다. 보통 가을에 파종하여 5~6월에 수확하는 추파재배가 주류를 이루고 있으며, 아박에 고냉지춘파재배, 추파재배시 생산량저하가 예상될 때 이를 보완하는 평지춘파재배, 단경기생산을 목적으로 하는 터널재배 등이 있다.

양파도 마늘과 같이 수확시기가 장마철과 겹치는 작물로서 예건공정이 필요한 작물이다. 현재 대부분의 농가에서 실시하고 있는 예건공정은 줄기를 절단한 후 선별하여 그물망에 20kg정도씩 담아 건가에 망이 서로 닿지 않도록 매달아 저장하는 건가저장과 사방 60~70cm 간격으로 기둥을 세우고 4~6개씩 한 묶음으로 묶어 기둥에 돌려가며 걸어매는 기둥말이 저장으로 본저장 전처리를 실시하였으나, 최근의 포전에서는 양파를 이와같이 처리하지 않고 줄기를 절단한 후 나이론 그물망에 일정량씩을 담은 후 그냥 포전에서 일정기간 말린 후 중간수집상이나 도매업체로 출하하고 있다. 그러나 이 방법은 건조중 수기와 겹치거나 습기가 다량 함유되어 포전에서 미생물의 침입 등 부패의 발생율이 대단히 높은 단점이 있다.

현재 양파의 표준출하규격은 5, 10, 20kg단위로서 주로 그물망이나 골판지상자로 출하되고 있으며, 유통경로는 일반상인경로, 산지농협을 통한 계통출하, 소비자와의 직거래로 대별할 수 있으나, 거래 비중이 가장 높은 경로는 일반상인 경로이다.

양파의 저장은 주로 0~1℃정도로서 약 8개월 정도 저장가능하나, 저장중 미생물 및 기타 원인에 의한 병해의 종류가 대단히 많다. 미생물에 의한 병해로는 *Aspergillus*에 의한 흑색 분상의 포자균이 생성되는 black mold, *Fusarium*에 의한 백색 및 핑크색의 곰팡이가 발생하는 *Fusarium bulb rot*, *Botrytis*에 의한 gray mold rot, 이외에도 bacterial soft rot등이 있다.

표 3-7, 3-8은 양파의 겉껍질 및 뿌리부분과 양파내부과육의 유통단계별 미생물오염실태를 나타낸 것이다. 수확단계에서 겉껍질 및 뿌리부분의 총균수가 평균  $1.8 \times 10^7$ cfu/g, 효모 및 곰팡이  $1.0 \times 10^7$ cfu/g, 대장균군이  $1.5 \times 10^6$ cfu/g로서, 내부과육에 비해 총균수는 약  $10^1$ , 효모 및 곰팡이는 약  $10^2$ , 대장균군은 약  $10^1$ cfu/g정도가 높게 나타났다. 또한 대장균군은  $10^6$ cfu/g수준으로 마늘과 함께 높은 오염수준을 나

Table 3-7 Changes of microflora in the skin and the root of onion during distribution

( unit : cfu/g )

| Distribution stage |   | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|--------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Harvest            | A | $5.8 \times 10^7$ | $4.6 \times 10^6$ | $6.2 \times 10^5$ |
|                    | B | $6.2 \times 10^8$ | $2.3 \times 10^7$ | $3.2 \times 10^6$ |
|                    | C | $5.4 \times 10^7$ | $3.0 \times 10^6$ | $7.3 \times 10^5$ |
| Wholesale          | A | $4.3 \times 10^8$ | $2.6 \times 10^7$ | $4.8 \times 10^7$ |
|                    | B | $6.6 \times 10^8$ | $3.9 \times 10^7$ | $7.7 \times 10^7$ |
|                    | C | $6.6 \times 10^7$ | $8.2 \times 10^6$ | $3.9 \times 10^7$ |
| Retail             | A | $9.2 \times 10^8$ | $9.3 \times 10^7$ | $4.6 \times 10^7$ |
|                    | B | $3.6 \times 10^8$ | $5.9 \times 10^6$ | $6.6 \times 10^7$ |
|                    | C | $1.2 \times 10^8$ | $6.3 \times 10^6$ | $2.7 \times 10^6$ |

Table 3-8 Changes of microflora in pulpy substance of onion during distribution

( unit : cfu/g )

| Distribution stage |   | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|--------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Harvest            | A | $4.4 \times 10^4$ | $3.8 \times 10^4$ | $2.7 \times 10^4$ |
|                    | B | $1.9 \times 10^5$ | $2.0 \times 10^4$ | $2.7 \times 10^4$ |
|                    | C | $4.9 \times 10^6$ | $7.2 \times 10^5$ | $6.1 \times 10^5$ |
| Wholesale          | A | $3.9 \times 10^6$ | $7.3 \times 10^5$ | $8.2 \times 10^4$ |
|                    | B | $5.1 \times 10^5$ | $7.2 \times 10^4$ | $3.9 \times 10^5$ |
|                    | C | $7.2 \times 10^5$ | $6.6 \times 10^5$ | $2.9 \times 10^5$ |
| Retail             | A | $8.1 \times 10^6$ | $4.4 \times 10^5$ | $1.9 \times 10^6$ |
|                    | B | $4.8 \times 10^6$ | $2.8 \times 10^6$ | $2.9 \times 10^5$ |
|                    | C | $6.3 \times 10^5$ | $7.7 \times 10^4$ | $1.9 \times 10^5$ |

타내 구근류로서 토양 미생물에 의한 오염이 심한 것으로 판단된다. 또한, 겹겹질 및 뿌리부분에서 총균수는 수확단계에서 평균 약  $10^7$ cfu/g 수준에서 도매 및 소매단계에서 약  $10^8$ cfu/g수준으로 증가하였으며, 대장균군도 비슷한 증가 경향을 보였다. 한편, 양파 내부과육에서도 유통단계별 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군의 변화가 겹겹질 및 뿌리 부분에서와 같은 변화를 나타내어 최종 소비단계에서 총균수는 약  $10^5 \sim 10^6$ , 효모 및 곰팡이는  $10^4 \sim 10^6$ , 대장균군  $10^5 \sim 10^6$ cfu/g정도를 나타내었다.

## 5. 셀러리

우리나라에서 가장 중요한 양채류의 하나로서 미나리과에 속한다. 셀러리는 3개변종이 있으며 또 몇개군으로 나눈다. 우리나라에서 주로 많이 가꾸는 품종군은 황색종군으로 대표적인 품종으로는 톨 골든 셀프 블랜칭, 골든 데트로이트 등이 있다. 재배작형은 춘파종재배, 고냉지재배, 하파종재배, 추파종재배 등의 작형이 있어 년중 공급되고 있다. 수확후 상온에서는 변질이 쉽기 때문에 예냉이 필요하며, 저장은  $-0.5 \sim 0^\circ\text{C}$ 에서 2~4개월간 저장이 가능하지만 국내에서는 거의 저장이 되지 않고 있다. 미생물에 의한 병해로는 초기에는 황색의 반점이 발생하고 균이 번식하면 자극취를 발생시키는 *Erwinia carotovora*에 의한 bacterial soft rot, *Sclerotinia*균에 의한 pink rot, *Cercospora*에 의한 early blight(반점병), *Septoria*균에 의해 발생하는 late blight등이 있다.

표 3-9, 3-10은 셀러리의 잎부위와 줄기부위의 유통단계별 미생물 오염실태를 나타낸 것이다. 수확단계에서 잎부위의 총균수는  $10^4 \sim 10^5$ cfu/g 수준이나 줄기부분은  $10^5 \sim 10^6$ cfu/g 수준으로 잎 부위보다는 줄기부위에서 약  $10^4$ cfu/g정도가 높게 검출되었으며, 효모 및 곰팡이, 대장균군도 거의 비슷한 경향을 나타내었다.

유통단계별로는 수확단계에서 소매단계까지 완만한 증가를 나타내었는데 이는 대부분의 셀러리가 비닐 하우스에서 재배되어 대도시 농산물 도매시장을 거쳐 바로 소매점까지 공급되기 때문에 유통기간이 대단히 짧은데서 기인한 것으로 보인다.

Table 3-9 Changes of microflora in leaves of celery during distribution  
( unit : cfu/g )

| Distribution stage |   | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|--------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Harvest            | A | $3.0 \times 10^4$ | $6.2 \times 10^3$ | $1.9 \times 10^4$ |
|                    | B | $9.5 \times 10^4$ | $3.4 \times 10^3$ | $8.4 \times 10^4$ |
|                    | C | $6.2 \times 10^5$ | $6.6 \times 10^4$ | $5.2 \times 10^5$ |
| Wholesale          | A | $2.6 \times 10^5$ | $7.1 \times 10^4$ | $6.7 \times 10^4$ |
|                    | B | $3.9 \times 10^5$ | $2.8 \times 10^3$ | $6.4 \times 10^4$ |
|                    | C | $9.4 \times 10^6$ | $8.1 \times 10^5$ | $3.9 \times 10^5$ |
| Retail             | A | $9.9 \times 10^6$ | $3.8 \times 10^5$ | $2.2 \times 10^6$ |
|                    | B | $6.2 \times 10^5$ | $7.7 \times 10^4$ | $3.9 \times 10^4$ |
|                    | C | $4.4 \times 10^6$ | $6.9 \times 10^5$ | $2.7 \times 10^5$ |

Table 3-10 Changes of microflora in stems of celery during distribution  
( unit : cfu/g )

| Distribution stage |   | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|--------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Harvest            | A | $4.4 \times 10^5$ | $3.9 \times 10^4$ | $2.5 \times 10^5$ |
|                    | B | $6.5 \times 10^6$ | $2.7 \times 10^4$ | $2.9 \times 10^5$ |
|                    | C | $5.5 \times 10^6$ | $7.9 \times 10^4$ | $8.2 \times 10^5$ |
| Wholesale          | A | $3.8 \times 10^5$ | $6.6 \times 10^4$ | $6.1 \times 10^4$ |
|                    | B | $5.1 \times 10^6$ | $7.2 \times 10^5$ | $5.9 \times 10^4$ |
|                    | C | $4.9 \times 10^7$ | $2.9 \times 10^5$ | $8.0 \times 10^6$ |
| Retail             | A | $6.1 \times 10^6$ | $5.9 \times 10^5$ | $3.8 \times 10^5$ |
|                    | B | $7.3 \times 10^6$ | $2.9 \times 10^5$ | $7.7 \times 10^4$ |
|                    | C | $9.3 \times 10^7$ | $4.2 \times 10^5$ | $6.8 \times 10^5$ |

## 6. 콩나물

콩나물은 그 자체의 특징적인 풍미와 풍부한 비타민 C 등으로 인해 수세기 전부터 우리 국민이 즐겨 먹어온 식품으로서 항시 재배가 가능하고 재배기간이 짧아 손쉽게 접할 수 있다는 장점이 있다. 원료 콩은 지역과 수질에 따라 약간씩 차이가 있기는 하지만 오리알테, 준저리 등 10여종의 소립콩이 주로 사용되고 있다.

몇년전부터 콩나물 재배가 비닐하우스나 건물지하실 등에서 대규모로 생산되면서 재배 및 유통상의 문제가 점차 대두되고 있으며, 현재 플라스틱 통에서 재배되던 콩나물은 그대로 시장에 출하되거나 폴리에틸렌과 같은 플라스틱 필름으로 제조된 포장지에 소포장되어 판매되고 있다. 그러나 콩나물은 상온에서 1~2일, 저온유통시에는 3~4일 밖에 품질유지가 안되 유통중 부패되어 폐기되는 양이 많다.

Table 3-11 Changes of microflora in bean sprouts during distribution  
( unit : cfu/g )

| Distribution stage |   | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|--------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Harvest            | A | $8.0 \times 10^8$ | $1.5 \times 10^8$ | $1.2 \times 10^8$ |
|                    | B | $1.4 \times 10^8$ | $9.4 \times 10^7$ | $8.0 \times 10^7$ |
|                    | C | $4.2 \times 10^7$ | $2.4 \times 10^7$ | $2.3 \times 10^7$ |
| Wholesale          | A | $2.1 \times 10^8$ | $7.7 \times 10^7$ | $5.9 \times 10^7$ |
|                    | B | $3.8 \times 10^8$ | $6.2 \times 10^6$ | $9.9 \times 10^7$ |
|                    | C | $5.1 \times 10^7$ | $4.1 \times 10^6$ | $6.2 \times 10^6$ |
| Retail             | A | $4.1 \times 10^8$ | $6.2 \times 10^7$ | $7.1 \times 10^7$ |
|                    | B | $3.9 \times 10^8$ | $5.5 \times 10^7$ | $1.6 \times 10^6$ |
|                    | C | $5.5 \times 10^8$ | $8.1 \times 10^6$ | $9.3 \times 10^7$ |

표 3-11은 콩나물의 유통단계별 미생물의 오염실태를 나타낸 것으로 총균수는 수확단계 및 백화점에서 구입한 시료에서는 약  $10^7 \sim 10^8$  cfu/g 수준, 소비단계에서는  $10^8 \sim 10^9$  cfu/g 수준 정도이며, 효모 및 곰팡이와 대장균군이 약  $10^6 \sim 10^8$  cfu/g 수준으로

대단히 오염이 심함을 알 수 있다. 이는 현재 성장촉진제로 사용하고 있는 인돌비등의 과다 사용에 따른 왕성한 호흡열의 발생, 관수의 재사용에 의한 불순물의 농축, 포장작업시 작업원과의 접촉등이 복합적으로 관여하기 때문으로 사료된다.

## 7. 표고버섯

표고는 사물기생균으로서 참나무류의 죽은 나무위에 기생하는 목재부후균으로 종균을 순수 배양하여 생육에 알맞는 환경조건을 만들어 인공재배하고 있다.

수확된 표고는 장기저장 또는 수출을 위해 건조하거나, 생표고로 출하 또는 단기간의 저장을 위해 저온저장고에 보관한다. 표준출하규격은 2,4,5kg으로 주로 골판지 상자에 포장하여 출하된다.

표 3-12는 생표고버섯의 유통단계별 미생물 오염실태를 나타낸 것으로 대장균군이 전혀 검출되지 않았는데 이는 본 실험에 사용한 시료의 줄참나무 등 원목에 접종하여 재배하므로 토양에 접촉하지 않고 관수 또한 청결한 물을 사용하기 때문으로 사료된다. 총균수는 수확단계에서 약  $10^3 \sim 10^4$ cfu/g, 도매 및 소매단계에서  $10^5 \sim 10^6$ cfu/g로서 약  $10^2$ cfu/g 정도가 증가하였으며, 효모 및 곰팡이도 수확단계에서  $10^2 \sim 10^3$ cfu/g정도, 도매 및 소매단계에서  $10^3 \sim 10^5$ cfu/g정도가 검출되었다.

## 8. 딸기

딸기는 반축성으로 보고 조생, 수홍, 비미향, Donner등이 국내 총 생산량의 78.8%를 차지하고 있으며, 이외에도 축성재배로 홍학, 조생 홍심, 초동, 춘향 등이 약 8.0% 정도의 점유율을 보이고 있다. 시기별로는 소량생산시기인 10~1월까지는 상품성유지 및 소비자선호에 맞춰 소량 포장 출하율이 높아 2kg골판지 상자의 출하율이 90% 이상을 차지하나, 노지 재배분의 성출하시기에는 8kg 스티로폴 및 12~16kg용의 대포장 출하가 대부분을 차지하고 있다. 저장조건은  $-0.5 \sim 0^\circ\text{C}$ , 습도는 85~90%RH

Table 3-12 Changes of microflora in oyster mushrooms during distribution

( unit : cfu/g )

| Distribution stage |   | Total count       | Yeast and mold    | Coliform |
|--------------------|---|-------------------|-------------------|----------|
| Harvest            | A | $4.3 \times 10^3$ | $9.8 \times 10^2$ | ND       |
|                    | B | $1.7 \times 10^4$ | $5.8 \times 10^3$ | ND       |
|                    | C | $1.3 \times 10^4$ | $5.0 \times 10^3$ | ND       |
| Wholesale          | A | $1.2 \times 10^5$ | $2.5 \times 10^4$ | ND       |
|                    | B | $1.1 \times 10^5$ | $3.9 \times 10^4$ | ND       |
|                    | C | $7.6 \times 10^6$ | $1.0 \times 10^5$ | ND       |
| Retail             | A | $4.1 \times 10^5$ | $6.2 \times 10^4$ | ND       |
|                    | B | $6.3 \times 10^6$ | $2.2 \times 10^5$ | ND       |
|                    | C | $1.5 \times 10^5$ | $6.4 \times 10^3$ | ND       |

ND : not detected

가 정도이며, 저장 및 수송중의 미생물에 의한 병해는 Botryotinia에 의한 gray mold rot, Rizopus에 의한 Rizopus rot등이 있다. 딸기의 유통단계별 미생물의 오염상태는 표 3-13과 같다. 산지 및 지역별로 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군의 차이는  $10^1$ cfu/g정도이며, 수확단계에서 소매단계까지의 총균수, 효모 및 곰팡이의 변화는 약  $10^2$ cfu/g, 대장균군은 약  $10^1$ cfu/g정도였다. 대장균군은 수확단계에서  $10^2 \sim 10^3$ cfu/g정도가 검출되어 오염정도는 비교적 낮은 것으로 나타났다.

Table 3-13 Changes of microflora in strawberries during distribution  
( unit : cfu/g )

| Distribution stage |   | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|--------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Harvest            | A | $2.8 \times 10^4$ | $6.1 \times 10^3$ | $2.1 \times 10^3$ |
|                    | B | $2.5 \times 10^3$ | $1.7 \times 10^3$ | $1.1 \times 10^2$ |
|                    | C | $5.0 \times 10^4$ | $8.6 \times 10^3$ | $8.0 \times 10^2$ |
| Wholesale          | A | $8.0 \times 10^5$ | $1.8 \times 10^5$ | $2.2 \times 10^3$ |
|                    | B | $1.1 \times 10^5$ | $6.3 \times 10^4$ | $2.4 \times 10^4$ |
|                    | C | $3.5 \times 10^5$ | $1.1 \times 10^5$ | $2.8 \times 10^3$ |
| Retail             | A | $4.5 \times 10^5$ | $6.3 \times 10^5$ | $3.7 \times 10^3$ |
|                    | B | $2.0 \times 10^4$ | $3.3 \times 10^4$ | $4.7 \times 10^2$ |
|                    | C | $3.3 \times 10^6$ | $2.2 \times 10^5$ | $2.0 \times 10^4$ |



## 제 4 절 결론 및 요약

국내산 청과물의 오염실태를 조사하기 위하여 상치 등 8개 품목을 대상으로 수확 단계, 도매단계, 소매단계 등의 유통단계별로 각각 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균의 오염실태를 측정하여, 각 품목별 및 유통단계에 따라 다소 차이는 있지만 공시한 시료의 오염정도는 총균수가  $10^3 \sim 10^9$  cfu/g, 효모 및 곰팡이가  $10^3 \sim 10^8$  cfu/g 수준이었으며, 오염지표로 활용되고 있는 대장균군도 표고버섯을 제외하고  $10^3 \sim 10^7$  cfu/g에 달하여 생육기의 시비 및 토양균에 의한 오염 및 2차오염이 상당히 심한 것으로 나타났다.

양파, 및 마늘등 근채류를 제외한 청과물은 수확단계에서 소매단계까지 유통기간은 대략 1~3일 내외가 소요되고 있었으며, 상추, 표고버섯, 딸기 등은 타 품목에 비하여 유통단계별 미생물의 증가가 비교적 높게 나타났다.

미생물의 오염 정도는 동일 품목의 생산지별로는 편차가 그다지 크지 않았으나 시료의 상태, 채취부위에 따라 편차가 비교적 크게 나타났다.

## 제 4 장 오존에 의한 살균효과 및 적정 살균 조건

### 제 1 절 서 설

梅田 등(1992)에 의하면 미생물 제어조작은 감균(滅菌, sterilization), 살균(pasteurization), 소독(disinfection), 제균(removal of microorganism), 정균(microbisostasis)등으로 구분하고 이 중에서 감균은 목적하는 대상으로 부터 모든 미생물을 살균 또는 제거하는 조작으로 넓은 의미의 살균 및 제균을 포함하고 있다고 하였다. 또한, 살균방법으로는 고온 및 건조에 의한 가열살균, 약제 및 방사선에 의한 냉살균, 기타 오존, 초음파, 초고압, 전기적 충격등의 방법으로 구분하여 설명하고 있다.

현재 청과물은 세정후 살균제 등에 의한 살균이 일부 이루어지고 있고, 살균제로는 alcohols, chlorine compounds, phenol compounds 등이 사용되고 있다. 이들 살균법은 상당히 효과가 있지만 최종제품에 약제가 잔류한다는 단점이 있어 최종제품에 약제가 잔류하지 않는 새로운 살균법의 개발이 필요한 실정이다.

이러한 필요성에 의해 최근 오존에 의한 청과물의 표면살균 처리방법의 도입이 시도되고 있는데 오존은 유해반응물질을 잔류시키지 않고, 산소를 원료로 하고 있어 전력만 공급되면 제조 및 control이 용이한 반면 제조비용이 약간 높고, 고농도에서 유기재질을 변질시키는 단점이 있다.

오존에 의한 미생물의 살균효과는 산화작용, 환원작용, 단백질 변성작용, 표면장력 저하 등에 의하나 주로 산화작용에 의해 효소의 변성으로 균체의 대사 및 합성이 불가능하게 하고, 세포막의 손상으로 세포막의 투과성이 변화하여  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , RNA등이 누출, RNA와 리보솜을 분해하고, 세포막내로 침입하여 염색체 또는 그 구성물질인 DNA를 파괴하는 등의 살균 메카니즘을 갖고 있다.

오존은 형태에 따라 크게 오존가스와 오존수로 나누어 볼 수 있는데 먼저 공기중

에 배출된 오존가스는 미생물 표면에 부착하여 수막을 형성하고 있는 수분과 반응하여 생성된  $H_2O^+$ ,  $HO^+$ 의 산화력은 타 활성산소에 비해 살균효과가 대단히 강하며, 오존수의 살균 효과는 기상에서와 거의 같은 형태이다.

청과물의 살균에 오존을 적용한 예는 통상 수 ppm정도의 오존수에 단기간 침지하는 경우가 대부분으로, 오존에 의한 살균기구는 일반적으로 미생물의 세포벽 등의 세포표피를 파괴하는 용존현상이다. 따라서 물리적으로는 오존수와 미생물을 효과적으로 접촉하도록 하는 것이 중요하며, 화학적으로는 어떻게 효과적으로 오존농도를 유지하여 접촉하도록 하는가가 중요한 문제가 된다.

청과물을 절단하는 경우 물리적인 관점에서 살펴보면 절단면에 미생물이 부착하므로 청과물의 즙이 미생물과 오존과의 접촉을 막는 경우가 있으며, 화학적으로는 오존과 청과물의 즙이 반응을 일으켜 오존을 소멸시켜 청과물 주위의 오존 농도가 현저하게 감소하는 경우가 있다. 따라서 살균효과를 높이기 위해서는 오존이 미생물에 직접 작용하도록 하여야 하며 이를 위해서는 가능한 표면적이 적도록 하고, 저장 후 오래된 원료나 손상 받은 원료의 경우 미생물이 내부까지 침투해 있기 때문에 살균이 불가능한 경우가 많으므로 원료선택에도 유의해야 할 필요가 있다. 특히 현재 외국에서 넓게 보급되고 있는 최소가공된 청과물의 경우 가능한 미생물 이외의 오존과의 반응물질인 청과물 표면의 유기질 및 무기질, 청과물 즙 등의 제거를 위하여 충분한 세정이 필요하다(內藤, 1995). 또한 청과물의 선도유지에는 온도가 큰 영향을 미치는 경우가 많아 일반적으로 3~5℃에서 보관하는 경우 세균 및 대장균의 증식이 상당히 억제되어 증식속도가 대단히 늦게 되나 15~25℃가 되면 미생물의 증식속도가 대단히 빨라지고 곧 대수기가 되는 경우가 많기 때문에 미생물의 증식을 억제하기 위해서는 온도를 낮게 유지하여야 한다.

따라서 오존수를 사용할 경우 오존 단독의 사용보다는 예냉 및 세정 등의 전처리를 복합적으로 실시하는 것이 오존의 살균효과 상승은 물론 전처리 시스템의 효율적인 활용에도 유효할 것으로 향후 이에 대한 연구의 필요성은 대단히 높다고 할 수 있다.

따라서 본 장에서는 향후 청과물의 표면 살균방법의 하나로 활용성이 대단히 높을

것으로 예상되는 오존에 의한 미생물의 살균효과를 에탄올, 수도수에 의한 세정 및 샤워시의 결과와 비교하여 살펴보고, 청과물의 품목별로 오존의 농도, 처리시간에 따른 살균효과를 비교하여 적정 살균처리 시간 및 농도를 정립하며, 오존에 의한 청과물의 저장성 증진을 살펴보는데 목적을 두었다.

## 제 2 절 재 료 및 방 법

### 1. 오존수 및 가스발생장치

#### 가. 오존발생장치

오존발생장치는 1) 전원장치, 2) 오존반응장치, 3) 산소공급장치, 4) 냉각장치로 구성되어 있다.

##### (1) 전원장치

전원장치는 주파수와 전압조절이 가능한 특수 power supply를 사용하였다. 출력 전압가변은 전압장치의 고압트랜스 1차측 전압을 0~250V로 가변하여 2차측 고압전압을 0~15kV로 조절할 수 있으며, 주파수 가변은 스위칭소자를 이용하여 고압트랜스 1차측 전원의 주파수를 20~40kHz로 가변하여 사용하였다. 주파수 및 전압측정은 Oscilloscope를 사용하여 측정하였으며, 전원장치의 출력파형은 그림 4-1과 같았다.

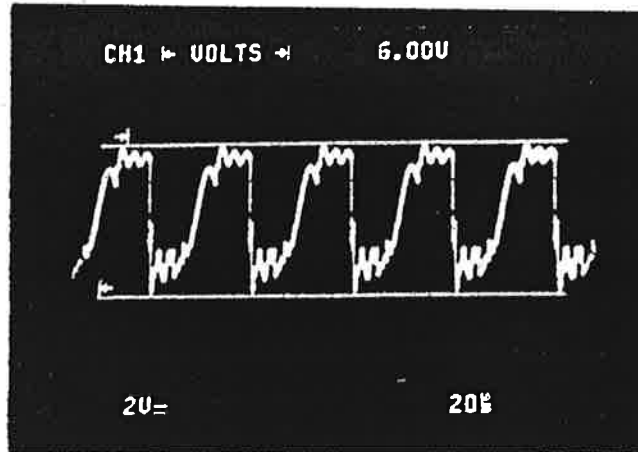


Fig. 4-1 Output osillograph of power supply

(2) 오존발생장치

(가) 세라믹 오존나이저

오존발생장치는 소형이며 오존발생량 조절이 용이한 세라믹 오존나이저를 채용하였다. 세라믹 오존나이저는 절연성과 강도가 높은 고순도 alumina세라믹 기판상에 선상의 방전극과 이면에 면상의 유도전극이 인쇄된 연면방전체의 일종이다.

방전부의 전극은 방전으로 인한 전극의 휘산이 발생하게 되므로 휘산이 잘 되지 않고 방전성능이 우수한 백금재료가 사용되고 있으며, 방전전극 보호막은 방전시 전극이 휘산되지 않고 방전에 장애가 되지 않는 재료를, 유도전극은 금속성 paste가 사용되었으며, 양단전극에 고압인가시 agmigration을 방지할 수 있도록 Pb함량이 많은 재료가 사용되었다. 본 장치에 사용된 오존나이저는 그림 4-2와 같다.

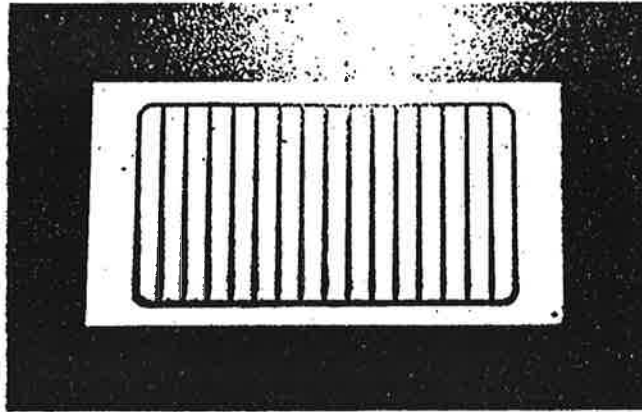


Fig. 4-2 Ceramic ozonizer

#### (나) 오존반응기

오존나이지에 산소를 공급하여 오존을 발생시키기 위한 오존반응기는 그림 4-3과 같이 내오존성, 열전달율, 가공성이 우수한 알루미늄을 재료로 하였으며, 반응기 내부의 반응열을 방열하기 위하여 반응기 외부에 heat sink를 2mm간격으로 설치하였다.

#### (3) 산소공급장치

산소는 순도 99%이상의 압축산소를 사용하였으며, 오존수의 경우는 세라믹 오존나이지를 통과하여 발생된 오존이 포함된 산소를 벤츄리관을 통과시킬 때 수도물을 공급하여 용존하게 하였다.

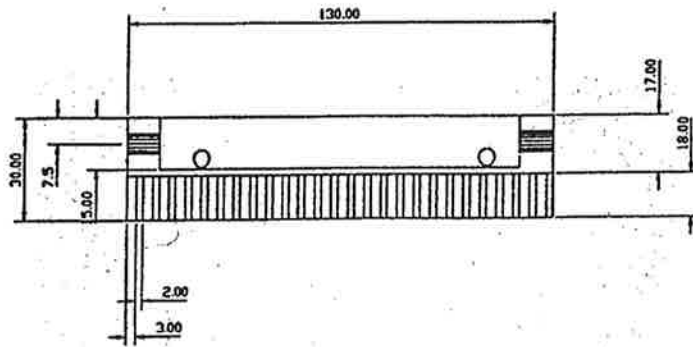


Fig. 4-3 Ozone reactor

(4) 냉각장치

오존발생기 외부에 그림 4-4와 같은 방열판을 부착하고 냉각 팬으로 송풍하여 냉각하는 공냉식 냉각법을 사용하여 열상승에 의한 오존발생농도의 저하를 방지할 수 있도록 하였다.

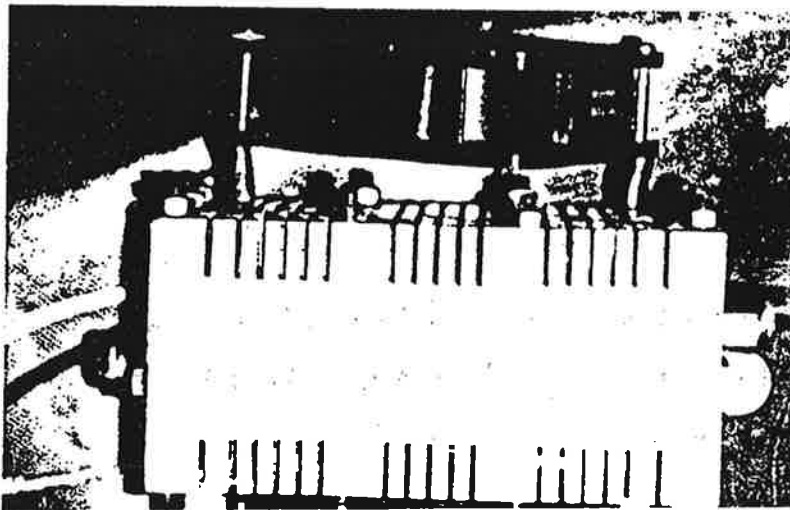


Fig. 4-4 Cooling apparatus of ozone reactor

## 나. 오존가스 발생장치

전술한 오존발생장치를 이용하여 그림 4-5와 같은 오존가스발생장치를 설계하여 신성기술연구소에서 제작하였다. 그림 4-5에서 ①은 원료공기의 양을 조절하는 유량계로서 16LPM을 유지하도록 하였으며, ②는 오존발생장치로서 전압, 주파수, 내부반응열, 압력, 온습도, 유량에 따라 오존농도가 결정된다. ③은 오존발생장치에서 발생되는 열을 냉각하기 위한 냉각팬으로 본 실험에서는 상하 2개를 사용하였다. 다음 표 4-1은 본 시스템의 사양을 정리한 것이다.

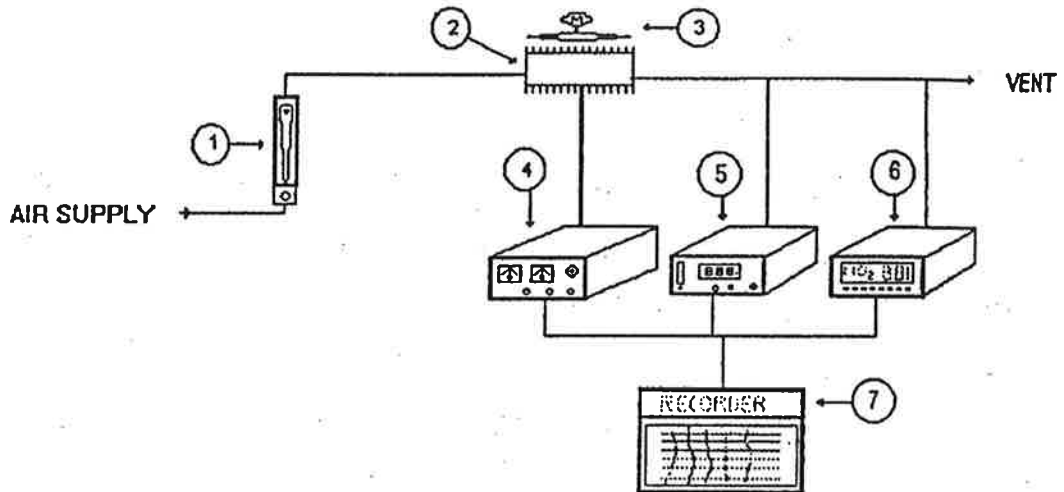


Fig. 4-5 Ozone gas generator



Table 4-1 Specifications of ozone gas generator

| No. | Item            | Specification  |
|-----|-----------------|----------------|
| ①   | air flow meter  | 16LPM          |
| ②   | ozone generator | max 800ppm, Al |
| ③   | cooling fan     | 110V, 15W      |
| ④   | power supply    | 15kV, 20~40kHz |
| ⑤   | ozone analyzer  | 0~100ppm       |
| ⑥   | No analyzer     | 0~20,000ppb    |

#### 다. 오존수 발생장치

본 장치는 venturi injection에 의한 용존방식으로 그림 4-6과 같이 구성하였으며, 저수조의 원수를 pump로 venturi injection에 공급하여 오존발생장치로부터 오존이 자동으로 유입되어 오존에 용해되는 방식이다

본 장치의 특징은 일정한 농도의 오존수를 지속적으로 발생할 수 있으며, 소형이며 구조가 간단하고 가격이 저렴한 점 등을 들 수 있다. 다음 표 4-2는 본 시스템의 사양을 정리한 것이다.

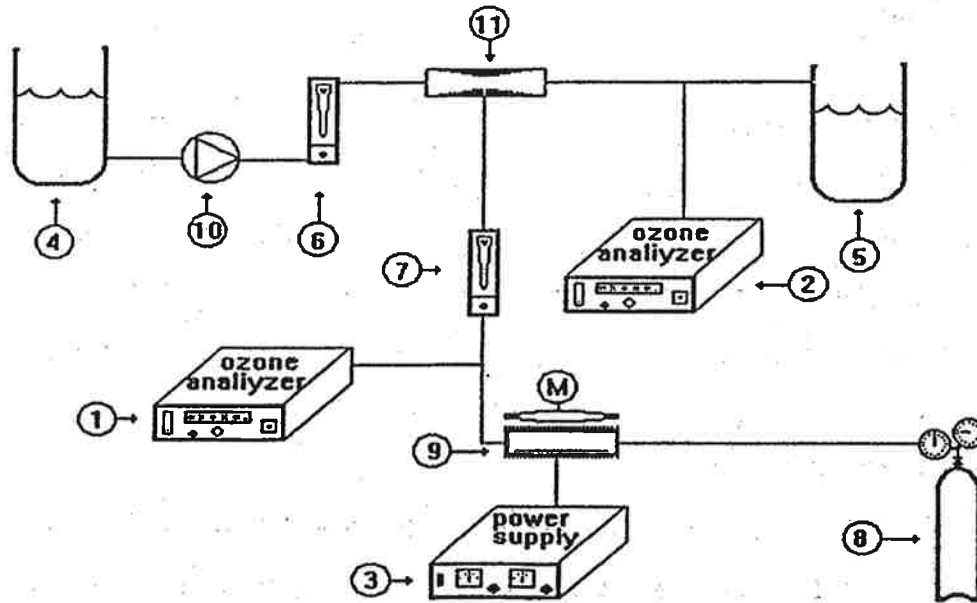


Fig. 4-6 Ozonated water generator

Table 4-2 Specifications of ozonated water generator

| No. | Item                         | Specification                  |
|-----|------------------------------|--------------------------------|
| ①   | Ozone analyzer               | 0~100ppm                       |
| ②   | dissolved ozone analyzer     | 0~5ppm                         |
| ③   | power supply                 | 15kV, 20~40kHz                 |
| ④,⑤ | dissolved ozone & water tank | 40 × 150cm(∅ × H)              |
| ⑥   | water flow meter             | 1.8~18LPM                      |
| ⑦   | Ozone gas flow meter         | 2000cc/min                     |
| ⑧   | Oxygen vessel                | O <sub>2</sub> 99%             |
| ⑨   | ozone reactor                | max 2,400ppm                   |
| ⑩   | water pump                   | max 10LPM, 3kg/cm <sup>2</sup> |
| ⑪   | ozone injector               | 150mm                          |

## 라. 오존발생장치의 성능 측정

### (1) 실험방법

오존발생장치는 그림 4-5 및 그림 4-6과 같이 구성하였다. 전원장치의 주파수는 24kHz로 고정하였으며, 전압은 4.0~7.0kV까지 0.2kV단위로 상승시켜 입출력 데이터를 측정 기록하였다. 원료공기는 일반공기와 순도 99%의 산소를 각각 사용하였으며, 유량은 15LPM으로 하였다. 오존수 제조를 위해서 물 유량은 5LPM으로 고정하였으며, 이 때 수압은 0.95kg/cm<sup>2</sup>으로 조절하였다. 한편 외기온은 30.5℃, 상대습도는 58%이었으며, 수온은 28.4℃이었다.

측정장비는 오존가스의 경우 자외선 조사 원리를 채용한 2차 표준기인 Ozone concentrator(model-DY1120, Dasibi Co, Japan)을, 오존수는 Ozone monitor(PL-320, Hare, Japan)를 사용하였으며, Indigo colorimetric method(APHA standard methods)으로 UV/VIS Spectrophotometer(Y-550, Jasco, Japan)을 겸용 사용하였다.

### (2) 오존가스의 농도

그림 4-7은 일반공기를 원료공기로 사용하였을 경우의 오존농도를 나타낸 것으로서 이 때 가해진 전압은 4.0~7.0kV까지 0.2kV단위였으며, 전류변화는 0.14~0.40A였다. 가해진 전압에 따라 발생하는 농도는 1~130ppm정도로 나타났다. 그러나 가해진 전압의 증가에 따라 6.0kV까지는 발생농도가 증가하였으나, 그 이상의 전압이 가해졌을 경우는 감소하는 추세를 나타내었다.

한편, 원료공기를 순도 99%의 산소를 사용하였을 경우는 그림 4-8과 같이 가해진 전압 4.0~7.0kV까지 농도가 5~2640ppm를 나타내어 일반공기를 사용할 경우보다 약 8배 이상이 높게 나타났다. 그러나 가해진 전압에 따른 발생농도는 일반공기를 사용할 경우와 같이 6.6kV의 2640ppm를 기점으로 가해진 전압이 증가하여도 농도는 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 이 때 전류는 0.06~0.46A로서 일반공기시보다 다소 낮게 나타났다.

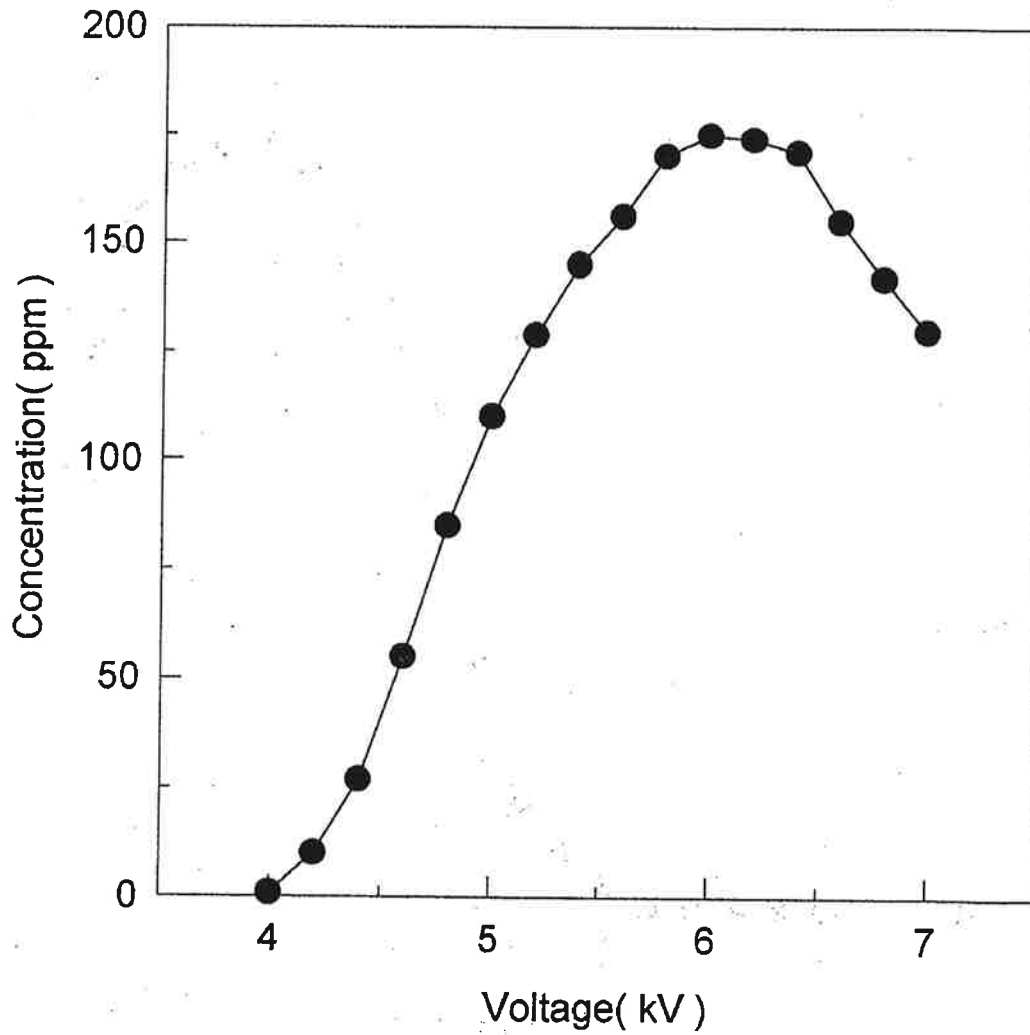


Fig. 4-7 Relationship between ozone gas concentration and applied voltage( room air )

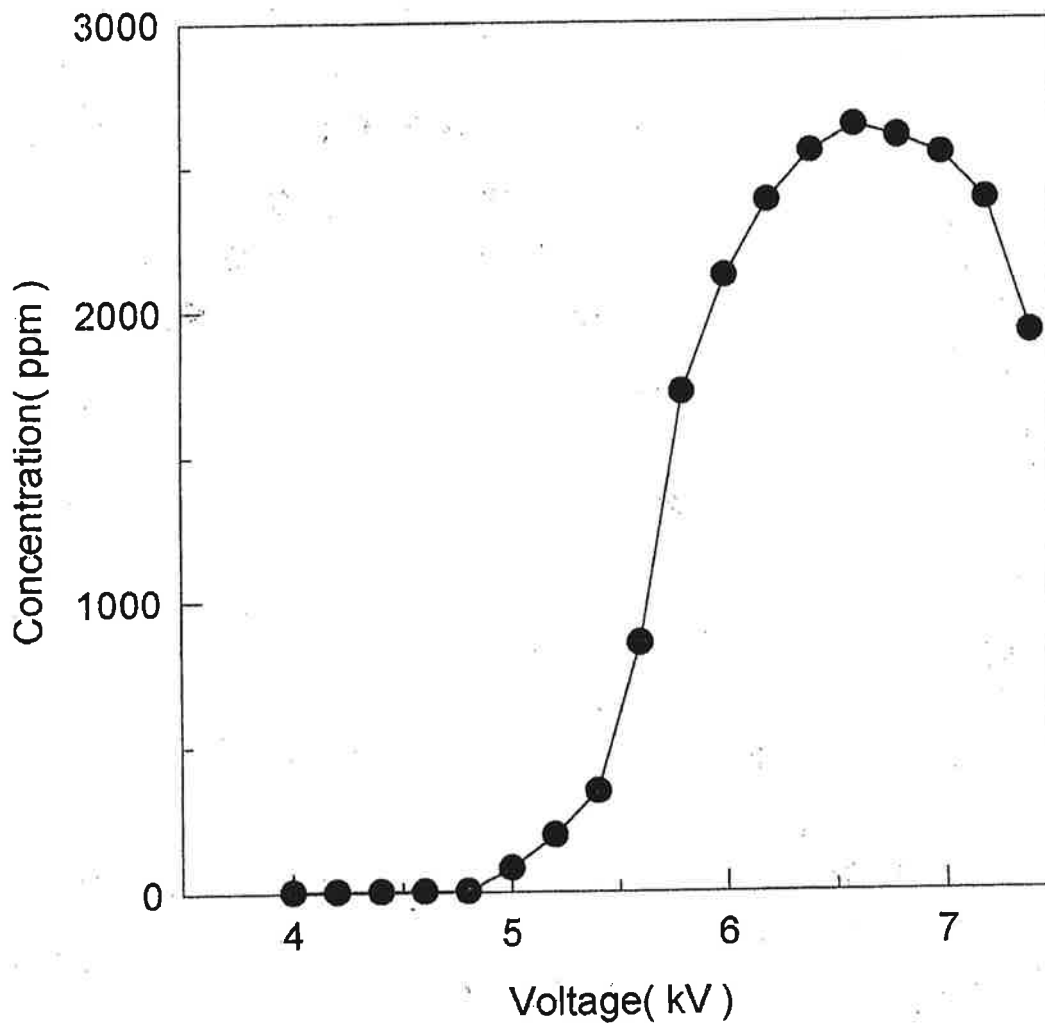


Fig. 4-8 Relationship between ozone gas concentration and applied voltage (O<sub>2</sub>)

### (3) 오존수의 농도

그림 4-9는 원료공기를 일반공기로 사용하였을 경우의 오존수의 농도를 나타낸 것으로서 가해진 전압 및 전류는 오존가스의 경우와 같았으며, 농도는 0.1~0.2ppm으로 가해진 전압에 따라 거의 차이가 나지 않았다. 이는 측정장치인 ozone monitor의 resolution이 0.1mg/ℓ인 점에도 기인하지만 전체적으로 낮은 농도를 나타내고 있음을 알 수 있으며, 본 연구에서는 실험 목적상 일반공기가 원료공기로는 적합치 않는 것으로 나타났다.

한편, 그림 4-10은 원료공기를 순도 99%의 산소를 사용한 경우로서 액상농도가 0.0~0.8ppm으로 나타나 일반공기를 사용한 경우보다 약 4배이상이 높게 나타났다. 그러나 가해진 전압에 대한 농도의 변화는 7.2kV를 최대농도를 나타내었으며, 그 이상에서는 그보다 낮은 값을 나타내었다. 이 때 수온은 28.4℃로 pH는 8.03이었다.

그림 4-11은 원료공기로 산소를 사용할 경우의 수온을 19~28.5℃로 조절하면서 수온에 따른 오존수의 농도변화를 살펴본 것으로서 수온이 낮을수록 높은 농도를 나타냄을 알 수 있었다. 이 때 가해진 전압은 7.6kV였으며, 물의 유량은 5LPM이었다.

## 2. 계 료

### 가. 처리형태에 따른 살균효과

처리형태별 살균효과 측정용 시료는 청과물의 유통형태를 감안하여 크게 오존가스 및 오존수에 의한 측정용 시료로 나눌 수 있다. 오존가스에 의한 처리의 시료는 가정 및 최종 소비지에서 2차 가공을 하여 유통단계에서 세정의 필요성이 없거나, 세정시 물방울에 의하여 pitting의 발생, 짓물림 등의 품질손상이 심하게 발생할 수 있는 양파, 마늘, 딸기, 느타리버섯, 표고버섯으로 하였다. 이 때 양파, 마늘 및 딸기는 가락동 농수산물 시장에서 구입하였으며, 느타리 및 표고버섯은 경기도 의왕시의 생산가에서 직접 구입하여 공시하였다.

또한 상치, 콩나물, 셀러리 및 배추는 다듬기, 선별, 세정, 소포장을 통해 유통시키

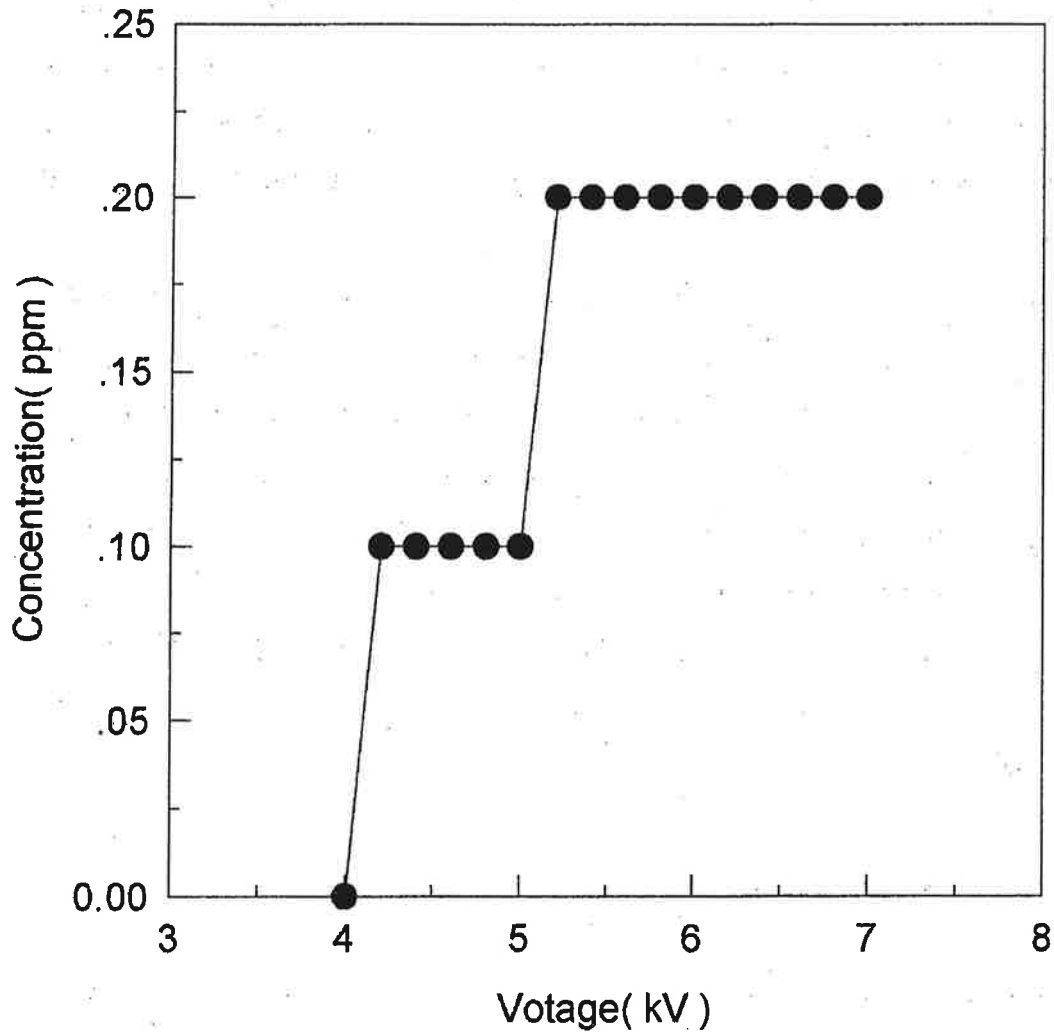


Fig. 4-9 Relationship between ozonated water concentration and applied voltage( room air )

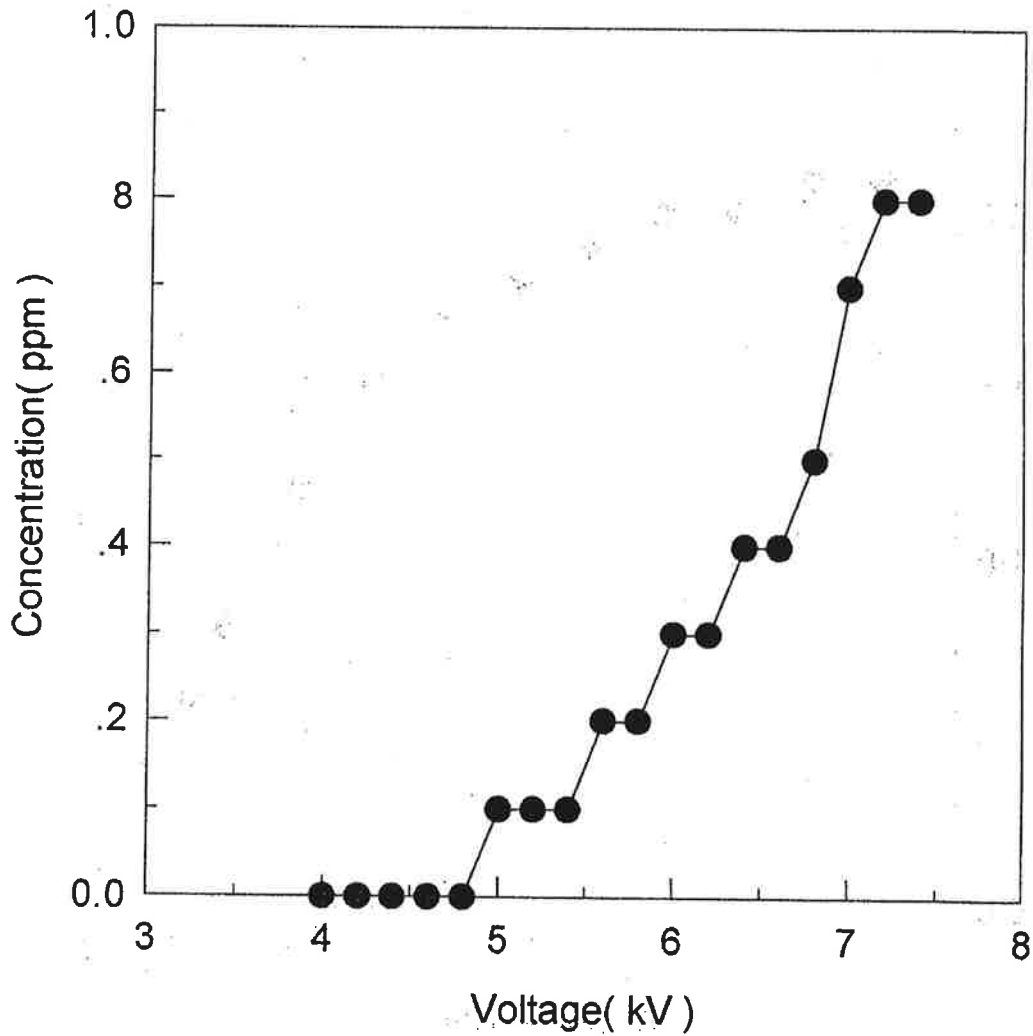


Fig. 4-10 Relationship between ozonated water concentration and applied voltage( O<sub>2</sub> )



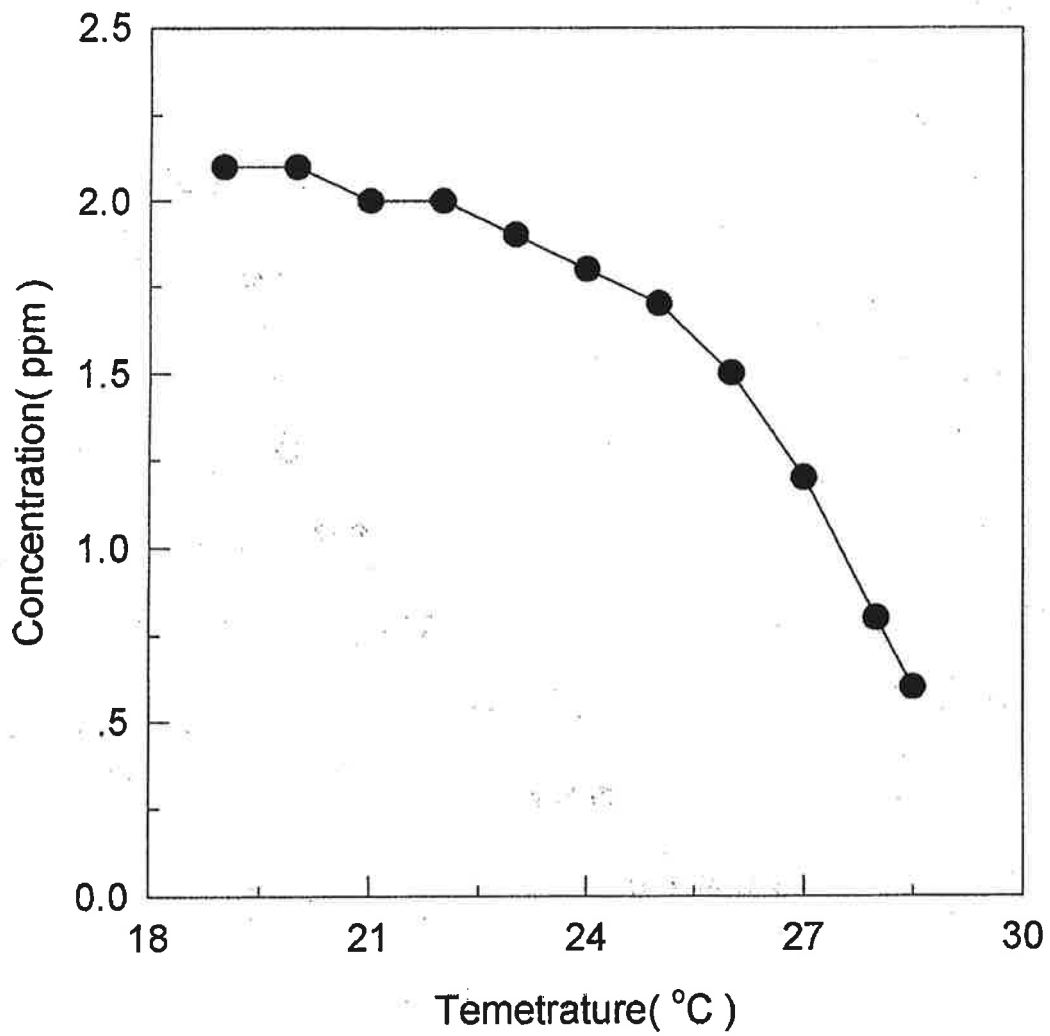


Fig. 4-11 Relationship between ozonated water concentration and water temperature

는 최소가공이 가능한 품목으로 오존수에 의한 살균효과 측정용으로 사용하였으며, 상치 및 배추는 경기도 성남시의 생산농가에서, 콩나물 및 셀러리는 성남시 분당구 소재의 청과물소매장에서 구입 공시하였다.

#### 나. 주요 품목에 대한 오존처리효과

오존처리 효과의 조사를 위한 시료는 조직이 연약하고 미생물에 의하여 쉽게 손상을 받는 딸기 및 느타리버섯을 사용하였으며, 딸기는 충남 서산군 성연농협내 딸기작목반에서 노지재배된 딸기를 '95년 6월 22일 직접구매하여 연구원으로 운반하여 공시하였고, 느타리버섯은 경기도 성남시 느타리버섯 재배농가에서 8월 22일 구매하여 공시하였다.

### 3. 방 법

#### 가. 오존처리 방법

##### (1) 처리형태에 따른 살균효과

오존가스에 의한 살균효과를 측정하기 위하여 오존의 처리농도는 10, 20, 30, 40ppm으로 하였고, 처리시간은 2, 4, 6시간으로 하였다. 이 때 예비실험결과 처리온도를 상온으로 하였을 경우 딸기, 느타리 및 표고버섯의 처리시간이 길어질수록 상온의 강제송풍에 의한 품질변화가 현저해진다는 점과 마늘 및 양파의 경우 장기비축시 저온저장고에 보관되는 점을 감안하여  $1 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , 70~80%RH의 저온저장고에서 실시하였다.

또한 오존수에 의한 살균효과는 오존수의 처리농도를 0.5, 1.0, 1.5ppm으로 하였고 처리시간은 20, 40, 60분으로 하였다. 이 때 오존수는 직경 50cm, 높이 20cm의 원형 플라스틱 통에 350 l/hr를 공급하여 침지 및 유수식의 병용이 되도록 하였으며, 샤워식은 직경 7cm 정도의 샤워기를 이용하여 350 l/hr 정도의 유량이 되도록 하였다.

## (2) 주요 품목에 대한 오존처리 효과 측정

딸기는 오존처리용과 비처리용으로 구분하여 오존처리용은 짓눌림이 발생하지 않도록 그물형의 PVC트레이에 옮겨 담은 후 0℃, 75%RH로 유지한 저온저장고에 설치된 오존발생장치의 100ℓ 정도의 PVC 시료 cell에서 30ppm의 농도, 350ℓ/hr의 유량으로 2시간 동안 처리하였다. 오존처리용 및 비처리용 공허 190~220g정도가 되도록 PVC tray에 랩으로 소포장한 다음 13±1℃, 75±5%RH의 저온저장실 및 25±5℃, RH 65±5%의 상온에 저장하면서 경시적인 변화를 측정하였다. 또한 느타리버섯은 딸기와 동일하게 처리한 후 2kg의 상자 및 110~130g 정도의 PVC tray에 랩 소포장한 후 1±1℃, 75±5%RH의 저온저장고 및 25±5℃, RH 65±5%의 상온에 저장하면서 경시적인 변화를 측정하였다.

## 나. 미생물 측정

시료 100g을 취하여 450ml의 Peptone water와 함께 살균된 warring blender로 균질화시켰다. 이때, 조직이 약한 상추, 양파, 딸기는 약 10초간 처리하였으며, 조직이 강한 마늘은 20초간 처리하였다.

균질화시킨 각 시료는 필요에 따라 적당히 희석하여 pouring culture method에 의하여 균수를 측정하였으며, 이 때 사용된 배지는 일반세균 측정용으로는 plate count agar(PCA), 효모 및 곰팡이 측정용으로는 potato dextrose agar(PDA), 대장균군(coliform group) 측정용으로는 MacConkey agar medium(MAC)을 사용하였다. PCA 및 MAC배지는 37℃에서 48시간 배양하고, PDA배지는 20℃에서 72시간 배양시킨 후 균수를 측정하였다. 이 때 미생물 실험에 사용된 기구 및 용기는 모두 고압멸균기로 멸균 후 사용하였다.

## 다. 중량변화

일정간격으로 중량변화를 측정하여 초기 중량에 대한 감모정도를 다음과 같이 환

산하여 사용하였다.

$$\text{Rate of weight retention}(\%) = \frac{W_t}{W_i} \times 100$$

여기서  $W_i$ 는 저장 초기의 중량,  $W_t$ 는 일정기간 저장한 후의 중량이다.

라. 표면색택

청과물의 표면색택은 CHROMA METER(CR-200, MINOLTA, Japan)을 이용하여 측정하여 Hunter L, a, b로 표시하였으며, 이 때 standard plate의 L = 97.75, a = -0.49, b = +1.96이었다.

마. Ascorbic acid

과육을 파쇄한 후 저온 원심분리하여 얻은 상등액을 Radial pak C<sub>18</sub> 카트리지가 관에 연결된 HPLC를 이용하여 분석하였으며, 분석조건은 다음 표 3-2와 같다.

Table 4-3 Instrumental conditions for ascorbic acid analysis by HPLC

|             |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| Instrument  | Waters Model 510                     |
| Column      | Radial pak C <sub>18</sub> cartridge |
| Mobil phase | Methyl alcohol PIC sol.              |
| Flow rate   | 2.0 ml/min                           |
| Detector    | UV 214nm                             |

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 오존가스처리

##### 가. 오존가스 및 에탄올 처리효과 비교

오존은 공기중에서 서서히 자연분해되어 산소로 되돌아 가지만 분해속도는 오존의 농도, 불순물의 존재, 온도, 습도에 따라 다르다. 상온의 공기중에서는 반감기가 10시간 전후로 늦기 때문에 살균효과는 수중에 비해 나쁘다. 공기중의 오존의 살균효과에 가장 영향을 미치는 것은 습도로서 일반적으로 습도가 50%RH 또는 그 이하에서는 거의 살균효과를 찾아볼 수 없지만 80%RH이상에서는 현저한 살균효과를 나타낸다(Shigezo, 1995).

이러한 오존가스의 살균효과, 반감기 등의 문제로 지금까지 오존가스에 의한 청과물의 표면살균처리의 예는 찾아볼 수 없는 실정이며, 오존수에 의한 표면살균처리만이 시도되고 있는 실정이다. 그러나 청과물중에서 오존수처리시 탈수가 불충분할 경우 pitting이 발생하고, 미생물의 2차오염이 증대될 뿐 아니라 외관상 나빠지게 되어 마늘, 양파 등 장기비축 농산물의 경우 현실적으로 오존수의 적용이 불가능한 경우가 많다. 일반 저온저장고에서 가습시 원심식가습기, 초음파가습기를 사용하여도 이러한 문제점의 해소가 어려워 가습 대신 유니트쿨러에서 증발온도와 고내온도차를 줄이는 방법의 도입 또는 2차 냉매에 의한 간접냉각방식이 도입되는 것도 같은 이유이며, 예냉방식중 냉각능력이 가장 뛰어난 냉수냉각의 사용이 대단히 제한적인 것도 같은 이유에서 기인하고 있다.

한편 에탄올은 지금까지 기기, 용기의 살균 및 소독, 시설 및 설비환경의 살균 및 소독에 주로 사용되고 있으며, 30%이상에서 살균효과를 갖는데, 세균에 대해서는 영양형 Gram 양성 및 음성세균에 대해 살균효과를 갖고 있지만 세균아포에 대한 살균력은 없으며, 효모 및 곰팡이에 대한 살균력은 있으며, 무엇보다도 빠른 살균력을 갖으며, 다른 약제와 혼용에 의해 살균효과가 증대되는 것이 특징으로 알려져 있다. 그

러나 증발이 빨라 효력의 지속성이 결여되며, 연소성, 폭발성이 높은 단점을 가지고 있다(梅田 등).

이러한 오존 및 에탄올의 살균효과를 비교하기 위하여 딸기를 대상으로 70%의 에탄올을 흘려내릴 정도로 충분히 샤워하여 미생물 변화 및 ascorbic acid의 함량변화를 오존가스 30ppm처리구와 비교한 결과 표 4-4와 같았다.

에탄올 스프레이에 의한 미생물의 살균효과는 총균수의 경우  $3.3 \times 10^4$ cfu/g으로 처리전 대조구의  $1.0 \times 10^5$ cfu/g에 비해 약 1/10정도 수준을 나타내어 오존가스 4시간 처리와 유사한 살균효과를 얻었다. 그러나 효모 및 곰팡이는 거의 살균효과가 없었으며 대장균군의 경우 대조구에 비해 약  $10^1$ cfu/g정도의 감소를 나타내 오존가스 약 2시간처리시의 결과와 유사한 효과를 나타내었다. 그러나 ascorbic acid는 오존처리에 의해서는 6시간 처리하여도 약 10%정도 감소된 것으로 나타난 반면 에탄올 처리에 의해서는 약 33% 정도가 파괴된 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 오존가스는 에탄올에 비해 처리시간이 길고 30ppm에서 약 2~4시간 정도 처리하면 에탄올 70% 스프레이와 비슷한 효과를 나타내어 살균효과가 높고 ascorbic acid의 손실이 적을 뿐 아니라 오존가스의 대량 생산이 가능하여 실제 청과물의 일정규모 이상의 표면살균에 대한 적용성은 매우 높을 것으로 사료되나, 반감시간 및 고농도에서의 유기재질의 변질 등의 문제점이 해소되어야 하며, 반대로 에탄올의 경우는 처리시간이 짧은 반면 ascorbic acid등 성분의 변화가 심하고, 폭발성, 연소성등의 문제점은 물론 대량 처리가 어려워 실제 청과물의 표면살균에는 적합치 않을 것으로 사료된다.

Table 4-4 Comparison of the sterilization effectiveness of strawberry by ozone gas and ethanol treatments

( unit : cfu/g )

| Treatment condition | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          | Ascorbic acid (mg %) |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Control             | $1.0 \times 10^5$ | $3.4 \times 10^4$ | $8.8 \times 10^3$ | 67.96                |
| Ozone 30ppm, 2hr    | $8.0 \times 10^4$ | $7.0 \times 10^3$ | $3.0 \times 10^2$ | 67.72                |
| 4hr                 | $3.0 \times 10^4$ | $4.3 \times 10^3$ | ND                | 65.72                |
| 6hr                 | $1.3 \times 10^4$ | $3.5 \times 10^3$ | ND                | 60.97                |
| Ethanol shower, 70% | $3.3 \times 10^4$ | $3.1 \times 10^4$ | $8.6 \times 10^2$ | 45.59                |

나. 오존가스에 의한 살균효과 및 적정 살균 조건

(1) 양파

양파는 국내 농산물중 단일품목으로 가장 저장량이 많은 품목으로 '92년 8월현재 전체 저장물량중 38.8%의 비율을 차지하고 있다. 이러한 양파의 저장온도는 0℃, 습도는 70~75%RH, 저장기간은 약 6~8개월정도로써 저장중 고내의 상대습도가 70% 이상으로 오존가스에 의한 살균효과가 높을 수 있으며, 장기저장용 비축 농산물로서 밀폐된 저장고내에서 오존처리를 할 경우 오존가스가 저장고내에서 분해되어 잔류 오존에 의한 우려는 그다지 크지 않다고 할 수 있다.

표 4-5는 양파의 오존농도별, 처리시간별 살균효과를 나타낸 것으로서 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군 가운데 대장균군의 사멸효과가 가장 현저하게 나타났다. 총균수의 초기 오염정도는  $10^7 \sim 10^8$ cfu/g, 효모 및 곰팡이의 초기오염 정도는  $10^6$ cfu/g 수준으로서 오존농도 10ppm에서 6시간 처리시 무처리구에 비해 약  $10^1$ cfu/g정도의

Table 4-5 Changes of microflora in onion by ozone gas treatment at 0°C  
( unit : cfu/g )

| Concentration (ppm) | Treatment time(hr) | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 10                  | control            | $5.6 \times 10^7$ | $6.5 \times 10^6$ | $4.0 \times 10^6$ |
|                     | 2                  | $8.3 \times 10^7$ | $6.3 \times 10^6$ | $1.9 \times 10^6$ |
|                     | 4                  | $7.5 \times 10^6$ | $9.5 \times 10^5$ | $1.0 \times 10^6$ |
|                     | 6                  | $7.0 \times 10^6$ | $9.2 \times 10^5$ | $1.9 \times 10^5$ |
|                     |                    |                   |                   |                   |
| 20                  | control            | $6.6 \times 10^7$ | $2.0 \times 10^6$ | $2.1 \times 10^6$ |
|                     | 2                  | $6.3 \times 10^7$ | $2.5 \times 10^5$ | $1.9 \times 10^6$ |
|                     | 4                  | $9.7 \times 10^6$ | $2.4 \times 10^5$ | $3.7 \times 10^4$ |
|                     | 6                  | $5.9 \times 10^6$ | $2.2 \times 10^5$ | $1.8 \times 10^4$ |
|                     |                    |                   |                   |                   |
| 30                  | control            | $6.3 \times 10^8$ | $3.8 \times 10^6$ | $1.3 \times 10^6$ |
|                     | 2                  | $5.9 \times 10^8$ | $1.0 \times 10^6$ | $3.4 \times 10^6$ |
|                     | 4                  | $7.2 \times 10^7$ | $7.1 \times 10^5$ | $5.8 \times 10^4$ |
|                     | 6                  | $3.1 \times 10^7$ | $4.2 \times 10^5$ | $1.4 \times 10^4$ |
|                     |                    |                   |                   |                   |
| 40                  | control            | $5.7 \times 10^8$ | $9.4 \times 10^6$ | $6.6 \times 10^6$ |
|                     | 2                  | $4.7 \times 10^8$ | $1.3 \times 10^6$ | $1.0 \times 10^6$ |
|                     | 4                  | $5.2 \times 10^7$ | $5.9 \times 10^5$ | $8.0 \times 10^4$ |
|                     | 6                  | $1.4 \times 10^7$ | $1.6 \times 10^5$ | $4.0 \times 10^3$ |
|                     |                    |                   |                   |                   |



살균효과를 나타내었으나, 농도가 증가할수록 기대한 만큼 살균효과는 나타나지 않았다. 그러나 대장균군은 10ppm에서는 6시간 처리시에 무처리구의 약  $10^1$ cfu/g, 20, 30ppm에서는 처리시간 6시간정도에서  $10^2$ cfu/g정도의 사멸효과를 나타내었으며, 40ppm에서는  $10^3$ cfu/g정도의 사멸효과를 나타내었다. 따라서 기존의 양파 저장시 오존가스 20ppm에서 2~4시간 처리로 미생물중 가장 변패 및 부패의 우려가 높은 *Aspergillus*에 의한 black mold, *Fusarium*에 의한 bulb rot, *Botrytis*에 의한 gray mold rot, bacterial soft rot 등의 방지에 다소 유효하리라 사료된다.

## (2) 마늘

마늘은 저장중 미생물에 의한 병해는 크게 blue mold rot와 *Corticium centrifugum*에 의한 백견병(白絹病)로 나눌 수 있다. Blue mold rot는 초기에 연약한 스폰지상이나 분말상의 clove가 보이다가 회색 또는 황갈색의 분상의 덩어리로 분해되는 현상으로 예건 및 고내습도조절로 방지하고 있으나 최근 동결근접점 저장으로 예건을 실시하지 않고 바로 저온저장시 동해 등의 문제가 야기될 수 있다.

표 4-6은 오존가스 처리에 의한 마늘의 살균효과를 나타낸 것으로서 양파와 비슷하게 총균수, 효모 및 곰팡이에 비해 생체 생식시 위생상 문제가 되는 대장균류의 사멸효과가 높게 나타났다. 오존농도 10, 20ppm에서 총균수는 처리시간에 따라 미미한 감소를 나타내다 30, 40ppm에서 6시간 처리시 무처리구의 약 1/10정도로 감소하였다. 그러나 실제 저장시 문제가 되는 효모 및 곰팡이는 20ppm에서 4시간 처리시 무처리구에 비해 약  $10^1$ cfu/g정도가 낮게 나타났으며, 대장균군은 10ppm에서 4시간 처리시 무처리구의 약 1/10, 40ppm에서 6시간 처리시 약 1/100 정도로 감소하여 비교적 높은 사멸효과를 나타내었다. 마늘 또한 양파와 동일하게 저장조건이 비교적 낮은 상대습도인 70~75%정도이지만 오존가스의 살균력에는 충분하며, 저장기간이 6~8개월로 장기 비축 농산물이며, 양파와 더불어 양념류로 생식이 많다는 점을 감안할 경우 저온저장고내에서의 활용성이 높을 것으로 예상되며, 20ppm에서 약 4간 오존가스처리로 저장성의 향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 4-6 Changes of microflora in garlic by ozone gas treatment at 0°C  
( unit : cfu/g )

| Concentration (ppm) | Treatment time(hr) | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 10                  | control            | $4.1 \times 10^6$ | $4.3 \times 10^5$ | $5.9 \times 10^5$ |
|                     | 2                  | $3.5 \times 10^6$ | $3.8 \times 10^5$ | $1.8 \times 10^5$ |
|                     | 4                  | $2.9 \times 10^6$ | $3.5 \times 10^5$ | $1.7 \times 10^5$ |
|                     | 6                  | $1.1 \times 10^6$ | $3.0 \times 10^5$ | $2.7 \times 10^4$ |
|                     |                    |                   |                   |                   |
| 20                  | control            | $4.2 \times 10^6$ | $9.6 \times 10^5$ | $2.6 \times 10^6$ |
|                     | 2                  | $3.5 \times 10^6$ | $1.7 \times 10^5$ | $8.4 \times 10^5$ |
|                     | 4                  | $3.2 \times 10^6$ | $8.0 \times 10^4$ | $3.5 \times 10^5$ |
|                     | 6                  | $1.3 \times 10^6$ | $5.1 \times 10^4$ | $1.2 \times 10^5$ |
|                     |                    |                   |                   |                   |
| 30                  | control            | $7.5 \times 10^6$ | $4.5 \times 10^5$ | $4.5 \times 10^5$ |
|                     | 2                  | $6.1 \times 10^6$ | $6.8 \times 10^4$ | $2.9 \times 10^5$ |
|                     | 4                  | $1.0 \times 10^6$ | $5.6 \times 10^4$ | $5.1 \times 10^4$ |
|                     | 6                  | $6.6 \times 10^5$ | $2.9 \times 10^4$ | $1.0 \times 10^4$ |
|                     |                    |                   |                   |                   |
| 40                  | control            | $5.2 \times 10^6$ | $1.1 \times 10^6$ | $2.6 \times 10^6$ |
|                     | 2                  | $4.3 \times 10^6$ | $2.9 \times 10^5$ | $3.1 \times 10^5$ |
|                     | 4                  | $2.7 \times 10^6$ | $2.4 \times 10^5$ | $1.3 \times 10^5$ |
|                     | 6                  | $9.1 \times 10^5$ | $2.0 \times 10^5$ | $1.8 \times 10^4$ |
|                     |                    |                   |                   |                   |

### (3) 딸기

딸기는 향기와 색상이 우수하고 과채류중 아스코르빈산의 함량이 많아 영양 및 기호성이 높은 과실로서 국내의 경우 대부분이 생식용으로 이용되고 소량만이 가공용으로 이용되고 있는 실정이다. 딸기는 조직이 매우 연약하고 습도에 민감하여 수확 후 손상을 쉽게 받고 Botrytis균에 의한 gray mold rot, 토양에서 오염되는 Phytophthora균에 의한 leather rot, 토양에서 오염되어 농갈색으로 부패하는 Rhizoctonia rot 및 whiskers등이 있다.

표 4-7은 딸기의 오존처리농도별, 처리시간별 살균효과를 나타낸 것으로서 총균수는 처리농도 10ppm에서 4시간, 20ppm에서는 약 2시간 처리로 무처리구의 약 1/10 정도를 나타내었으며, 30 및 40ppm에서는 4시간 처리로 무처리구의 1/100 정도로 낮아져 높은 살균효과를 보였다. 그러나 효모 및 곰팡이는 총균수 및 대장균군에 비해 살균효과가 농도에 따른 영향이 비교적 적어 10, 20ppm이상에서 4시간 정도의 처리로 약  $10^1$ cfu/g정도의 살균효과를 나타내었다. 한편, 대장균군은 30ppm이상의 농도에서 약 4시간 처리로서 약  $10^2$ cfu/g정도의 살균효과를 나타내 검출되지 않았다. 따라서 딸기의 적정 살균조건은 약 30ppm의 농도에서 2~4시간 정도로 추정되나 저온처리가 필수적으로, 현재 수확직후 상온유통이 대부분인 점을 감안할 때 향후 유통체계의 변화와 함께 쿨드체인이 도입된다면 예냉등의 전처리 공정시 오존가스에 의한 처리의 활용이 기대된다.

### (4) 표고버섯

버섯은 영양학적 및 생리특성에서 우수함에도 불구하고 조직이 취약하고 호흡작용이 왕성하여 선도저하가 쉽게 일어나 과다생산시 생산농가에 큰 문제점으로 지적되고 있으며 소비자로서도 품질 좋은 버섯의 섭취를 제한하고 있다. 특히 하절기의 경우 생체버섯의 유통기간은 품종에 따라 약간 차이가 있으나 대개 2~3일이면 관능적으로 크게 저하하여 상품으로서의 가치를 상실하게 된다. 유통중인 버섯의 품질은 갓의 개열, 표면색택, 향 및 조직감 등으로 평가되고 있다.

표고버섯의 오존처리농도별, 처리시간별 살균효과는 표 4-8과 같다. 표고버섯의 재

Table 4-7 Changes of microflora in strawberry by ozone gas treatment at 0℃

( unit : cfu/g )

| Concentration (ppm) | Treatment time(hr) | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 10                  | control            | $5.2 \times 10^5$ | $4.0 \times 10^5$ | $4.3 \times 10^5$ |
|                     | 2                  | $2.8 \times 10^4$ | $1.4 \times 10^5$ | $1.9 \times 10^4$ |
|                     | 4                  | $1.7 \times 10^4$ | $4.2 \times 10^4$ | $4.2 \times 10^3$ |
|                     | 6                  | $2.2 \times 10^4$ | $1.5 \times 10^4$ | $3.2 \times 10^3$ |
|                     |                    |                   |                   |                   |
| 20                  | control            | $1.6 \times 10^4$ | $3.5 \times 10^5$ | $5.6 \times 10^4$ |
|                     | 2                  | $2.1 \times 10^3$ | $1.3 \times 10^5$ | $2.0 \times 10^4$ |
|                     | 4                  | $1.3 \times 10^3$ | $1.3 \times 10^4$ | $4.0 \times 10^3$ |
|                     | 6                  | $1.2 \times 10^3$ | $1.2 \times 10^4$ | $9.3 \times 10^2$ |
|                     |                    |                   |                   |                   |
| 30                  | control            | $8.0 \times 10^5$ | $3.1 \times 10^4$ | $8.8 \times 10^3$ |
|                     | 2                  | $2.4 \times 10^4$ | $7.0 \times 10^3$ | $3.0 \times 10^2$ |
|                     | 4                  | $7.2 \times 10^3$ | $4.3 \times 10^3$ | ND                |
|                     | 6                  | $6.3 \times 10^4$ | $3.5 \times 10^3$ | ND                |
|                     |                    |                   |                   |                   |
| 40                  | control            | $8.0 \times 10^5$ | $1.4 \times 10^4$ | $2.2 \times 10^3$ |
|                     | 2                  | $1.2 \times 10^4$ | $5.0 \times 10^3$ | $6.0 \times 10^2$ |
|                     | 4                  | $5.0 \times 10^3$ | $4.0 \times 10^3$ | ND                |
|                     | 6                  | $2.8 \times 10^3$ | $2.5 \times 10^3$ | ND                |
|                     |                    |                   |                   |                   |

ND : not detected

Table 4-8 Changes of microflora in shiitake mushroom by ozone gas treatment at 0℃

( unit : cfu/g )

| Concentration (ppm) | Treatment time(hr) | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 10                  | control            | $9.6 \times 10^3$ | $2.0 \times 10^3$ | $1.5 \times 10^2$ |
|                     | 2                  | $6.1 \times 10^3$ | $1.5 \times 10^3$ | $1.1 \times 10^2$ |
|                     | 4                  | $3.1 \times 10^3$ | $1.0 \times 10^3$ | ND                |
|                     | 6                  | $1.0 \times 10^3$ | $5.0 \times 10^2$ | ND                |
| 20                  | control            | $1.6 \times 10^4$ | $9.0 \times 10^2$ | $2.0 \times 10^3$ |
|                     | 2                  | $2.7 \times 10^3$ | $1.8 \times 10^2$ | $1.0 \times 10^2$ |
|                     | 4                  | $5.4 \times 10^2$ | $4.5 \times 10^1$ | ND                |
|                     | 6                  | $1.4 \times 10^2$ | $1.5 \times 10^1$ | ND                |
| 30                  | control            | $1.4 \times 10^4$ | $6.2 \times 10^3$ | $6.7 \times 10^2$ |
|                     | 2                  | $2.4 \times 10^3$ | $1.2 \times 10^3$ | $3.3 \times 10^1$ |
|                     | 4                  | $4.8 \times 10^2$ | $3.1 \times 10^2$ | ND                |
|                     | 6                  | $1.2 \times 10^2$ | $1.1 \times 10^2$ | ND                |
| 40                  | control            | $1.8 \times 10^4$ | $1.0 \times 10^4$ | $5.0 \times 10^3$ |
|                     | 2                  | $3.1 \times 10^3$ | $2.1 \times 10^3$ | $2.3 \times 10^2$ |
|                     | 4                  | $6.2 \times 10^2$ | $5.3 \times 10^2$ | ND                |
|                     | 6                  | $1.6 \times 10^2$ | $1.8 \times 10^2$ | ND                |

배는 통상 상수리나무, 졸참나무 등의 원목에 접종하여 재배하기 때문에 타 청과물에 비해 상대적으로 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군의 오염정도가 적었으며, 특히 대장균군의 경우는 오염되지 않은 경우가 많았으며, 오염이 심한 경우에도  $10^3$ cfu/g 정도를 유지하였는데, 이는 지역, 재배시기 및 관수에 따라 차이가 있는 것으로 예상된다.

표 4-8에서 알 수 있듯이 표고버섯은 오존가스 농도 20ppm의 4시간 처리로도 총균수는 무처리구의 약 1/100 수준, 효모 및 곰팡이의 약 1/10 수준, 대장균군의 경우는 1/1000수준으로 낮아져 높은 살균효과를 나타내었으며, 처리농도가 높을수록 처리시간이 길어질수록 사멸율은 높게 나타났으나, 적정 처리조건은 20ppm에서 2~4시간 정도로 예상된다.

또한, 표 4-9는 표고버섯을 25℃에서 오존가스로 처리했을 때의 미생물의 살균효과를 나타낸 것으로서 오존농도 5ppm에서 6시간 처리시 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군 공히 무처리구에 비해 약  $10^1$ cfu/g 정도의 살균효과를 나타냈으며, 저온에서와 마찬가지로 오존농도가 높을수록 처리시간이 길어질수록 살균효과는 높게 나타났다. 그러나 상온에서 처리할 경우 짓무름, 잣의 개열이 많이 발생하였고 관능적으로도 선도의 저하가 대단히 현저하게 나타나 상온에서는 실제 표고버섯의 표면살균 처리에 적용되기는 힘들 것으로 판단되었다.

#### (5) 느타리버섯

표 4-10은 느타리버섯의 오존가스처리에 따른 살균효과를 살펴본 것으로 총균수의 경우 농도가 높을수록 처리시간은 짧아졌으나 오존농도 40ppm, 처리시간 6시간 이내의 범위내에서는  $10^1$ cfu/g 이상의 살균효과는 발견되지 않았다. 그러나 효모 및 곰팡이는 오존농도 30, 40ppm에서 4시간 이상의 처리로 약  $10^2$ cfu/g 정도의 살균효과가 나타났고, 대장균군의 경우 총균수와 유사한 형태를 나타내었으며, 적정 처리조건은 30ppm에서 2~4시간 정도로 추정된다.

Table 4-9 Changes of microflora in shiitake mushroom by ozone gas treatment at 25°C

( unit : cfu/g )

| Concentration (ppm) | Treatment time(hr) | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 5                   | control            | $3.0 \times 10^4$ | $5.2 \times 10^3$ | $2.0 \times 10^1$ |
|                     | 2                  | $2.8 \times 10^4$ | $3.2 \times 10^3$ | ND                |
|                     | 4                  | $1.5 \times 10^4$ | $1.7 \times 10^3$ | ND                |
|                     | 6                  | $1.2 \times 10^4$ | $1.7 \times 10^2$ | ND                |
| 10                  | control            | $8.4 \times 10^3$ | $9.8 \times 10^2$ | ND                |
|                     | 2                  | $3.8 \times 10^3$ | $9.5 \times 10^2$ | ND                |
|                     | 4                  | $3.0 \times 10^3$ | $2.1 \times 10^2$ | ND                |
|                     | 6                  | $9.8 \times 10^2$ | $6.0 \times 10^1$ | ND                |
| 15                  | control            | $1.4 \times 10^4$ | $1.7 \times 10^3$ | $5.6 \times 10^2$ |
|                     | 2                  | $1.9 \times 10^3$ | $1.8 \times 10^3$ | $9.5 \times 10^1$ |
|                     | 4                  | $5.5 \times 10^2$ | $5.3 \times 10^2$ | ND                |
|                     | 6                  | $4.0 \times 10^2$ | $1.0 \times 10^1$ | ND                |

ND : not detected

Table 4-10 Changes of microflo in oyster mushroom by ozone gas treatment at 0℃

( unit : cfu/g )

| Concentration (ppm) | Treatment time(hr) | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 10                  | control            | $5.5 \times 10^6$ | $6.0 \times 10^4$ | $5.6 \times 10^5$ |
|                     | 2                  | $3.4 \times 10^6$ | $4.2 \times 10^4$ | $1.2 \times 10^5$ |
|                     | 4                  | $1.2 \times 10^6$ | $3.0 \times 10^4$ | $1.8 \times 10^5$ |
|                     | 6                  | $5.2 \times 10^5$ | $7.4 \times 10^3$ | $9.3 \times 10^4$ |
| 20                  | control            | $1.7 \times 10^7$ | $5.0 \times 10^4$ | $6.7 \times 10^6$ |
|                     | 2                  | $2.6 \times 10^6$ | $3.4 \times 10^4$ | $1.3 \times 10^6$ |
|                     | 4                  | $1.5 \times 10^6$ | $1.0 \times 10^4$ | $5.5 \times 10^5$ |
|                     | 6                  | $1.5 \times 10^6$ | $8.3 \times 10^3$ | $5.0 \times 10^5$ |
| 30                  | control            | $3.4 \times 10^6$ | $2.8 \times 10^5$ | $1.3 \times 10^6$ |
|                     | 2                  | $1.6 \times 10^6$ | $2.1 \times 10^4$ | $9.7 \times 10^5$ |
|                     | 4                  | $8.3 \times 10^5$ | $4.0 \times 10^3$ | $2.6 \times 10^5$ |
|                     | 6                  | $3.1 \times 10^5$ | $2.0 \times 10^3$ | $1.6 \times 10^5$ |
| 40                  | control            | $8.8 \times 10^6$ | $8.0 \times 10^5$ | $7.8 \times 10^5$ |
|                     | 2                  | $2.9 \times 10^5$ | $4.0 \times 10^4$ | $2.3 \times 10^5$ |
|                     | 4                  | $3.9 \times 10^5$ | $4.0 \times 10^3$ | $4.5 \times 10^4$ |
|                     | 6                  | $2.6 \times 10^5$ | $2.5 \times 10^3$ | $8.8 \times 10^4$ |



## 2. 오존수처리

### 가. 오존수처리에 의한 세정 및 살균효과 비교

原口 등(1969), 内藤등(1989) 등은 청과물에 오존의 사용시 장점을 청과물에 비교적 많은 대장균군, Salmonella 및 유산균 등 Gram 음성균 및 효모의 살균에 오존이 대단히 유용하며, 청과물의 이취의 분해가 가능하다고 하였다. 또한 청과물은 비교적 고가 품목이 많기 때문에 가격이 저렴한 살균 및 선도유지방법으로서 오존이 최적이라고 하였으며, 청과물에 오존이 전혀 잔류하지 않고 사용이 간단하다고 하였다. 内藤등(1989)에 의하면 야채류는 미생물이  $10^5 \sim 10^7$  cfu/g 정도가 부착되어 있어 대단히 부패 및 변패하기 쉬운 식품으로 야채류를 오존수로 처리한 결과, 세정에 의해서는 1/10정도, 오존수 처리에 의해 다시 1/10 수준으로 감소하여 초기치에 비해 약 1/100 수준으로 감소하여 shelf-life가 상당히 연장되었다고 하였다. 또한 近藤등(1989)은 대장균군이 많아 위생상 문제가 되는 최소가공된 야채를 오존수로 농도 0.2ppm에서 1시간 침지 처리한 결과 대장균이 거의 사멸하였다고 하였다.

과일에 대한 적용에는 거의 찾아볼 수 없지만 清水등(1982)은 오존수에 포도(거봉)을 침지해 살균처리한 다음 포장처리하여 저장하는 방법을 검토하였는데, 오존수 처리후 저장 1.5개월후의 포도 품질중 오존처리를 30분 이상 처리한 것이 과립, 줄기에 부패발생이 적었고 저장 1.5개월 후에도 상당히 양호한 품질을 얻었으며, 오존처리후 미생물 균수도 감소하였고 줄기의 갈변도 보이지 않았다고 보고하였다.

표 4-11은 상치를 오존수 농도 1.5ppm 및 수도수로 시간당 350 l를 공급하면서 침지 및 유수에 의한 살균효과를 살펴본 것으로서 총균수의 경우 40분 처리시 오존수에 의해 무처리구의 1/100 수준, 수도수에 의해 1/10 수준을 나타내 内藤등(1989)의 결과와 유사한 형태를 나타내었다. 한편, 효모 및 곰팡이, 대장균군의 경우 20분 처리구는 오존수가 1/100, 수도수가 1/10의 수준을 나타낸 반면 40분 처리시는 두 처리구 모두 1/100수준을 나타내 큰 차이를 나타내지 않았다. 이상의 결과에서 오존수를 이용할 경우 세정효과는 물론 오존수에 의한 청과물의 청과물의 살균효과가 복합

적으로 나타남을 알 수 있었다.

한편, 정등(1994)는 냉수냉각시스템 및 관련기술의 개발에서 침지식과 살수식의 냉각효과 및 미생물변화를 살펴보았는데 살수식의 경우 유량은 분산형, 환상형, 집중형 등의 순으로 나타났으며, 당근 및 상치의 냉수냉각처리를 통해 당근의 냉수냉각시 초기 총균수는  $10^2$ cfu/g정도인데 비해 무처리균이  $10^6$ cfu/g정도로서 큰 차이를 나타내었으며, 저장 20일까지 미생물의 증식에 상당히 억제효과가 있다고 하였다. 이 때 냉수온도는 약  $1^{\circ}\text{C}$ , 처리시간은 약 70분 정도로서 향후 청과물의 오존수처리를 냉수냉각 방식에 응용하는 것은 예냉효과에 의한 호흡율의 감소로 인한 선도연장은 물론 미생물의 살균에도 큰 효과가 있을 것으로 사료된다.

표 4-12 및 4-13은 일반 수도수를 이용하여 침지 및 유수병용식과 샤워식으로 배추와 셀러리의 세정효과를 살펴본 것이다. 표에서 알 수 있듯이 배추의 경우 총균수가 초기  $2.2 \times 10^6$ cfu/g에서 침지 및 유수 처리에 의해 40분 후  $3.8 \times 10^5$ cfu/g, 60분 후에  $2.7 \times 10^4$ cfu/g를 나타낸 반면, 샤워식에 의해 20초 처리시  $3.0 \times 10^5$ cfu/g을 나타내 침지 및 유수의 40분 처리와 유사한 감소효과를 나타내었다. 또한 효모 및 곰팡이, 대장균군에서도 유사한 경향을 나타내었으며, 표 4-13의 셀러리에서도 유사한 경향을 나타내어 침지 및 유수점용 처리보다는 샤워에 의한 처리효과가 높게 나타나 향후 오존수를 샤워식 즉, 살수식으로 응용하였을 경우 비교적 높은 살균처리효과가 기대된다.

Table 4-11 Comparison of sterilization power against microflora in leafy lettuce by washing of ozonated water and city water  
( unit : cfu/g )

|                         | Treatment time(min) | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Ozonated water (1.5ppm) | Control             | $4.1 \times 10^6$ | $1.5 \times 10^5$ | $9.1 \times 10^7$ |
|                         | 20                  | $9.3 \times 10^4$ | $5.2 \times 10^3$ | $2.7 \times 10^6$ |
|                         | 40                  | $3.6 \times 10^4$ | $1.9 \times 10^3$ | $1.1 \times 10^6$ |
| City water              | Control             | $4.1 \times 10^6$ | $1.5 \times 10^5$ | $9.1 \times 10^7$ |
|                         | 20                  | $1.3 \times 10^6$ | $7.8 \times 10^4$ | $1.2 \times 10^7$ |
|                         | 40                  | $3.8 \times 10^5$ | $5.6 \times 10^3$ | $1.6 \times 10^6$ |

Table 4-12 Changes of microflora in chinese cabbage by washing and shower with city water  
( unit : cfu/g )

|         | Treatment time (min) | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|---------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Washing | Control              | $2.2 \times 10^6$ | $8.7 \times 10^4$ | $2.1 \times 10^5$ |
|         | 20                   | $6.8 \times 10^5$ | $5.6 \times 10^4$ | $1.8 \times 10^5$ |
|         | 40                   | $3.8 \times 10^5$ | $4.8 \times 10^4$ | $7.4 \times 10^4$ |
|         | 60                   | $2.7 \times 10^4$ | $3.4 \times 10^3$ | $5.6 \times 10^4$ |
| Shower  | 0.33                 | $3.0 \times 10^5$ | $5.3 \times 10^3$ | $6.7 \times 10^4$ |

Table 4-13 Changes of microflora in celery by washing and shower with city water

( unit : cfu/g )

|         | Treatment time (min) | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|---------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Washing | Control              | $6.7 \times 10^5$ | $8.1 \times 10^4$ | $5.3 \times 10^4$ |
|         | 20                   | $2.8 \times 10^5$ | $7.8 \times 10^4$ | $4.2 \times 10^4$ |
|         | 40                   | $1.2 \times 10^5$ | $5.1 \times 10^4$ | $2.1 \times 10^4$ |
|         | 60                   | $9.8 \times 10^4$ | $1.5 \times 10^4$ | $5.6 \times 10^3$ |
| Shower  | 0.33                 | $2.5 \times 10^4$ | $2.8 \times 10^4$ | $9.7 \times 10^3$ |

## 나. 오존수에 의한 살균효과 및 적정 살균 조건

### (1) 배추

표 4-14는 오존수에 의한 배추의 미생물 변화를 살펴본 것으로서 총균수는 초기  $10^6$ cfu/g수준에서 처리농도에 관계없이 60분 처리시  $10^4$ cfu/g수준으로 저하하였으나, 처리농도가 1.0, 1.5ppm일 경우는  $10^4$ cfu/g수준으로 도달하는데 소요되는 시간이 40분정도로서 농도의 증가에 따른 영향은 크지 않았다.

효모 및 곰팡이, 대장균군의 경우도 처리농도 0.5ppm에서 60분 처리시 무처리구의 1/10수준으로 감소하였으나 처리농도 1.0, 1.5ppm에서는 농도에 큰 영향을 받지 않고 처리시간 20분후에 무처리구의 1/10수준, 60분후에 1/100수준 정도로 나타나 적정 처리 조건은 1.0ppm에서 약 40분 정도로 추정된다.

### (2) 셀러리

표 4-15는 셀러리의 오존수 처리에 의한 미생물 변화를 나타낸 것으로서 총균수는 초기  $10^5$ cfu/g에서 0.5 및 1.0ppm에서는 처리시간 40분 후에  $10^4$ cfu/g수준을 나타내었으나, 1.5ppm에서는 처리시간 60분 후에  $10^3$ cfu/g수준을 나타내 무처리구에 비해 약 1/100정도의 감소 효과를 나타내었다.

효모 및 곰팡이는 0.5ppm에서는 처리시간에 따라 살균효과가 미미하였으나 1.0ppm에서는 처리시간 60분후에 무처리구의 약 1/10수준으로, 1.5ppm에서는 처리시간 60분후에 1/100수준으로 높은 사멸효과를 나타내었다. 한편, 대장균군의 경우는 처리농도 및 처리시간에 따라 비교적 높은 살균효과를 나타내 처리시간 40분후에 0.5 및 1.0ppm에서는 무처리구의 1/10수준을, 1.5ppm에서는 1/100수준을 나타내어 적정 처리조건은 1.5ppm에서 약 40분 정도로 추정된다.

Table 4-14 Changes of microflora in chinese cabbage by ozonated water treatment

( unit : cfu/g )

| Concentration (ppm) | Treatment time (min) | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|---------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0.5                 | Control              | $2.2 \times 10^6$ | $8.7 \times 10^4$ | $2.1 \times 10^5$ |
|                     | 20                   | $4.5 \times 10^5$ | $1.7 \times 10^4$ | $1.2 \times 10^5$ |
|                     | 40                   | $1.2 \times 10^5$ | $1.1 \times 10^4$ | $5.0 \times 10^4$ |
|                     | 60                   | $4.2 \times 10^4$ | $1.1 \times 10^3$ | $2.6 \times 10^4$ |
| 1.0                 | Control              | $2.5 \times 10^6$ | $9.3 \times 10^4$ | $3.2 \times 10^5$ |
|                     | 20                   | $3.3 \times 10^5$ | $6.4 \times 10^3$ | $7.4 \times 10^4$ |
|                     | 40                   | $4.5 \times 10^4$ | $2.9 \times 10^3$ | $2.1 \times 10^4$ |
|                     | 60                   | $3.7 \times 10^4$ | $7.6 \times 10^2$ | $5.0 \times 10^3$ |
| 1.5                 | Control              | $2.5 \times 10^6$ | $9.3 \times 10^4$ | $3.2 \times 10^5$ |
|                     | 20                   | $2.7 \times 10^5$ | $5.3 \times 10^3$ | $3.3 \times 10^4$ |
|                     | 40                   | $3.8 \times 10^4$ | $3.4 \times 10^3$ | $1.5 \times 10^4$ |
|                     | 60                   | $1.4 \times 10^4$ | $4.8 \times 10^2$ | $1.2 \times 10^3$ |

Table 4-15 Changes of microflora in celery by ozonated water treatment  
( unit : cfu/g )

| Concentration (ppm) | Treatment time (min) | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|---------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0.5                 | Control              | $6.7 \times 10^5$ | $8.1 \times 10^4$ | $5.3 \times 10^4$ |
|                     | 20                   | $2.7 \times 10^5$ | $7.4 \times 10^4$ | $2.9 \times 10^4$ |
|                     | 40                   | $9.6 \times 10^4$ | $3.4 \times 10^4$ | $7.8 \times 10^3$ |
|                     | 60                   | $9.3 \times 10^4$ | $2.4 \times 10^4$ | $1.9 \times 10^3$ |
| 1.0                 | Control              | $6.7 \times 10^5$ | $8.1 \times 10^4$ | $5.3 \times 10^4$ |
|                     | 20                   | $1.3 \times 10^5$ | $2.1 \times 10^4$ | $1.4 \times 10^4$ |
|                     | 40                   | $2.6 \times 10^4$ | $1.4 \times 10^4$ | $4.4 \times 10^3$ |
|                     | 60                   | $2.1 \times 10^4$ | $5.3 \times 10^3$ | $4.8 \times 10^2$ |
| 1.5                 | Control              | $7.2 \times 10^5$ | $8.3 \times 10^4$ | $6.6 \times 10^4$ |
|                     | 20                   | $7.8 \times 10^4$ | $6.1 \times 10^3$ | $2.3 \times 10^3$ |
|                     | 40                   | $1.8 \times 10^4$ | $5.5 \times 10^3$ | $5.5 \times 10^2$ |
|                     | 60                   | $7.6 \times 10^3$ | $7.5 \times 10^2$ | $3.0 \times 10^2$ |

### (3) 콩나물

Toshio(1994)는 콩나물에 대해 2.0ppm의 오존수로 10분간 처리시 총균수가 초기  $10^8$ cfu/g에서  $10^7$ cfu/g으로 감소하였으며, 세정처리구와 함께 10℃에서 저장한 결과 저장 8일후 총균수가 오존처리구가  $10^7$ cfu/g, 세정처리구가  $10^9$ cfu/g수준을 나타내었으며, 농도별로는 3.0ppm은 선도유지에 효과가 적었으며 2ppm이 적합하였다고 하였다.

표 4-16은 콩나물의 오존수 처리농도별, 처리시간별 살균효과를 나타낸 것으로서 총균수에서 처리시간 60분후에 오존농도에 관계없이 무처리구의 1/100수준으로 높은 감소율을 나타내었다. 효모 및 곰팡이, 대장균군도 처리농도 0.5, 1.0ppm에서는 처리시간 20분후에 무처리구의 1/10수준으로 감소하였으며, 1.5ppm에서는 처리시간 20분후에 1/10수준으로 감소하였다가 처리시간 60분후에 1/100 수준을 나타내어 적정 처리 조건은 1.5ppm의 농도에서 약 20분 정도로 추정된다. 그러나 본 실험에 사용한 오존발생장치는 최고 오존수 발생농도가 1.6ppm정도로서 Toshio(1994)의 2.0ppm에서 실험한 결과와는 직접 비교가 어려웠다.



Table 4-16 Changes of microflora in bean sprouts by ozonated water treatment

( unit : cfu/g )

| Concentration (ppm) | Treatment time (min) | Total count       | Yeast and mold    | Coliform          |
|---------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0.5                 | Control              | $1.1 \times 10^8$ | $9.4 \times 10^5$ | $3.8 \times 10^7$ |
|                     | 20                   | $2.4 \times 10^7$ | $2.5 \times 10^5$ | $6.9 \times 10^6$ |
|                     | 40                   | $1.7 \times 10^7$ | $2.0 \times 10^5$ | $1.2 \times 10^6$ |
|                     | 60                   | $9.3 \times 10^5$ | $1.6 \times 10^5$ | $0.9 \times 10^6$ |
| 1.0                 | Control              | $1.1 \times 10^8$ | $9.4 \times 10^5$ | $3.8 \times 10^7$ |
|                     | 20                   | $1.3 \times 10^7$ | $1.6 \times 10^5$ | $8.1 \times 10^6$ |
|                     | 40                   | $7.8 \times 10^6$ | $1.3 \times 10^5$ | $3.7 \times 10^6$ |
|                     | 60                   | $6.5 \times 10^6$ | $8.6 \times 10^4$ | $1.4 \times 10^6$ |
| 1.5                 | Control              | $1.2 \times 10^7$ | $9.5 \times 10^4$ | $5.4 \times 10^6$ |
|                     | 20                   | $5.8 \times 10^6$ | $2.0 \times 10^3$ | $9.9 \times 10^5$ |
|                     | 40                   | $1.4 \times 10^6$ | $1.5 \times 10^3$ | $1.6 \times 10^5$ |
|                     | 60                   | $4.3 \times 10^5$ | $9.5 \times 10^2$ | $8.6 \times 10^4$ |

### 3. 오존치리에 의한 청과물의 품질특성

#### 가. 딸 기

##### (1) 미생물변화

딸기는 장미과에 속하는 다년생 숙근성(宿根性)초본으로서 향기와 색상이 우수하고 과채류중 아스코르브산의 함량이 많아 영양 및 기호성이 높은 과실이며, 과채류중 중량이 매우 가벼운군에 속하는 것으로서 국내의 경우 대부분이 생식용으로 이용되고 소량이 가공용으로 이용되고 있다. 딸기는 조직이 매우 연약하고 습도에 민감하여 수확시 손상을 쉽게 받고 미생물에 의하여 상품성을 쉽게 잃어 그 유통기간이 상온 유통시 2~3일, 0℃유통시 10~14일 정도로 알려져 있다.

이와같이 딸기의 짧은 유통기간의 연장과 관련하여 수확과정에서는 딸기 수확시 이슬이 있는 것은 수확후 변색이 많아지고, 한낮에 수확하면 축과가 있어 쉽게 연화되므로 이슬이 마른 후부터 오전 10시경까지 수확하는 것이 품질이 좋고 색깔이 우수하다고 하고, 수확시 과실의 과경을 잡아서 수확하고 과실에 축수는 피하는 것이 좋다고 하였다(식품연구원, 1984). 유통과정중에서 급격하게 증식되는 딸기 표면의 곰팡이를 억제하기 위해서는 Aharoni등(1987)은 iprodion, metameclan 및 captafol등의 약제를 수확 1주일전에 살포하여 억제 효과를 살펴 본 결과 정도, 중량감소, 부패율 등에서 다소 차이를 나타낸 것으로 보고하였다. 또한 Cheour(1990)은 수확전 과실 표면에 염화칼슘을 처리한 결과 미생물과 과육의 연화현상이 지연되었다고 하였다.

딸기의 선도연장방법중 저온저장을 제외하고는 CA 저장, 필름포장저장, 방사선조사법 등이 사용되고 있는데 먼저 CA저장에 관하여 EL-Kazzaz등(1973)은 산소의 농도 0.5~1.0%, 탄산가스농도 5~20%가 적합하다고 하였으며, CA저장시 딸기는 호흡율이 낮아지고, pH와 적정산도 및 가용성고형분의 변화폭이 적었으며 과육의 경도는 저장전보다 더욱 단단해지는 결과를 보였다(Siriphanich, 1989). 또한 Zegota(1988)는 방사선조사에 의한 딸기 선도연장에 관하여 2.5K Gy로 조사할 경우 유통가능기간

은 9일정도 연장되었지만 아스코르빈산의 함량은 15%정도 분해되었다고 하였다. 한편 김등(1992)은 강제통풍냉각방식으로 딸기를 예냉처리한 경우 수송중 손상을 및 호흡속도의 억제는 물론 아스코르빈산의 유지에 효과가 컸으며, 상온 유통시 약 2일 정도의 유통기간을 연장할 수 있었다고 하였으며, Baccaunaud등(1983)은 딸기를 예냉처리한 후 방사선 조사(0~300krad)하고 필름포장과 환경가스저장을 겸용하여 실험한 결과 가장 우수한 최적조건은 5℃에서 예냉처리한 후 150~200krad의 양으로 조사하여 20% 및 15% 탄산가스 농도에서 저장하는 것이 곰팡이의 생육 및 이취발생을 효과적으로 억제할 수 있다고 하였다.

이상과 같은 방법으로 미생물의 생육을 억제되는 환경조건을 유지하여 선도연장 효과를 측정하는 예는 많지만 본 실험과 같이 미생물의 살균에 의한 선도유지 효과를 실험한 예는 거의 발표되고 있지 않다.

표 4-17은 딸기의 오존처리 및 무처리에 의한 저장기간중의 미생물 변화를 나타낸 것으로서 오존처리후 총균수는  $2.9 \times 10^4$ cfu/g에서  $5.9 \times 10^2$ cfu/g으로 약 1/100 수준으로 감소하였고, 대장균군은  $4.1 \times 10^4$ cfu/g에서  $3.9 \times 10^3$ cfu/g으로 약 1/10 수준으로 감소하였으나 효모 및 곰팡이는 사멸율이 대단히 낮았다.

저장중 미생물의 변화는 총균수가  $10^5$ cfu/g정도까지 증가되는데 13℃ 저장시에는 무처리구가 저장후 5일, 오존처리구가 저장후 7일정도인데 비해 무처리 상온저장구는 2일, 오존처리 상온저장구는 약 5일 정도로서 저장온도 및 오존처리 여부에 따라 각각 약 2~3일 정도의 차이를 나타내었다. 또한 효모 및 곰팡이는 오존처리에 의한 사멸율은 대단히 낮게 나타나 상온구 및 저온저장구 공히 저장 3일후에 무처리구의 약 1/10 수준을 나타냈다.

한편, 대장균군이  $10^5$ cfu/g 수준에 도달하는데 소요되는 기간이 13℃저장구에서 오존처리구가 저장후 5일, 무처리구는 약 2일정도가 소요되었고, 상온저장구에서는 오존처리구가 약 3일, 무처리구가 약 2일정도가 소요되었다.

또한 저장기간중 곰팡이가 발현되는 기간은 표 4-18과 같이 13℃저장구에서는 오존처리구가 6일, 무처리가 5일정도이며, 상온저장시는 오존처리구가 4일, 무처리구가 3일정도로 13℃ 및 상온저장 공히 약 1일정도의 차이를 나타내었다.

Table 4-17 Changes of microflora in strawberry packed in tray for a different treatment methods and storage conditions

( unit : cfu/g )

|             | Storage period (days) | Non-treatment     |                   | Ozone treatment   |                   |
|-------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|             |                       | Conventional      | 13°C              | Conventional      | 13°C              |
| Total count | 0                     | $29 \times 10^4$  | $29 \times 10^4$  | $29 \times 10^4$  | $29 \times 10^4$  |
|             | 0*                    |                   |                   | $5.9 \times 10^2$ | $5.9 \times 10^2$ |
|             | 1                     | $5.7 \times 10^4$ | $2.0 \times 10^4$ | $7.2 \times 10^2$ | $7.0 \times 10^2$ |
|             | 2                     | $7.4 \times 10^5$ | $2.2 \times 10^4$ | $9.0 \times 10^3$ | $3.5 \times 10^3$ |
|             | 3                     | $9.2 \times 10^7$ | $7.5 \times 10^4$ | $4.0 \times 10^4$ | $1.4 \times 10^4$ |
|             | 5                     | -                 | $3.5 \times 10^5$ | $6.2 \times 10^5$ | $1.7 \times 10^4$ |
|             | 7                     | -                 | $8.9 \times 10^5$ | -                 | $2.2 \times 10^5$ |
|             | Yeast and mold        | 0                 | $4.1 \times 10^4$ | $4.1 \times 10^4$ | $4.1 \times 10^4$ |
| 0*          |                       |                   |                   | $2.3 \times 10^4$ | $2.3 \times 10^4$ |
| 1           |                       | $1.3 \times 10^5$ | $7.4 \times 10^4$ | $8.0 \times 10^4$ | $1.4 \times 10^4$ |
| 2           |                       | $3.3 \times 10^6$ | $1.0 \times 10^6$ | $2.1 \times 10^6$ | $2.6 \times 10^5$ |
| 3           |                       | $2.0 \times 10^7$ | $2.8 \times 10^6$ | $5.4 \times 10^6$ | $1.6 \times 10^6$ |
| 5           |                       | -                 | $3.4 \times 10^6$ | $7.3 \times 10^6$ | $1.7 \times 10^6$ |
| 7           |                       | -                 | $1.3 \times 10^7$ | -                 | $7.9 \times 10^6$ |
| Coliform    |                       | 0                 | $4.1 \times 10^4$ | $4.1 \times 10^4$ | $4.1 \times 10^4$ |
|             | 0*                    |                   |                   | $3.9 \times 10^3$ | $3.9 \times 10^3$ |
|             | 1                     | $2.6 \times 10^4$ | $9.2 \times 10^4$ | $3.0 \times 10^2$ | $2.5 \times 10^2$ |
|             | 2                     | $1.0 \times 10^6$ | $1.6 \times 10^5$ | $6.5 \times 10^3$ | $1.1 \times 10^4$ |
|             | 3                     | $3.4 \times 10^6$ | $4.1 \times 10^5$ | $3.4 \times 10^5$ | $1.6 \times 10^4$ |
|             | 5                     | -                 | $1.7 \times 10^5$ | $9.0 \times 10^5$ | $7.9 \times 10^5$ |
|             | 7                     | -                 | $1.4 \times 10^7$ | -                 | $1.6 \times 10^5$ |

0\* : after ozone treatment

이상의 결과에서 딸기에서의 미생물의 변화는 1차적으로 저장온도에 의해 영향을 받으며 오존처리 유무에 따라서도 대단히 큰 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 이는 오존처리시 오존의 산화작용에 의해 세포막의 손상, 효소의 변성으로 균체의 대사 및 합성이 지연되기 때문으로 사료된다.

Table 4-18 Changes of the rotten ratio of strawberry packed in tray for a different treatment methods and storage conditions

| Storage period<br>(days) | O <sub>3</sub> treatment |              | Non-treatment |              |
|--------------------------|--------------------------|--------------|---------------|--------------|
|                          | 13℃                      | Conventional | 13℃           | Conventional |
| 0                        | -                        | -            | -             | -            |
| 1                        | -                        | -            | -             | -            |
| 2                        | -                        | -            | -             | -            |
| 3                        | -                        | -            | -             | ++           |
| 5                        | -                        | ++           | +             |              |
| 7                        | ++                       |              | ++            |              |

- : no change

+ : trace

++ : a couple of spots

## (2) 중량감소

Salunkhe등(1973)은 사과, 배, 양다래 등 과실의 저장중 중량감소율이 총 6% 을 넘으면 상품가치를 잃는다고 판단하였으며, 김등(1992)은 딸기의 강제통풍냉각에 의한 선도연장실험에서 중량감소와 관능검사 결과를 연관하여 비교한 결과 중량감소율이 약 7%정도가 되면 딸기의 상품가치를 잃는다고 하였으며, 중량감소율로 딸기의 상품성을 간접적으로 평가할 수 있을 것으로 예상하였다.

그림 4-12는 딸기의 저장중 중량감소를 나타낸 것으로서 중량감소율은 상온 및 13℃저장구 공히 오존처리구가 낮게 나타났다. 중량감소율이 7%정도에 달하는데 소요되는 기간은 무처리 상온저장구가 약 2~3일인데 반하여 오존처리 상온저장구는 5일이후로 약 3일정도의 차이가 발생하며, 무처리 13℃ 저장구가 5일정도인데 비해 오존처리 저장구는 약 7일정도로 약 2일정도의 차이를 나타내고 있다.

이와 같이 오존처리구가 무처리구에 비해 중량감소율 낮은 것은 Aharoni(1987)의 결과처럼 딸기 표면의 미생물의 증식속도가 낮아지는데 가장 큰 원인이 있으며, 또한 오존처리를 0℃의 저온저장실에서 실시하여 이 처리 과정중에 딸기의 품온이 낮아져 예냉방법중 실내냉각(room cooling)과 유사한 효과의 작용도 있을 것으로 사료된다. 따라서 향후 딸기의 경우 차압예냉(pressure cooling) 등 강력한 예냉방법과 오존처리를 겸용으로 사용할 경우 딸기의 선도연장에 크게 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

### (3) Ascorbic acid

Sevaraj등(1976)은 딸기의 ascorbic acid의 함량이 품종에 따라 다소 차이는 있으나 40~97mg%정도 함유하고 있어 일반적으로 과일에 비해 5~10배 정도 많다고 하였다. Smith(1986)는 과일중의 ascorbic acid의 함량은 과일의 pH와 산도에 의하여 큰 영향을 받는데 딸기의 경우 저장중 pH가 증가하고 적정산도가 감소함에 따라 ascorbic acid의 함량이 감소한다고 하였다.

본 실험에 사용한 딸기의 ascorbic acid의 함량은 96.66mg%로서 대단히 높은 수준을 나타내었으며, 제4장의 오존가스 농도에 의한 살균효과 측정시 사용한 시료의 67.96mg%에 비하여도 높은 수준을 나타내었다. 또한 오존처리에 의한 ascorbic acid의 함량변화는 오존농도 30ppm에서 2시간 처리시 0.7%, 4시간 처리시 3.3%, 6시간처리시 10.3%정도의 감소를 보여 4시간 이내의 처리시간에서의 ascorbic acid의 감소는 무시할 수 있었다.

그림 4-13은 저장중 ascorbic acid 함량의 변화를 나타낸 것으로서 13℃의 저장구의 경우 오존처리 및 무처리구 공히 저장 2일까지 87.3%정도로 급격하게 감소한 후

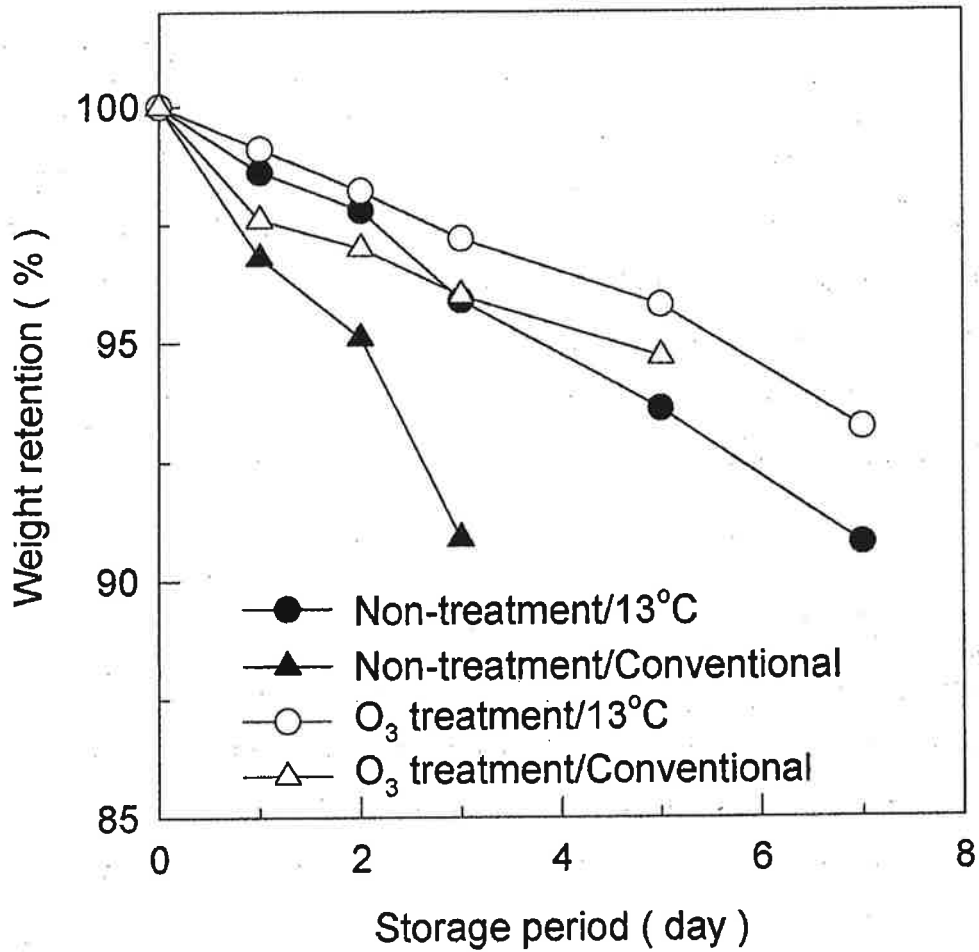


Fig. 4-12 Changes of weight in strawberry packed in tray for a different treatment and storage conditions.

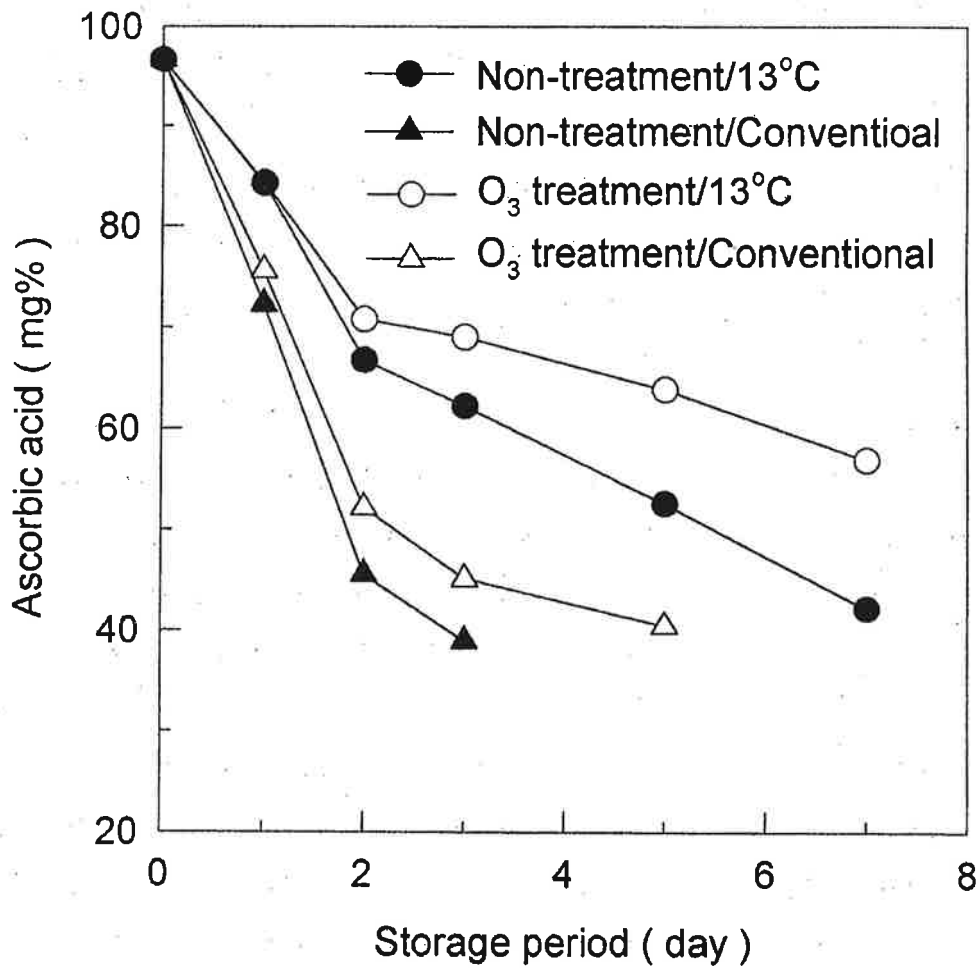


Fig.4-13 Changes of ascorbic acid in strawberry packed in tray for a different treatment and storage conditions.



저장 3일후부터는 오존처리구가 무처리구에 비해 완만한 감소를 나타내고 있으며, 오존처리구의 경우 저장 7일후에 ascorbic acid의 함량이 56.95mg%인데 비해 무처리구는 저장 5일후에 52.59mg%정도를 나타내었다. 한편 상온저장구의 경우 오존처리구가 저장 3일후에 45.19mg%인데 비해 무처리구는 저장 2일후에 45.65mg%를 나타내어 1일정도의 차이를 나타내고 있다.

이와같이 오존처리구가 무처리구에 비해 저장기간에 따른 ascorbic acid의 함량감소가 낮은 것은 오존처리에 의해 일부 사멸되므로서 미생물에 의한 효소작용 등 품질열화작용이 지연된 것으로 간주된다.

#### (4) 색택변화

딸기의 붉은색은 pelagonidin-3-glucoside(PGN)과 cyanidian-3-glucoside(CYN)의 2가지 색소 물질이 주된 성분이며 품종에 따라 다소 차이는 있으나 PGN이 총 안토시아닌 함량의 72~95%를 차지(Wrolstad등, 1973)하고 있다. 안토시아닌은 매우 불안정하기 때문에 딸기의 유통과정중 또는 저장중 높은 온도와 pH의 영향 등에 의하여 불안정한 aglycones의 가수분해에 의하여 이 색소는 분해되기 시작한다(Markakis, 1974). 지금까지 알려진 색소의 분해기작은 효소에 의한 분해보다는 비효소적 갈색화반응 및 멜라닌의 고중합반응에 의한 영향이 더 큰것(Debicki-Pospisil등, 1983)으로 알려져 있다. Meschter(1953)는 안토시아닌의 온도에 따른 분해율이 0°C와 48°C에서 400배의 차이가 난다고 하였다. Abers등(1979)은 딸기 가공중 수소이온지수, 산도, 페놀중합물질류, 자당, 자당분해산물류, 산소 및 ascorbic acid 등 여러 가지 요인에 의하여 안토시아닌의 분해가 발생한다고 하였다.

표 4-19, 4-20, 4-21은 각각 Judd-Hunter의 L, a, b값을 나타낸 것으로서 오존처리구가 무처리구에 비하여 lightness를 나타내는 L값의 감소는 적게 나타났고, yellow값을 나타내는 b값의 증가는 적은 반면 red값을 나타내는 a값의 증가는 적게 나타났다.

이는 오존처리에 의해 미생물의 증식속도가 늦어지고 이로 인해 성분의 분해가 적어지는데 원인이 있는 것으로 사료되며, 외관상 저장에 따른 추숙 및 노화단계가

오존처리구가 무처리구에 비해 늦게 나타남을 의미한다고도 할 수 있다.

Table 4-19 Changes of Hunter L of strawberry packed in tray for a different treatment methods and storage conditions

| Storage period<br>(days) | O <sub>3</sub> treatment |              | Non-treatment |              |
|--------------------------|--------------------------|--------------|---------------|--------------|
|                          | 13℃                      | Conventional | 13℃           | Conventional |
| 0                        | 47.20                    | 47.20        | 47.20         | 47.20        |
| 1                        | 46.04                    | 39.81        | 43.45         | 38.56        |
| 2                        | 42.25                    | 37.10        | 38.66         | 37.36        |
| 3                        | 42.23                    | 35.15        | 38.22         | 34.20        |
| 5                        | 37.42                    | 34.43        | 35.57         | -            |
| 7                        | 37.20                    | -            | 33.25         | -            |

Table 4-20 Changes of Hunter a of strawberry packed in tray for a different treatment methods and storage conditions

| Storage period<br>(days) | O <sub>2</sub> treatment |              | Non-treatment |              |
|--------------------------|--------------------------|--------------|---------------|--------------|
|                          | 13℃                      | Conventional | 13℃           | Conventional |
| 0                        | 33.20                    | 33.20        | 33.20         | 33.20        |
| 1                        | 35.16                    | 34.56        | 37.77         | 37.98        |
| 2                        | 37.99                    | 36.64        | 38.14         | 39.37        |
| 3                        | 40.00                    | 37.96        | 39.83         | 40.34        |
| 5                        | 40.01                    | 39.12        | 41.57         | -            |
| 7                        | 41.18                    | -            | 43.65         | -            |

Table 4-21 Changes of Hunter b of strawberry packed in tray for a different treatment methods and storage conditions

| Storage period<br>(days) | O <sub>2</sub> treatment |              | Non-treatment |              |
|--------------------------|--------------------------|--------------|---------------|--------------|
|                          | 13℃                      | Conventional | 13℃           | Conventional |
| 0                        | 18.47                    | 18.47        | 18.47         | 18.47        |
| 1                        | 25.40                    | 20.60        | 24.33         | 23.63        |
| 2                        | 26.01                    | 26.81        | 31.01         | 27.13        |
| 3                        | 26.84                    | 27.83        | 31.20         | 31.34        |
| 5                        | 30.63                    | 30.58        | 32.13         | -            |
| 7                        | 31.27                    | -            | 33.18         | -            |

## 나. 느타리버섯

### (1) 미생물변화

버섯은 영양학적 및 생리적특성에서 우수함에도 불구하고 조직이 취약하고 호흡작용이 왕성하여 선도저하가 쉽게 일어나는 문제점이 있다(안 등, 1991). 유통중인 버섯의 품질은 갖의 개열, 표면색택, 향 및 조직감 등으로 평가되고 있는데 갖의 변색정도 및 갖의 개열로서 선도 저하를 쉽게 인지할 수 있다. Murr등(1975), 南出(1989)에 의하면 이러한 버섯의 변색은 청과물의 갈변 반응에서 흔히 일어나는 현상으로서 갈변을 일으키는 기질인 tyrosine에 polyphenoloxidase가 작용해서 일어나는 효소적 산화에 의한 결과라고 하였고 이들 현상은 유통중 진동이나 손상 및 과도한 취급에 의하여 촉진된다고 하였다. 버섯의 변색을 억제하기 위해서는 항산화제 처리, 포장(packaging), 방사선조사, 저온조작 등의 방법이 행해지고 있는데 이중 저온조작은 여러가지 방법중에서 가장 두드러진 효과를 나타낸 것으로 보고되고 있다(Gormley등, 1975).

신선 청과물의 선도는 온도, 습도, 가스환경 등에 따라 영향을 받게 되는데 생체 반응의 대부분이 효소반응이며 이는 온도에 가장 큰 영향을 받는 것으로서 선도유지 수단으로서 온도조작이 가장 많이 이용되고 있다. 완벽한 온도조작은 대개 저온유통체계(cold chain system)로서 대표될 수 있는데 이는 수확 후 바로 예냉하여 저온하에서 전 유통과정이 이루어지는 것으로서 이중 예냉(precooling)은 청과물의 초기 품질 관리에 절대적인 영향을 미치며 특히 진공예냉에 의하면 30여분 정도의 짧은 시간에 품온을 낮출 수 있어 저온유통의 초기 단계에 효과적인 방법으로 사용되고 있다. 또, 이들 생체 반응중 호흡작용이나 산화작용은 산소를 필요로 하는 특성 때문에 주위의 산소농도 즉 가스조성을 조절함으로써 이를 억제할 수가 있다. 따라서 이와 같은 이유 때문에 버섯의 선도유지 수단으로서 예냉처리와 같은 온도조작과 환경조절 방법에 관하여 지금까지 많은 연구가 수행되어져 왔지만 본 실험과 같이 미생물의 살균에 의한 선도유지 효과를 실험한 예는 거의 발표되고 있지 않다.

표 4-22는 느타리버섯의 오존처리 및 무처리에 의한 저장기간중의 미생물변화를

Table 4-22 Changes of microflora in oyster mushroom stored at 1°C for a different treatment and packing conditions

|                | Storage period(day) | Non-treatment     |                   | Ozone treatment   |                   |
|----------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                |                     | Box               | Tray              | Box               | Tray              |
| Total count    | 0                   | $1.1 \times 10^6$ | $1.1 \times 10^6$ | $1.1 \times 10^6$ | $1.1 \times 10^6$ |
|                | 0*                  |                   |                   | $1.0 \times 10^5$ | $1.0 \times 10^5$ |
|                | 2                   | $1.3 \times 10^6$ | $1.2 \times 10^6$ | $7.6 \times 10^5$ | $1.4 \times 10^5$ |
|                | 4                   | $2.5 \times 10^6$ | $1.6 \times 10^6$ | $8.3 \times 10^5$ | $3.4 \times 10^5$ |
|                | 6                   | $2.9 \times 10^6$ | $2.1 \times 10^6$ | $8.6 \times 10^5$ | $4.5 \times 10^5$ |
|                | 8                   | $4.5 \times 10^6$ | $3.7 \times 10^6$ | $9.6 \times 10^5$ | $5.2 \times 10^5$ |
|                | 10                  | $2.4 \times 10^7$ | $2.0 \times 10^7$ | $2.1 \times 10^6$ | $7.8 \times 10^6$ |
|                | 12                  | $6.0 \times 10^7$ | $4.8 \times 10^7$ | $2.7 \times 10^6$ | $1.6 \times 10^6$ |
|                | 14                  | $8.5 \times 10^7$ | $5.1 \times 10^7$ | $3.9 \times 10^6$ | $1.7 \times 10^6$ |
|                | 16                  | $9.6 \times 10^7$ | $6.0 \times 10^7$ | $7.7 \times 10^6$ | $6.8 \times 10^6$ |
| Yeast and mold | 0                   | $3.2 \times 10^4$ | $3.2 \times 10^4$ | $3.2 \times 10^4$ | $3.2 \times 10^4$ |
|                | 0*                  |                   |                   | $2.7 \times 10^3$ | $2.7 \times 10^3$ |
|                | 2                   | $4.2 \times 10^4$ | $3.5 \times 10^4$ | $1.1 \times 10^4$ | $3.0 \times 10^3$ |
|                | 4                   | $7.0 \times 10^4$ | $4.1 \times 10^4$ | $1.3 \times 10^4$ | $5.0 \times 10^3$ |
|                | 6                   | $1.4 \times 10^5$ | $7.2 \times 10^4$ | $1.4 \times 10^4$ | $8.0 \times 10^3$ |
|                | 8                   | $1.8 \times 10^5$ | $1.0 \times 10^5$ | $5.0 \times 10^4$ | $1.0 \times 10^4$ |
|                | 10                  | $2.2 \times 10^5$ | $1.4 \times 10^5$ | $5.0 \times 10^4$ | $3.2 \times 10^4$ |
|                | 12                  | $3.0 \times 10^5$ | $2.5 \times 10^5$ | $7.2 \times 10^4$ | $5.7 \times 10^4$ |
|                | 14                  | $4.0 \times 10^5$ | $6.0 \times 10^5$ | $9.5 \times 10^4$ | $7.0 \times 10^4$ |
|                | 16                  | $4.5 \times 10^5$ | $1.0 \times 10^6$ | $1.4 \times 10^5$ | $1.0 \times 10^5$ |
| Coliform       | 0                   | $2.7 \times 10^5$ | $2.7 \times 10^5$ | $2.7 \times 10^5$ | $2.7 \times 10^5$ |
|                | 0*                  |                   |                   | $6.8 \times 10^4$ | $6.8 \times 10^4$ |
|                | 2                   | $4.3 \times 10^5$ | $3.8 \times 10^5$ | $7.8 \times 10^4$ | $7.4 \times 10^4$ |
|                | 4                   | $6.0 \times 10^5$ | $5.0 \times 10^5$ | $1.2 \times 10^5$ | $9.6 \times 10^4$ |
|                | 6                   | $9.6 \times 10^5$ | $5.8 \times 10^5$ | $1.5 \times 10^5$ | $1.1 \times 10^5$ |
|                | 8                   | $1.1 \times 10^6$ | $6.7 \times 10^5$ | $3.2 \times 10^5$ | $1.5 \times 10^5$ |
|                | 10                  | $3.0 \times 10^6$ | $1.8 \times 10^6$ | $3.6 \times 10^5$ | $2.0 \times 10^5$ |
|                | 12                  | $4.7 \times 10^6$ | $4.0 \times 10^6$ | $5.6 \times 10^5$ | $3.4 \times 10^5$ |
|                | 14                  | $7.5 \times 10^6$ | $5.5 \times 10^6$ | $7.4 \times 10^5$ | $6.4 \times 10^5$ |
|                | 16                  | $3.2 \times 10^7$ | $1.5 \times 10^7$ | $2.2 \times 10^6$ | $7.8 \times 10^6$ |

0\* : after ozone treatment

나타낸 것으로서 오존처리후 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군 공히 무처리구에 비해 약 1/10 수준으로 저하하였다.

총균수는 무처리구가 저장 10일후에  $10^7$ cfu/g수준에 도달하였으나 오존처리구는 저장 16일 후에도 오존처리전의 초기치인  $10^6$ cfu/g수준을 유지하였으며, 효모 및 곰팡이는 무처리 박스구가 저장 6일후에, 트레이 포장구가 저장 8일후에  $10^5$ cfu/g 수준에 도달하였으나 오존처리구는 박스 및 트레이 모두 16일 저장후에 도달하여 약 8일에서 10일정도의 차이를 나타내었다. 대장균군도 유사하여  $10^6$ cfu/g수준에 도달하는데 소요되는 기간이 무처리 박스가 약 8일, 트레이가 약 10일 정도인데 비해 오존처리구는 박스 및 트레이 모두 저장 16일후에 도달하고 있었다. 이상의 결과에서 느타리버섯에 대한 오존처리에 의해 미생물의 살균효과 및 저장중의 증식억제 효과가 있음을 알 수 있었다.

표 4-23은 저장중 느타리 버섯의 곰팡이의 발현 및 짓무름등에 의한 부패 발생정도를 나타낸 것으로서 무처리 박스포장구의 경우 저장 6일, 트레이 포장구의 경우 저장 8일 정도에서 부터 부패 현상이 나타나기 시작한 반면 오존처리구는 박스 포장구가 약 11일, 트레이구가 약 15일 정도후 부터 부패현상이 나타나기 시작하여 오존처리에 의하여 박스의 경우는 약 5일, 트레이의 경우는 약 7일정도의 부패현상의 억제 효과가 있는 것으로 나타났다. 한편 곰팡이의 발현은 비교적 늦어 무처리 박스포장구가 약 12일, 트레이 포장구가 약 14일 정도인데 비해 오존처리 박스 및 트레이 포장구가 약 16일 정도로서 2~4일정도의 차이를 나타내었다.

박스에 비해 트레이의 부패 및 곰팡이의 발현이 늦은 것은 자체 중량에 의한 짓물림이 거의 없고, 랩 포장에 의한 MA효과가 다소 있었던 것으로 사료된다.

## (2) 표면색택

버섯의 경우 품질은 맛의 개열, 고유의 향기 그리고 줄기나 갓부분의 색택에 의하여 판단하게 된다. 특히 버섯과 같은 생체 식품의 경우 저장중에는 polyphenol oxidase에 의한 갈변이 품질 저하를 가속시키는 것으로 보고되고 있는데(Murr등, 1975), 유통중 버섯의 표면색택의 변화는 품질 상태를 판단할 수 있는 지표가 되고

Table 4-23 Changes of rotten ratio in oyster mushroom stored at 1°C for a different treatment and packing conditions

| Storage period (day) | Non-treatment |     |      |     | Ozone treatment |     |      |     |
|----------------------|---------------|-----|------|-----|-----------------|-----|------|-----|
|                      | Box           |     | Tray |     | Box             |     | Tray |     |
|                      | MOL           | ROT | MOL  | ROT | MOL             | ROT | MOL  | ROT |
| 0                    | -             | -   | -    | -   | -               | -   | -    | -   |
| 2                    | -             | -   | -    | -   | -               | -   | -    | -   |
| 4                    | -             | -   | -    | -   | -               | -   | -    | -   |
| 6                    | -             | +   | -    | -   | -               | -   | -    | -   |
| 8                    | -             | +   | -    | +   | -               | -   | -    | -   |
| 10                   | -             | ++  | -    | +   | -               | -   | -    | -   |
| 12                   | +             | ++  | -    | ++  | -               | +   | -    | -   |
| 14                   | +             | +++ | +    | ++  | +               | ++  | -    | +   |
| 16                   | ++            | +++ | +    | +++ | +               | ++  | +    | ++  |

MOL : Mold growing, ROT : Rotten

- : no change

+ : trace

++ : a couple of spots

+++ : a several spots

있다.

그림 4-14는 저장중 버섯의 표면 색택의 L-value의 변화를 나타낸 것으로 저장 기간중 계속 감소함을 알 수 있다. 그림에서 보면 갖의 색택을 측정하였는데 오존 처리한 버섯이 무처리에 비하여 L 값의 감소가 적었으며 포장 형태에 따라서는 트레이 포장한 버섯의 경우 골판지 박스에 포장한 경우에 비하여 곰팡이의 발생전 가식기간 동안 감소폭이 적음을 알 수 있었다. 그러나 오존처리 및 무처리구 모두 저장 기간중 색택의 변화가 완만하여 저장 16일 후까지도 L 값이 84 이상을 유지하여 대체로 표면 색택에 있어서는 관능적으로 받아들일 수 있는 정도를 유지하였다.

한편, green을 -80, red를 +100으로 green과 red사이를 180등급으로 구분하는 Hunter a 값은 -1.93~0.59의 범위로서 처리방법 및 저장기간에 따라 변화가 거의 나타나지 않았다.

### (3) 중량 변화

그림 4-15는 저장중 중량의 변화를 나타낸 것으로서 저장 16일 이후까지 PVC wrapping한 경우는 약 5%정도의 중량손실율을 나타내 거의 중량변화가 없었으나, 골판지 상자 포장구는 저장 16일후에 오존처리구가 약 30%, 무처리구가 약 37% 정도의 중량 손실율을 나타내었다. 이와같이 느타리버섯의 저장중 중량감소는 오존처리 여부보다는 포장형태에 큰 영향을 받는데 PVC wrapping구가 골판지 상자 포장구보다 중량감소가 적은 것은 저온저장고내의 냉기와 버섯의 수증기압차에 기인한 것이며, 오존처리 골판지상자 포장구가 무처리구보다 중량감소가 적은 것은 오존처리에 의한 미생물의 증식억제 효과와 오존처리시의 약간의 예냉효과에서 기인한 것으로 사료된다.



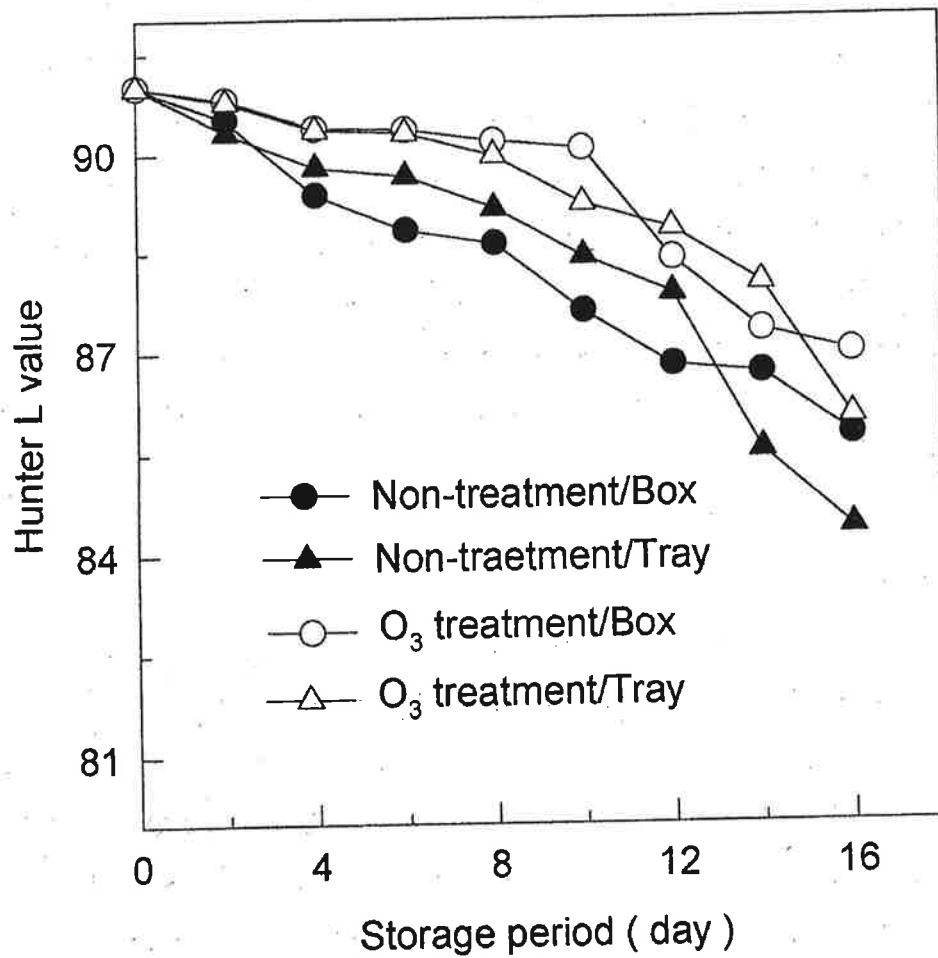


Fig. 4-14 Changes of Hunter L value in oyster mushroom stored 1 °C for a different treatment and packing conditions.

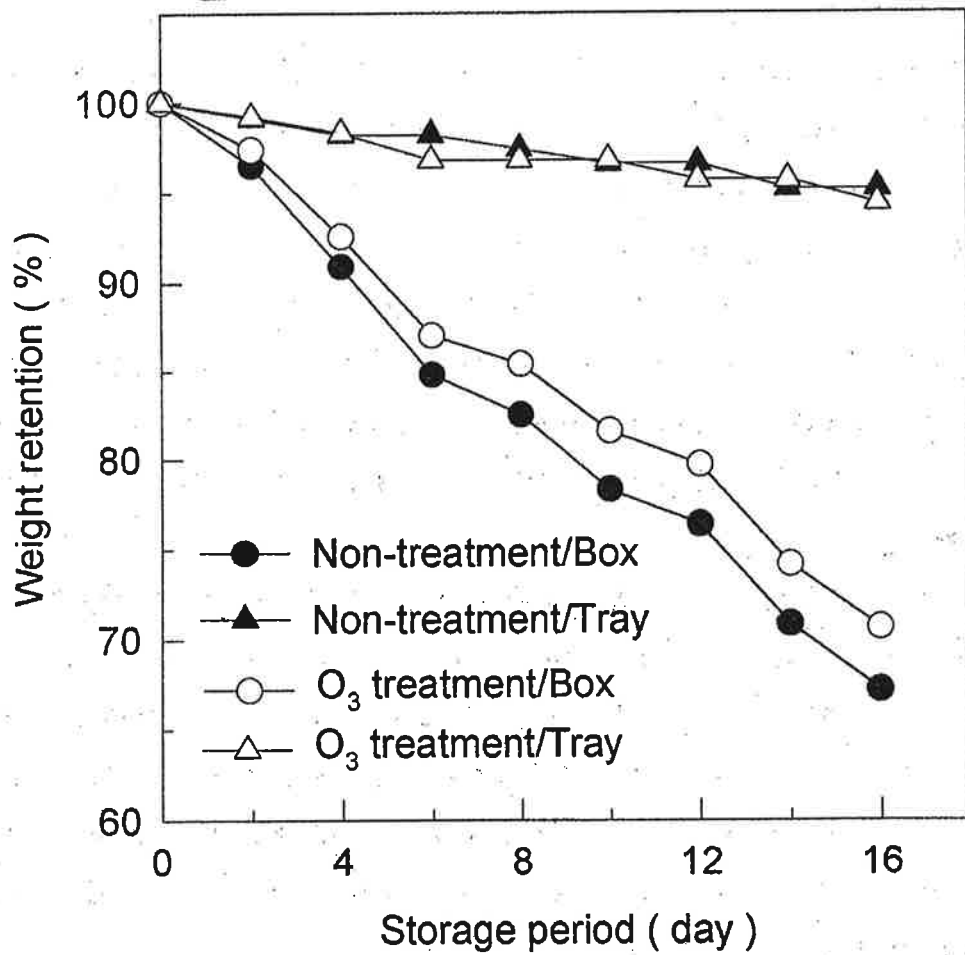


Fig. 4-15 Changes of weight in oyster mushroom stored 1 °C for a different treatment and packing conditions.

## 제 4 절 결론 및 요약

향후 청과물의 표면 살균처리 방법의 하나로서 활용성이 높을 것으로 예상되는 오존에 의한 미생물의 살균효과를 에탄올, 수도수에 의한 세정효과와 비교하여 살펴보고, 청과물의 품목별로 적정 처리 형태 및 처리조건을 측정된 결과는 다음과 같다.

오존가스 및 에탄올에 의한 딸기의 살균효과를 비교한 결과 에탄올 70% 스프레이의 살균효과는 오존가스 처리와 유사한 수준을 나타냈으나 ascorbic acid의 경우 오존처리보다 높게 나타났다. 오존가스 처리에 의한 살균효과는 품목별로 다소간의 차이는 있으나 처리농도가 높을수록, 처리시간이 길어질수록 높게 나타났으며, 품목별 적정 처리조건은 양파 20ppm에서 2~4시간, 마늘 20ppm에서 4시간, 딸기 30ppm에서 2~4시간, 표고버섯 20ppm에서 2~4시간, 느타리버섯 30ppm에서 2~4시간으로 추정되었다.

오존수 및 수도수와의 살균효과를 측정된 결과 상추의 경우 오존수를 이용한 경우가 수도수를 이용한 경우보다 약 1/10배 정도의 낮은 생균수를 나타내어 오존수를 사용할 경우 세정효과는 물론 오존에 의한 살균효과가 복합적으로 나타남을 알 수 있었으며, 오존수에 의한 살균효과는 오존가스와 마찬가지로 품목별로 다소간의 차이는 있으나 처리농도가 높을수록, 처리시간이 길어질수록 높게 나타났으며, 품목별 적정 처리조건은 배추의 경우 1.0ppm에서 40분, 셀러리는 1.5ppm에서 40분, 콩나물은 1.5ppm에서 20분 정도로 추정되었다.

또한 효과적인 표면살균 처리기술의 개발을 위하여 오존을 이용한 청과물의 저장성 증진을 살펴보기 위하여 딸기 및 느타리버섯을 대상으로 저장실험을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

딸기의 경우 외관상 부패 발생시기는 무처리 상온구가 3일, 오존처리 상온구가 4일, 무처리 13℃ 저장구 4일, 오존처리 13℃ 저장구가 6일로서 오존에 의한 선도는 상온저장의 경우 1일, 저온저장의 경우 약 2일 정도가 연장되는 것으로 나타났다.

또한, 느타리버섯의 경우 오존처리에 의해 저온저장한 박스 포장구가 약 5일, 트레

이 포장구가 약 7일정도 선도가 연장되는 것으로 나타났다

그러나 오존에 의한 청과물의 표면살균 효과는 세정 및 예냉등 전처리 공정과의 복합적인 처리에 의해 상승이 기대되며, 전처리 시스템의 효율적인 활용에도 기여할 것으로 기대되어 향후 이와 관련된 연구의 필요성이 높은 것으로 사료된다.

# 여 백

## 제 5 장 세정공정을 활용한 오염원 제거기술의 개발

### 제 1 절 서 설

국민 소득의 증대, 주거 문화의 변화, 여성의 사회 참여 증가 등 변화하고 있는 사회 여건은 자연스럽게도 청과물 유통에까지 영향을 미치고 있다. 특히 도시지역에서의 아파트 문화와 핵가족화는 청과물 구매 패턴에 있어서도 변화를 가져와 잘 다듬어지고 세정되어 요리 직전의 상태로 소포장된 청과물에 대한 요구도가 점차 증가하고 있다. 특히 요즘의 음식물 쓰레기 처리가 큰 난제로 된 시점에서 더구나 음식물 쓰레기의 50% 이상을 차지하는 채소류 쓰레기의 문제를 볼 때 이러한 흐름은 편리성 이전에 당연히 받아들여져야 할 문제이다. 아울러 청과물의 유통 경향도 산지나 소비지에서 최소가공된 형태로 유통되어가고 있는 것도 맥락을 같이하고 있다.

과거에는 과일이나 채소를 그대로 먹기도 하였으나 요즘은 각종 오염으로 인해 일단 섭취하기 위해서는 씻어서 먹는 것이 당연한 것으로 받아들여지고 있으며 사실상 씻는 과정 없이는 가공 공정에 들어가기도 적합하지 않은 게 사실이다. 세정 공정은 청과물의 외부에 붙어 있는 흙, 먼지, 농약 등과 같은 이물질은 물론 세정 과정중에 이들과 함께 붙어 있던 미생물등도 어느정도는 함께 제거되어질 수 있어 이중의 효과를 누릴 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 세정 공정에 있어서 효과를 배가시키기 위해 오존수, 염소수, 초음파 및 물리적 냉각, 교반, 살수 등의 기능을 부가시킴으로써 제균 및 살균 효과를 증대시켜 보고자 하였다.

## 제 2 절 재료 및 방법

### 1. 세정 겸 표면살균 장치의 제작

장치는 오존수, 초음파, 염소수를 동시에 사용할 수 있으며 아울러 세정과 표면살균 과정에서 냉각효과도 가져올 수 있도록 그림 5-1과 같이 설계, 제작하였다.

오존수 공급장치는 1차년도에 제작한 오존수 발생장치를 개선하여 기상 농도에서 2,000ppm까지 오존가스를 발생시킬 수 있도록 하였으며 오존가스의 용해는 1차년도와 같은 Venturi injector에 의한 용존 방식을 택했으며 오존가스의 용해도가 수온이 낮을수록 높아진다는 Henry의 법칙에 따라 그림 5-2와 같이 별도의 오존가스 용해용 챔버를 제작하여(재질; 아크릴, 직경 40cm×높이 150cm, 원통형), 온도 콘트롤이 용이한 항온실에 설치하였다. 한편 오존가스의 용해율을 높이기 위하여 오존발생장치에서 생산된 오존수는 용해용 아크릴챔버와 오존수발생장치 사이를 계속 순환하도록 하였다.

초음파에 의한 세정 효과를 실험하기 위해서는 그림 5-1에서 본 바와 같이 처리조 내에 초음파 발생 플레이트(50W×24ea/plate)를 두개를 부착하였다.

그리고 살수노즐을 상부에 부착하여 세정효과를 배가시키고 처리조 내에는 처리수를 가압 순환시킬 수 있도록 하였다.

표 5-1 세정, 냉각 겸 살균 시스템의 구성 및 제원

|         |   |
|---------|---|
| 규격      | 1,960L×1,950H×800Wmm                    |
| 구성      | 냉각수발생부, 세정 및 살균처리부, 살수부, 오존수발생부, 초음파발생부 |
| 재질      | 외류발생부, 이송부, 펌프 및 제어부 스테인레스              |
| 냉각시스템   | 1, 1/3HP(밀폐형) 2ea                       |
| 초음파 발생기 | 1,200W × 2ea, Frequency 40~90Hz         |
| 오존수 농도  | 0~5ppm                                  |
| 전원      | 정격전압 220V, 60HZ                         |

표 5-2 공기와 산소 사용시 발생된 오존 가스 농도 비교

| 전압(kV) | 공기(ppm) | 산소(ppm) |
|--------|---------|---------|
| 5.0    | 189     | 1,476   |
| 5.2    | 200     | 1,570   |
| 5.4    | 227     | 1,720   |
| 5.6    | 238     | 1,910   |
| 5.8    | 220     | 2,060   |
| 6.0    | 170     | 2,093   |

\* 공급 유량 : 5 l/min



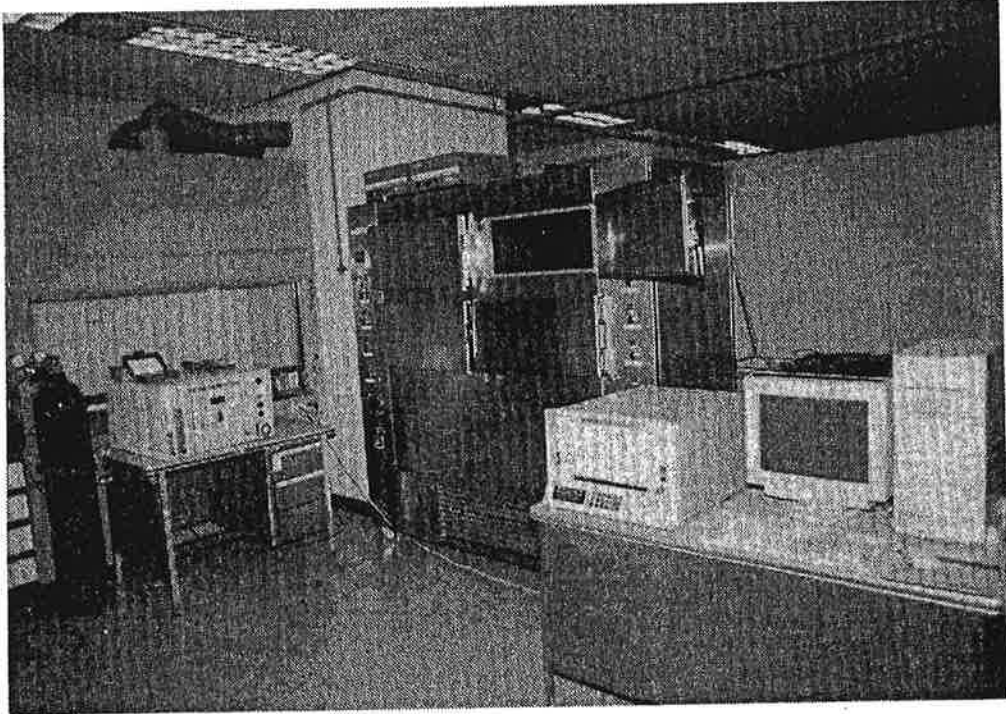


그림 5-1 세정, 냉수냉각 겸 살균 동시 처리 시스템

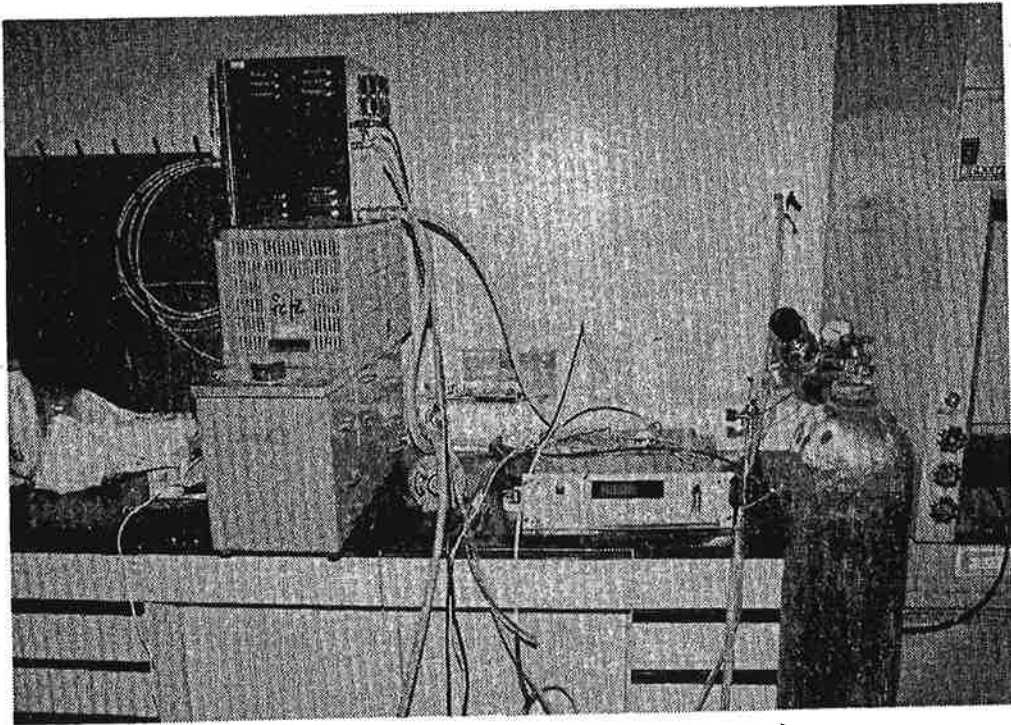


그림 5-2 오존가스 및 오존수 발생 시스템

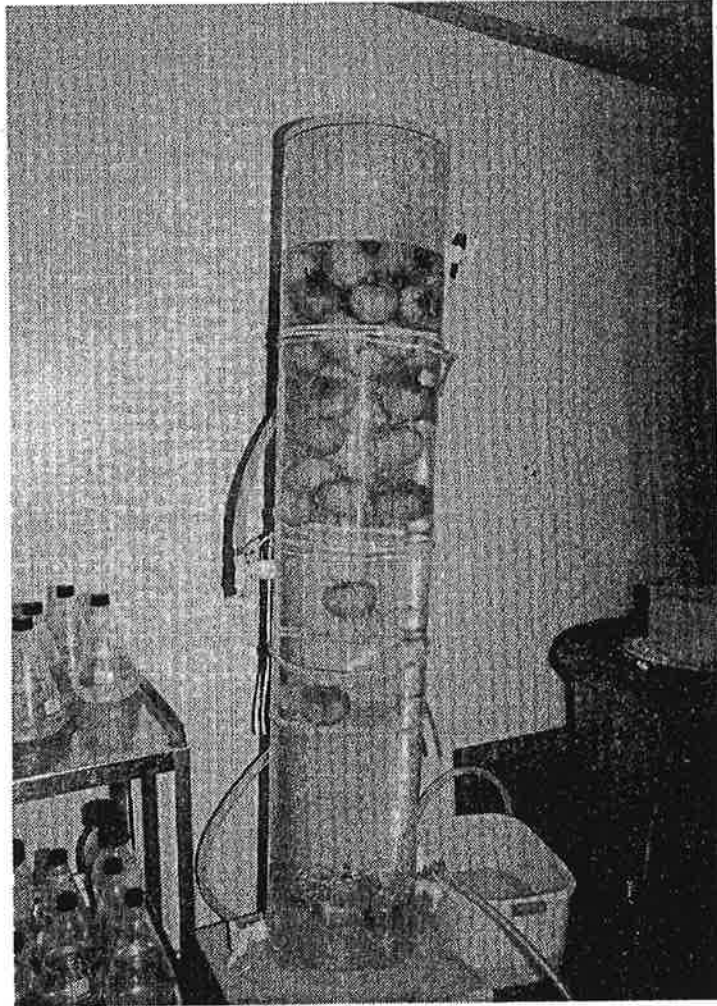


그림 5-3 오존수 용해용 챔버

## 2. 처리 방법

염소수를 이용한 살균처리는 calcium hypochlorite를 이용, active chlorine 100 ~ 200 ppm 범위에서 처리시간을 달리하면서 상추를 시료로하여 행하였고 처리가 끝난 상추는 원심탈수기에서 3분간 탈수한 다음 미생물을 분석하였다.

오존수를 이용한 살균처리는 오존발생장치를 1시간동안 가동하여 오존용해용 챔버의 오존 농도가 일정 농도에 도달한 후 상추를 챔버용적의 20% 정도로 채운 다음

살균처리하였다.

초음파 처리는 sonicator의 출력을 1,200W로 조정된 상태에서 처리시간별로 행하였으며 초음파 처리중에는 수온이 상승하기 때문에 냉동기를 가동하여 처리조의 수온을 일정하게 유지하도록 하였다.

### 3. 미생물 측정

시료 100g을 취하여 450ml의 Peptone water와 함께 살균된 warring blender로 10분간 균질화시켰다. 균질화시킨 시료는 필요에 따라 적당히 희석하여 pouring culture method에 의하여 균수를 측정하였으며, 이 때 사용된 배지는 일반세균 측정용으로는 plate count agar(PCA), 효모 및 곰팡이 측정용으로는 potato dextrose agar(PDA), 대장균군(coliform group) 측정용으로는 MacConkey agar medium (MAC)을 사용하였다. PCA 및 MAC배지는 37℃에서 48시간 배양하고, PDA배지는 20℃에서 72시간 배양시킨 후 균수를 측정하였다. 이 때 미생물 실험에 사용된 기구 및 용기는 모두 고압멸균기로 멸균 후 사용하였다.

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 염소수 세정에 의한 오염원 제거 효과

표 5-3은 active chlorine의 농도를 달리하여 세정하였을 때 잎상추의 미생물 제거효과를 조사한 것이다. 표에서 보는 바와 같이 잎상추의 초기 미생물 오염은 총균수  $1.1\sim 8.9\times 10^4$ cfu/g, 효모 및 곰팡이  $1.9\sim 6.7\times 10^3$ cfu/g, 대장균군  $3.7\sim 6.2\times 10^3$ cfu/g 였다. Active chlorine은 취급이 편리하고 값이 싸며 살균효과가 커서 현재 100~200ppm 범위에서 청과물의 세정 및 표면살균에 광범위하게 이용되고 있다. 본 실험에서 잎상추를 chlorinated water로 세정하였을 때 미생물 오염원 제거 효과를 보면 100ppm active chlorine으로 세정하였을 때 20분간 세정으로서 90% 이상 제균 효과를 가져올 수 있었다. 처리시간이 증가함에 따라 제균 효과는 증가하였는데 30분 처리하였을 때 대장균군을 30cfu/g 이하로 감소하였고, 40분 처리후에는 효모 및 곰팡이 역시 30cfu/g이하로 감소하여 전체적으로 미생물 오염을 99% 이상 감소시킬 수 있었다. Active chlorine의 농도를 150ppm과 200ppm으로 증가시킨 경우는 총균수와 효모, 곰팡이의 경우는 20분만에 99%의 제균 효과가 있었으며 처리시간이 20분에서 40분으로 증가함에 따라 처리 효과는 약간씩 증가하였다.

100ppm active chlorine과 200ppm active chlorine을 함유한 염소수의 pH는 각각 11.04와 11.34로 강알칼리 영역이었다. 그러나 active chlorine의 미생물 살균효과는 pH가 저하할수록 증가하기 때문에 100ppm 및 200ppm active chlorine을 함유한 수용액에 citric acid를 첨가하여 pH를 6.5부근의 중성영역으로 저하시켜 그 처리 효과를 비교하였다. 표 5-4에서 보면 잎상추의 초기 미생물 오염 정도를 보면 총균수가  $1.6\sim 3.1\times 10^6$ , 효모 및 곰팡이가  $1.2\sim 6.9\times 10^5$ , 대장균군은  $7.8\times 10^5\sim 1.4\times 10^6$ 이었다. 표에서 보면 상추는 단순히 수돗물로 10분간 세정만 하여도 미생물수를 90% 이상 제거시킬 수가 있었는데 이는 주로 상추 표면과 줄기 하단부에 묻어있는 흙 등에 오염 미생물이 많이 부착되어 있으며 이들이 세정 과정에서 씻겨 나가면서 함께 제거되어진 것으로 여겨져 상추를 씻을 때 한 잎씩 철저하게 세정을 행한다면 어느 정도 미생물 제거 효과는 기할 수 있을 것으로 여겨졌다. 그리고 표에서 보면 active

chlorine의 농도가 100ppm인 경우는 pH가 저하할수록 살균효과가 증가함을 알 수 있었다. 그러나 active chlorine의 농도가 200ppm인 경우는 pH 저하에 따른 살균 효과를 기대하기 어려웠다. 이는 active chlorine에 의한 살균 효과가 pH 저하에 따른 효과보다 커서 pH 강하에 따른 효과가 감쇄되어진 것으로 여겨졌다. 그리고 표에서 보면 미생물 오염 정도는 매 처리시마다 대조구의 미생물 오염 정도가 다르게 나타나는데 이는 매 실험에 사용한 상추의 오염 정도가 항상 다르기 때문으로 여겨진다. 아울러 제균 효과에 있어서도 약간씩 편차를 보이는데 이는 피대상물인 상추의 오염 상태가 균일하지 않고 또 세정에 대한 난이도가 서로 달라서 세정 결과에 영향을 미치기 때문으로 판단되었다.

**Table 5-3 Changes in microflora of leafy lettuce by chlorinated water washing,**

(unit : cfu/g)

| Concentration (ppm) | Treatment time(min) | Total count       | Yeast and mold    | Coliform group    |
|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 100                 | control             | $1.1 \times 10^4$ | $1.9 \times 10^3$ | $6.2 \times 10^3$ |
|                     | 20                  | $3.5 \times 10^3$ | $3.5 \times 10^2$ | $3.4 \times 10^2$ |
|                     | 30                  | $2.5 \times 10^3$ | $2.3 \times 10^2$ | <30               |
|                     | 40                  | $1.8 \times 10^2$ | <30               | <30               |
|                     |                     |                   |                   |                   |
| 150                 | control             | $4.9 \times 10^4$ | $6.7 \times 10^3$ | $5.1 \times 10^3$ |
|                     | 20                  | $8.1 \times 10^2$ | $1.5 \times 10^1$ | $8.5 \times 10^2$ |
|                     | 30                  | $4.4 \times 10^2$ | <30               | $4.3 \times 10^2$ |
|                     | 40                  | $2.3 \times 10^2$ | <30               | $6.5 \times 10^1$ |
|                     |                     |                   |                   |                   |
| 200                 | control             | $8.9 \times 10^4$ | $2.6 \times 10^3$ | $3.7 \times 10^3$ |
|                     | 20                  | $6.8 \times 10^2$ | <30               | $4.0 \times 10^1$ |
|                     | 30                  | $3.3 \times 10^2$ | <30               | $4.0 \times 10^1$ |
|                     | 40                  | $2.1 \times 10^2$ | <30               | <30               |
|                     |                     |                   |                   |                   |

\* 수온 : 4℃

Table 5-4 Changes in microflora of leafy lettuce by different treatment

| Treatment  | Microorganism(cfu) |                   |                   |
|--|--------------------|-------------------|-------------------|
|  | Total counts       | Yeast and molds   | Coliform group    |
| initial  | $1.6 \times 10^6$  | $6.9 \times 10^5$ | $7.8 \times 10^5$ |
| 100ppm active chlorine <sup>1)</sup> , 30min                 | $3.6 \times 10^4$  | $2.0 \times 10^4$ | $1.8 \times 10^4$ |
| 100ppm active chlorine <sup>2)</sup><br>+ citric acid, 30min | $9.9 \times 10^3$  | $1.9 \times 10^3$ | $2.5 \times 10^3$ |
| Washing by tap water, 10min                                  | $1.0 \times 10^5$  | $3.4 \times 10^4$ | $3.2 \times 10^4$ |
| initial  | $3.1 \times 10^6$  | $1.2 \times 10^5$ | $1.4 \times 10^6$ |
| 200ppm active chlorine <sup>3)</sup> , 30min                 | $1.1 \times 10^4$  | $2.6 \times 10^3$ | $1.3 \times 10^3$ |
| 200ppm active chlorine <sup>2)</sup><br>+ citric acid, 30min | $1.0 \times 10^4$  | $1.9 \times 10^3$ | $2.1 \times 10^3$ |
| Washing by tap water, 10min                                  | $1.9 \times 10^5$  | $1.8 \times 10^4$ | $1.3 \times 10^5$ |

<sup>1)</sup> pH = 11.04 , <sup>2)</sup> pH = 6.5 , <sup>3)</sup> pH = 11.34, 수온 : 4℃

## 2. 오존수 세정에 의한 오염원 제거 효과

세정 과정에서 살균력이 강한 오존수를 세정수로 사용하였을 때 잎상추의 미생물 제거 효과를 보면 표 5-5와 같다. 표에서 보면 초기 미생물 오염 정도가 총균수  $2.9 \sim 3.3 \times 10^4$ , 효모 및 곰팡이  $2.9 \sim 3.2 \times 10^3$ , 대장균군  $1.3 \sim 4.1 \times 10^2$ 인 경우, 용존 오존 농도 0.5ppm~1.5ppm 범위에서 60분 동안 잎상추를 세정한 경우 10분 처리로서 약 90% 정도의 살균 효과를 가져왔으며 처리시간이 연장됨에 따라 살균효과는 계속 증가하였다. 그러나 오존 농도 0.5ppm에서는 처리시간이 10분에서 60분으로 증가함에 따라 그 효과 차이는 그렇게 크지 않았다. 그러나 오존 농도 1.0ppm과 1.5ppm에서는 30분 이상 처리하였을 때 살균 효과가 99% 이상 얻어졌다. 대장균군의 경우는 오존 농도가 1.0ppm 이상에서 1시간 처리하였을 때는 완전 사멸되는 효과가 나타났는데 표에서 보면 균의 종류에 따른 살균 효과의 차이는 크게 나타나지 않았다. 본 실험에서 보면 대체로 10분간 세정 처리함으로써 오염 미생물을 90% 이상 제거시킬 수 있었는데 일반적인 작업 공정을 고려하였을 때 10분 이상의 처리는 실용적 측면에 있어서 큰 의미가 없을 것으로 여겨졌다. 그리고 청과물의 세정 및 표면살균처리 공정에 있어서 포자 형성균을 비롯한 모든 미생물을 사멸시키는데는 많은 제약이 있기 때문에 어차피 상업적 살균 조건을 적용할 수 밖에 없다고 판단된다.

## 3. 초음파 세정에 의한 오염원 제거 효과

초음파는 음파와 유사하나 16kHz 이상의 주파수를 가지고 있어 인간의 귀로 감지하기는 어렵다. 식품 산업에 있어서 저출력 초음파는 초음파가 통과하는 물질에 물리적 또는 화학적 변형을 일으키지 않는  $1\text{W}/\text{cm}^2$  이하의 동력을 이용하며 비파괴적이기 때문에 식품의 조성, 구조, 물리적 상태, 유속과 같이 식품의 물리화학적 특성에 관한 정보를 얻을 수 있는 분석 수단으로서 주로 이용되고 있다. 반면에 고출력 초음파에 사용되는 동력은 매우 커서( $10 \sim 1,000\text{ W}/\text{cm}^2$ ) 초음파가 처리된 재료의 물리적 구조를 파괴할 수 있고 또한 산화와 같은 화학반응을 촉진시킬 수도 있다. 이 초음파는 에멀전 제조, 세포파괴, 응집물의 분산 그리고 최근에는 결정화 과정

Table 5-5 Changes in microbial contamination of leafy lettuce during ozonated water washing

| Treatment        |                   | Total count       | Yeast and mold    | Coliform group    |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Ozone conc.(ppm) | Time treated(min) |                   |                   |                   |
| 0.5              | initial           | $2.9 \times 10^4$ | $3.2 \times 10^3$ | $2.1 \times 10^2$ |
|                  | 10                | $9.6 \times 10^3$ | $5.7 \times 10^2$ | $1.2 \times 10^2$ |
|                  | 30                | $5.7 \times 10^3$ | $3.9 \times 10^2$ | $5.5 \times 10^1$ |
|                  | 60                | $2.4 \times 10^3$ | $1.8 \times 10^2$ | $3.4 \times 10^1$ |
| 1.0              | initial           | $3.0 \times 10^4$ | $3.1 \times 10^3$ | $1.3 \times 10^2$ |
|                  | 10                | $6.2 \times 10^3$ | $1.2 \times 10^2$ | $1.4 \times 10^1$ |
|                  | 30                | $8.3 \times 10^2$ | $4.1 \times 10^1$ | <30               |
|                  | 60                | $1.7 \times 10^2$ | $3.2 \times 10^1$ | ND <sup>1)</sup>  |
| 1.5              | initial           | $3.3 \times 10^4$ | $2.9 \times 10^3$ | $4.1 \times 10^2$ |
|                  | 10                | $2.9 \times 10^3$ | $1.8 \times 10^2$ | $2.4 < 10^1$      |
|                  | 30                | $4.8 \times 10^2$ | $3.3 \times 10^1$ | <30               |
|                  | 60                | $2.2 \times 10^2$ | <30               | ND                |

수온 : 4°C, <sup>1)</sup> : not detected

의 변형과 조절, 효소의 불활성화, 육류의 연화, 건조와 여과의 개선, 산화반응 촉진 등에 이용 가능성이 커지고 있다.

현재 고출력 초음파는 국내에서도 여러 산업 분야에 있어서 세정 목적에 다양하게 활용되고 있다. 그러나 청과물 유통 분야에 있어서 초음파의 이용은 그렇게 시험되지 않고 있으며 따라서 본 연구에서는 초음파의 강력한 진동 효과를 청과물의 세정 공정에 도입, 세정과 함께 제균 효과도 기하고자 세정 시스템의 처리조 하부에 초음파 진동판을 설치하여 시험하였다.

표 5-6은 초음파 처리에 따른 상추의 미생물 제거 효과를 시험한 결과이다. 시험에 사용된 잎상추의 미생물 오염은 총균수  $1.3 \times 10^6$ cfu/g, 효모 및 곰팡이  $1.3 \times 10^4$ cfu/g, 대장균군  $7.5 \times 10^5$ cfu/g였다. 그리고 표에서 보면 물에 담갔다가 꺼내는 정도로 가볍게 세정하였을 때 미생물 수는 총균수  $9.8 \times 10^5$ cfu/g, 효모 및 곰팡이 6.1



×10<sup>3</sup>cfu/g, 대장균군 4.4×10<sup>5</sup>cfu/g으로 감소하였다. 그리고 초음파를 이용하여 세정하였을 때는 처리 시간에 따라 감소를 보였는데 10분간 초음파 처리를 하였을 때 그냥 세정만 하였을 때보다 50% 정도 감소하였으며 처리시간을 30분으로 연장하였을 때 처리시간에 따른 효과는 크게 나타나지 않았다. 따라서 초음파에 의해 청과물을 세정한 경우는 단순히 세정만 한 경우에 비하여 큰 효과를 기대하기는 어려운 것으로 보였다. 한편 초음파를 30분 이상 처리하였을 경우는 상추잎의 가장자리 부분에 짓물러지는 것과 같은 물리적인 손상 흔적이 나타났고 40분 이상 처리하면 줄기 끝부분이 약간 투명하여지는 현상이 나타났는데 이러한 현상은 하루가 지나면 소실되었다.

Table 5-6 Changes in microbial contamination by ultrasonic wave and vortex

| Treatment time(min) | Total count         | Yeast and mold      | Coliform group      |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| initial             | 1.3×10 <sup>6</sup> | 1.3×10 <sup>4</sup> | 7.5×10 <sup>5</sup> |
| 0.5 <sup>1)</sup>   | 9.8×10 <sup>5</sup> | 6.1×10 <sup>3</sup> | 4.4×10 <sup>5</sup> |
| 10                  | 4.2×10 <sup>5</sup> | 5.4×10 <sup>3</sup> | 1.8×10 <sup>5</sup> |
| 20                  | 4.1×10 <sup>5</sup> | 5.3×10 <sup>3</sup> | 1.0×10 <sup>5</sup> |
| 30                  | 4.0×10 <sup>5</sup> | 3.8×10 <sup>3</sup> | 4.5×10 <sup>4</sup> |

수온 : 4℃, <sup>1)</sup> : only wahing

#### 4. 침지, 살수 및 와류 방식에 의한 표면 오염원 제거 효과

청과물의 세정 및 냉각 방식으로서는 피세정물과 세정수의 접촉 형태로 분류하여 침지식과 살수 또는 분사식으로 나뉘어지고 있다. 본 실험에서는 단순히 침지식으로서는 세균과 세정효과가 불충분하기 때문에 처리조 내에 와류를 형성하고 아울러 처리중 상부에서 세정수를 살수하는 형태를 혼합하여 행하였다. 표 5-7에서 보면 초기의 미생물 오염 정도는 총균수가  $6.6 \times 10^5$ cfu/g, 효모 및 곰팡이  $7.2 \times 10^4$ cfu/g, 대장균군  $9.8 \times 10^4$ cfu/g였다. 침지식으로 30초간 담갔다 꺼낸 경우 총균수는  $4.4 \times 10^5$ cfu/g, 효모 및 곰팡이  $4.2 \times 10^4$ cfu/g, 대장균군  $6.6 \times 10^4$ cfu/g였으며 살수 및 와류 방식을 혼합하여 30분간 처리한 경우는 총균수가  $1.0 \times 10^5$ cfu/g, 효모 및 곰팡이  $1.2 \times 10^4$ cfu/g, 대장균군  $4.4 \times 10^4$ cfu/g로 감소되었다.

Table 5-7 Changes in microbial contamination of leafy lettuce during vortex water and spray washing

| Treatment time(min) | Total count       | Yeast and mold    | Coliform group    |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| initial             | $6.6 \times 10^5$ | $7.2 \times 10^4$ | $9.8 \times 10^4$ |
| 0.5 <sup>1)</sup>   | $4.4 \times 10^5$ | $4.2 \times 10^4$ | $6.6 \times 10^4$ |
| 10                  | $1.2 \times 10^5$ | $2.1 \times 10^4$ | $3.9 \times 10^4$ |
| 20                  | $1.1 \times 10^5$ | $2.1 \times 10^4$ | $2.9 \times 10^4$ |
| 30                  | $1.0 \times 10^5$ | $1.2 \times 10^4$ | $4.4 \times 10^4$ |

수온 : 4℃, .<sup>1)</sup> : only wathing

#### 제 4 절 결론 및 요약

청과물의 세정 및 제균 효과를 높이기 위하여 세정 시스템에 오존수, 염소수, 초음파 등을 동시에 사용할 수 있고 처리수의 수온을 임의로 컨트롤할 수 있는 종합청과물 세정 및 살균시스템이 설계, 제작되었다. 잎상추를 시료로하여 시험한 결과 active chlorine 100ppm을 함유한 calcium hypochlorite 수용액으로 세정처리한 결과 20분 처리로서 90% 이상 살균 효과가 얻어졌으며 150~200ppm active chlorine 농도에서는 99% 이상 살균효과가 있었다. 한편 수돗물로 1차 세정한 다음 100ppm active chlorine으로 처리한 경우는 수돗물 세정에 의해서 90%가, active chlorine에 의해 99%가 제거되었고 처리수의 pH가 저하함에 따라 그 효과가 증대하였다. 오존수 처리에 있어서는 용존 오존 농도 1.0ppm 이상에서는 30분 처리로서 99% 이상 미생물을 살균시킬 수 있었고 60분 처리로서 대장균을 완전히 사멸시킬 수 있었다. 초음파 처리와 와류, 살수 방식에 의한 세정에 의해서는 처리 시간이 경과함에 따라 미생물 수가 감소하였으나 90% 이상 제균 효과는 얻기 힘들었다.

## 제 6 장 Hydrocooling, 세정 및 표면살균의 동시 처리가 신선도에 미치는 효과

### 제 1 절 서 설

청과물의 신선도를 유지시키는 방법으로는 지금까지 저온저장, CA 저장기술을 비롯하여 포장이나 각종 전처리 방법등이 이용되고 있다. 이러한 신선도 연장 수단 중 특히 청과물의 초기 품질이 유통 전과정중의 신선도를 좌우한다는 개념하에서는 수확후 바로 청과물의 품온을 낮추는 예냉(precooling) 기술이 일본과 구미 선진국에서 널리 활용되고 있다. 우리나라의 경우는 지난 '92년부터 당 연구원에서 이 분야에 대한 연구를 수행하여 현재 관련 설비의 설계와 운영에 필요한 기술을 보급하고 있는데 청과물의 신선도를 극대화시키기 위해서 예냉처리는 필수적이기 때문이다.

청과물의 예냉기술은 크게 나누어 3가지 방법으로 분류되는데 찬 공기를 이용하여 냉각하는 공기냉각, 챔버내의 압력강하에 따른 물의 증발온도 저하 메카니즘을 이용한 진공냉각, 그리고 차가운 냉각수를 이용하는 냉수냉각 (hydrocooling)으로 분류될 수 있다. 이 중 냉수냉각방식에 의한 냉각은 물의 비열이 크고 시설비가 적게 소요된다는 잇점 때문에 범용적으로 이용되어지고 있다. 뿐만아니라 이 방식은 냉각 과정에서 청과물에 붙어 있는 이물질이 제거되어지기 때문에 냉각과 세정의 이중의 효과를 얻을 수 있다.

청과물의 신선도는 수확전의 요인과 수확후의 취급 과정에 따른 요인 등에 의해 영향을 받게 되는데 특히 수확후 부분적으로 가공된 즉 최소가공(minimal processing)된 청과물의 경우는 전처리 과정중의 조직 손상에 따라 세포가 파괴되고 아울러 에틸렌가스 생산 촉진, 호흡속도 증가, 각종 영양소의 누출과 미생물에 대한 안정성 감소 등으로 인하여 조직의 부패와 노화가 촉진되어진다. 따라서 이들 청과물에 있어서는 shelf-life가 단축되어 유통관리에 각별한 신경을 쓰지 않으면 안된다.

따라서 본 연구에서는 청과물의 전처리 공정에 적용되고 있는 냉수냉각 공정에 세

정 기능과 살균처리 기능을 추가하였을 때 청과물의 신선도 연장 효과에 대하여 조사하였다.

## 제 2 절 재료 및 방법

### 1. 재 료

시험에 사용된 시료는 잎상추, 사과(부사), 토마토 3종으로 가락 시장에서 당일 출하된 것을 직접 구매하여 사용하였다.

### 2. 방 법

#### 가. 처리 방법

염소수를 이용한 살균처리는 calcium hypochlorite를 이용, active chlorine 100 ppm 농도에서 행하였다.

오존수를 이용한 살균처리는 오존발생장치를 1시간 동안 가동하여 오존용해용 챔버의 오존 농도가 1.0ppm으로 일정하게 유지된 후 피처리물을 챔버용적의 20% 정도로 채운 다음 살균처리하였다.

초음파 처리는 sonicator의 출력을 1,200W로 조정된 상태에서 행하였으며 초음파 처리중에는 수온이 상승하기 때문에 냉동기를 가동하여 처리조의 수온을 일정하게 유지하도록 하였다.

처리수의 온도와 처리시간은 공히 상추의 경우 4℃에서 10분, 사과의 경우 4℃에서 30분, 토마토의 경우 4℃에서 15분간 행하였다.

수돗물에 의한 세정은 수조에 피처리물을 담고 수돗물을 계속 공급하면서 피처리물을 처리하였다.

## 나. 저장

세정 처리가 끝난 시료는 손으로 상추를 잡고 20회 반복 탈수하여 상추는 30 $\mu$ m PP 포장대( 200mmW×350mmL)에 15매씩 넣은 다음 포장대의 상부를 접어(folded loosely) 세운 채로 5℃ 저장고에 저장하였다. 이 때 상추 표면에 남아 있는 수분에 의한 포장재 내의 결로에 의한 상추의 선도 저하(젓물럼등)를 막기 위해 포장대 하부에 멸균된 탈지면을 넣어 잉여 수분을 흡수시키도록 하였다. 토마토와 사과는 세정후 멸균된 가아제로 표면의 물기를 제거한 다음 polystyrene tray에 2개씩 담아 PVC wrapping하여 10℃에 저장하였다.

## 다. 분석 및 계측

### (1) 미생물 측정

미생물 분석을 위하여 잎상추와 토마토는 전체를, 사과는 껍질을 벗겨 시료로 취하여 균질화시켰다. 그다음 균질화된 시료 100g을 취하여 450ml의 Peptone water와 함께 살균된 warring blender로 10분간 균질화시켰다. 균질화시킨 시료는 필요에 따라 적당히 희석하여 pouring culture method에 의하여 균수를 측정하였으며, 이 때 사용된 배지는 일반세균 측정용으로는 plate count agar(PCA), 효모 및 곰팡이 측정용으로는 potato dextrose agar(PDA)을 사용하였다. PCA 배지는 37℃에서 48시간 배양하고, PDA배지는 20℃에서 72시간 배양시킨 후 균수를 측정하였다. 이 때 미생물 실험에 사용된 기구 및 용기는 모두 고압멸균기로 멸균 후 사용하였다.

### (2) 표면색택의 측정

표면색택은 CHROMA METER(CR-200, MINOLTA, JAPAN)를 이용하여 측정하였으며 Hunter L, a 및 b로 표시하였으며 이 때 표준 백색판의 L=97.75, a = -0.49, b=+1.96이었다. 이 때 상추는 포장대의 15매 상추에 대하여 잎의 중앙잎맥을 중심으로 끝에서 1cm 안쪽 부위, 그리고 5cm 안쪽 부위를 중심으로 좌우측 잎가장자리로부터 1cm 안쪽 부위에 대하여 3점을 측정하였다. 사과와 토마토는 매 분석시

마다 6개의 사과에 대하여 상부 중심으로부터 2cm 떨어진 지점에 대하여 각 사과에 대하여 네 방향에서 측정하였고 모든 분석은 3회 반복 시행하였다.

### (3) 호흡속도

김 등(1994)이 행한 바와 같이 특별히 제작한 기밀이 유지된 아크릴 용기(체적 ; 30,000cm<sup>3</sup>)에 시료(토마토 1.0~1.2kg, 사과 1.2~1.4kg, 잎상추 200~220g)를 넣고 2시간 간격으로 24시간 동안 headspace의 가스를 0.2ml 채취하여 단위 시간에 있어서 탄산가스 농도를 GC(Shimadzu GC-15A, Japan)로 분석한 다음 정상적인 호흡상태를 나타낸 구간(직선화 구간)의 값을 regression하여 기울기로부터 구하였다. 아래식에서 CO<sub>2</sub> %는 GC로 분석한 headspace 가스의 농도를 단위시간의 값으로 환산한 수치이다.

$$Respiration\ rate(ml/kg/h) = \frac{CO_2\ \%}{100} \times \frac{chamber\ volume,\ cm^3}{sample\ weight,\ kg}$$

Table 6-1 Operation condition for GC analysis of CO<sub>2</sub>

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| Column               | Alltech CTR- I |
| Carrier gas          | Helium         |
| Detector             | TCD            |
| Oven temperature     | 35℃            |
| Detector temperature | 60℃            |
| Injector temperature | 60℃            |

### (4) 경도의 측정

저장기간중 사과와 토마토의 경도 변화는 Texture Analyzer(TA-XT-2, Stable Micro System, England)를 이용하여 분석하였으며 분석 조건은 아래 표와 같다. 이 때 경도의 측정 부위는 사과와 토마토를 옆으로 놓은 다음 중간 부위를 90° 씩

회전하면서 측정하였다.

Table 6-2 Conditions for texture property analysis of tomato and apple

| item            | condition     |
|-----------------|---------------|
| probe           | Ø 5 mm        |
| force threshold | 20.0g         |
| graph type      | force vs time |
| test speed      | 0.5 mm/sec    |
| test distance   | 10.0 mm       |
| force unit      | gram          |
| distance format | mm            |

(5) 관능검사

관능검사는 미리 훈련된 5인의 패널요원에 의해 아래 표에 의거하여 5단계 평점 범으로 행하였다.



표 6-3 관능검사 기준

| Score |            | 잎상추                                     | 토마토   | 사과                                      |
|-------|------------|---|---|---|
| 5     | very fresh | 수확직후의 상태                                | 수확직후의 상태                                      | 수확직후의 상태                                |
| 4     | fresh      | 선도저하의 징후가 보이기 시작(깃물림, 줄기 하단부 절단면의 갈변 등) | 선도변화 징후가 나타나기 시작(표피색의 적색화, 조직의 연화, 곰팡이 발생 등)  | 선도저하 징후가 나타나기 시작 (변색, 향, 조직감, 맛 등)      |
| 3     | good       | 선도 저하는 인지할 수 있으나 판매는 가능한 상태             | 선도 저하는 인지할 수 있으나 판매는 가능한 상태                   | 선도 저하는 인지할 수 있으나 판매는 가능한 상태             |
| 2     | fair       | 몇 개의 부패잎을 제거하면 식용도 가능하나 판매는 불가능함.       | 표피의 적색화와 조직 연화가 많이 진행되어 판매는 어려우나 식용에는 영향이 없음. | 고유의 조직감이 감소하고, 향과 맛에 차이가 있으나 식용은 가능한 상태 |
| 1     | poor       | 식용이 불가능한 상태                             | 식용이 불가능한 상태                                   | 식용이 불가능한 상태                             |

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 상 추

잎상추는 옛날부터 상추쌈을 비롯하여 여러 형태로 식용되어 왔지만 그 중 생식 형태의 쌈이 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 생식하였을 때 잎상추는 토양에서 유래한 각종 이물질, 농약은 물론 각종 오염원 등을 제거하는 것이 필수적인데 가장 쉽고 보편화된 방법이 물에 씻는 방법이다. 따라서 본 연구에서는 식용전의 필수 공정인 세정과정에 있어서 단순한 이물질 제거뿐만 아니라 토양을 비롯한 주변환경으로부터 유래한 미생물 등을 함께 제거시킴으로서 좀더 청결한 상태의 유통을 기하고자 하였다.

따라서 세정과 hydrocooling의 효과를 기하면서 오염 미생물에 대한 제균 및 살균 효과를 부여하기 위하여 처리수에 오존가스와 active chlorine을 용해시켜 살균 효과를 높이고자 하였다. 또 초음파의 세정 기능을 채용하기 위하여 처리조 하부에 초음파를 발생하는 진동판을 설치하여 보조 효과를 얻고자 하였다.

표 6-4는 세정 방법과 조건을 달리하여 세정한 상추의 저장중 미생물 변화를 조사한 결과이다. 표에서 보면 세정 직후 미생물의 수를 보면 수확후 즉 세정전에 총균수  $8.5 \times 10^5$  cfu/g, 효모 및 곰팡이  $1.2 \times 10^4$  cfu/g을 나타냈으며 수돗물에 세정하였을 때 총균수  $7.9 \times 10^4$  cfu/g, 효모 및 곰팡이  $1.0 \times 10^3$  cfu/g, 100ppm 염소수로 세정하였을 때 총균수  $8.3 \times 10^3$  cfu/g, 효모 및 곰팡이  $1.7 \times 10^2$  cfu/g, 초음파로 세정하였을 때 총균수  $1.1 \times 10^5$  cfu/g, 효모 및 곰팡이  $3.3 \times 10^3$  cfu/g, 1.0ppm 오존수로 세정하였을 때 총균수  $1.4 \times 10^4$  cfu/g, 효모 및 곰팡이  $3.1 \times 10^2$  cfu/g을 나타내었다. 이들 결과를 보면 수돗물로 세정함으로써 오염 미생물을 1 log cycle 가까이 감소시킬 수 있었는데 이는 흐르는 수돗물에 세정한 경우 상추 표면의 이물질이 대부분 제거되도록 세정하기 때문에 이 과정에서 흙이나 먼지와 같은 이물질에 함께 붙어 있던 미생물도 동시에 제거되어지는 효과가 있는 것으로 여겨졌다. 여러 처리방법중 100ppm 염소수를 사용한 경우 미생물 감소효과가 가장 좋았으며 다음이 1.0ppm 오존수를 사용한 처리로 이들 두 처리에 의해서는 초기 미생물 수를 거의 98% 이상

Table 6-4 Changes in microbial population of leafy lettuce during storage at 5°C  
( unit : cfu/g)

| Micro-organism | Treat-ment       | Storage period (day) |                   |                   |                   |                   |                   |
|----------------|------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                |                  | initial              | 3                 | 6                 | 9                 | 12                | 15                |
| Total aerobes  | CO <sup>1)</sup> | $8.5 \times 10^5$    | $1.3 \times 10^6$ | $4.8 \times 10^6$ | $7.9 \times 10^6$ | $1.2 \times 10^7$ | $3.6 \times 10^7$ |
|                | WO <sup>2)</sup> | $7.9 \times 10^4$    | $1.5 \times 10^5$ | $3.6 \times 10^6$ | $7.6 \times 10^6$ | $8.8 \times 10^6$ | $3.8 \times 10^7$ |
|                | CL <sup>3)</sup> | $8.3 \times 10^3$    | $6.4 \times 10^4$ | $3.9 \times 10^5$ | $5.9 \times 10^5$ | $9.7 \times 10^5$ | $6.7 \times 10^6$ |
|                | US <sup>4)</sup> | $1.1 \times 10^5$    | $9.1 \times 10^5$ | $4.5 \times 10^6$ | $9.2 \times 10^6$ | $9.2 \times 10^6$ | $4.2 \times 10^7$ |
|                | OZ <sup>5)</sup> | $1.4 \times 10^4$    | $2.3 \times 10^5$ | $4.2 \times 10^5$ | $7.2 \times 10^5$ | $1.9 \times 10^6$ | $8.9 \times 10^6$ |
| Yeast & molds  | CO               | $1.2 \times 10^4$    | $5.0 \times 10^4$ | $1.2 \times 10^5$ | $5.3 \times 10^5$ | $7.6 \times 10^5$ | $2.3 \times 10^6$ |
|                | WO               | $1.0 \times 10^3$    | $3.4 \times 10^4$ | $6.3 \times 10^4$ | $4.9 \times 10^5$ | $2.1 \times 10^6$ | $3.4 \times 10^6$ |
|                | CL               | $1.7 \times 10^2$    | $8.4 \times 10^2$ | $2.7 \times 10^3$ | $1.4 \times 10^4$ | $9.5 \times 10^4$ | $2.5 \times 10^5$ |
|                | US               | $3.3 \times 10^3$    | $4.2 \times 10^4$ | $9.8 \times 10^4$ | $5.5 \times 10^5$ | $1.6 \times 10^6$ | $4.6 \times 10^6$ |
|                | OZ               | $3.1 \times 10^2$    | $9.9 \times 10^2$ | $7.5 \times 10^3$ | $6.2 \times 10^4$ | $1.3 \times 10^5$ | $4.3 \times 10^5$ |

1) control, 2) washing by 14°C tap water for 10min, 3) washing by 4°C/ 100ppm chlorinated water for 15min, 4) washing by ultrasonic wave into 4°C water for 15 min, 5) washing by 4°C/1.0 ppm ozonated water for 15 min.

줄일 수가 있었다. 그러나 초음파에 의한 세정에 있어 미생물 제거 효과는 대부분 세정에 의한 제균 기능인데 여기서 보면 그 효과가 수돗물에 의한 세정처리보다 오히려 낮았는데 처리조에 상추를 투입하고 초음파를 조사하여도 상추가 서로 겹쳐 있어 초음파 조사에 대하여 방해판 역할을 하기 때문에 상부의 상추는 초음파에 의한 처리가 충분치 못하기 때문으로 여겨졌다. 세정처리한 상추를 탈수하여 플라스틱 필름에 포장하여 일반 대기조건하에서 5℃에 저장하였을 때 미생물수의 변화를 보면 표에서 보는 바와 같이 저장 전과정을 통하여 증가하였는데 저장 15일 후에는 초기에 비하여 2~3 log cycle 정도 증가하였다. 그리고 표에서 보면 초기 미생물수가 적을수록 저장기간중 낮은 미생물수를 보였음을 알 수 있었다. 그러나 단순히 수돗물에 세정한 상추와 초음파에 의해 세정한 상추의 경우는 저장 후기에 들어서면서 미생물 수가 대조구에 비하여 높은 값을 나타내었는데 이는 두처리구가 대조구에 비하여 표면 수분 함량이 많은 관계로 미생물의 생육에 더 좋은 여건을 갖추었기 때문으로 생각되었다. 이러한 현상은 전반적으로 15일간 저장하는 동안 세정처리한 상추의 경우 상대적인 미생물 증가가 높은데서도 알 수 있다.

저장기간중 상추의 표면 색택은 Hunter L, a 및 b에 의하여 측정하였을 때 표 6-5와 같았다. 표에서 보면 저장중 L 값은 초기의 43.49에서 15일후 49.79~51.35를 나타내어 전반적으로 증가하는 경향을 보였으나 처리구간에 큰 차이는 없었다. 저장기간중 L 값의 증가는 상추 표면의 클로필의 감소와 수분이 감소함에 따라 투명도가 증가하여 나타난 것으로 여겨졌다. a값의 경우는 클로로필의 파괴에 따른 녹색의 감소에도 불구하고 계속 음(negative)의 증가를 보였는데 이는 저장 초기에 잎의 표면에 묻어 있었거나 응축된 수분에 의하여 잎이 짓물림등과 같은 현상이 진행되어 이러한 결과를 보인 것으로 나타났으며 처리구간의 차이는 거의 없었다. b값의 경우는 노화작용의 결과 일어나는 황화현상과 관계가 있는데 저장기간중 큰 증가를 보였다. 표에서 보면 대조구의 경우 초기에는 세정처리구보다 더 큰 증가를 보이거나 시간이 경과함에 따라 비슷한 결과를 보였는데 이는 대조구의 경우 초기에는 포장내의 상대습도가 낮아 선도유지에 적합하지 않으나 장기간 저장할 때는 표면의 수분활성이 낮아 반대 효과가 나타나기 때문으로 여겨졌다. 전반적으로 표면 색택은 15일간 저장하는 동안 처리구간에 크게 차이를 보이지는 않았다.

Table 6-5 Changes in L, a and b-values of leafy lettuce during storage at 5°C

| Hunter color | Treatment        | Storage period (day) |        |        |        |        |        |
|--------------|------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|              |                  | initial              | 3      | 6      | 9      | 12     | 15     |
| L            | CO <sup>1)</sup> | 43.49                | 43.78  | 50.00  | 50.17  | 50.35  | 50.98  |
|              | WO <sup>2)</sup> | -                    | 44.50  | 45.91  | 47.48  | 48.23  | 49.79  |
|              | CL <sup>3)</sup> | -                    | 43.42  | 44.97  | 48.56  | 50.38  | 50.66  |
|              | US <sup>4)</sup> | -                    | 44.99  | 46.12  | 49.39  | 51.16  | 51.35  |
|              | OZ <sup>5)</sup> | -                    | 43.96  | 45.86  | 47.58  | 50.21  | 50.39  |
| a            | CO               | -19.79               | -19.84 | -22.14 | -21.07 | -20.49 | -20.99 |
|              | WO               | -                    | -19.67 | -20.76 | -20.93 | -21.11 | -21.43 |
|              | CL               | -                    | -20.44 | -20.66 | -21.04 | -21.24 | -21.82 |
|              | US               | -                    | -21.17 | -21.35 | -21.84 | -21.30 | -21.49 |
|              | OZ               | -                    | -20.88 | -21.32 | -21.03 | -21.19 | -21.98 |
| b            | CO               | 28.42                | 30.67  | 36.14  | 36.93  | 37.24  | 40.27  |
|              | WO               | -                    | 28.27  | 33.61  | 35.85  | 38.44  | 39.42  |
|              | CL               | -                    | 29.85  | 32.05  | 35.11  | 39.43  | 38.94  |
|              | US               | -                    | 32.65  | 33.76  | 36.22  | 40.09  | 40.05  |
|              | OZ               | -                    | 31.05  | 32.96  | 35.26  | 39.96  | 39.35  |

<sup>1)</sup> control, <sup>2)</sup> washing by 14°C tap water for 10min, <sup>3)</sup> washing by 4°C/ 100ppm chlorinated water for 15min, <sup>4)</sup> washing by ultrasonic wave into 4°C water for 15 min, <sup>5)</sup> washing by 4°C/1.0 ppm ozonated water for 15 min.

상추의 호흡속도는 표 6-6에서 보는바와 같이 세정전에 17.71 CO<sub>2</sub> ml/kg/h였으며 세정 처리후 수돗물에 세정한 경우 16.28ml/kg/h, 염소수에 세정한 경우 17.56ml/kg/h, 초음파 세정한 경우 18.47ml/kg/h, 오존수로 세정한 경우 18.27ml/kg/h을 나타내었다. 이들 결과에서 본 바와 같이 세정 처리 조작에 의해 호흡속도가 전반적으로 증가 현상을 보였는데 초음파 처리에 의한 경우 특히 그 증가폭이 컸다. 그러나 수돗물로 세정한 경우는 호흡속도가 오히려 감소하는 현상을 보였다. 이는 수돗물로 세정한 경우 수돗물의 온도가 14℃로 상추의 세정전 온도보다 약간 낮아 단지 온도 차이에 의한 호흡속도 감소만 보인 것으로 보이며 다른 처리구는 4℃에서 처리하였기 때문에 cold shock에 의하여 호흡작용이 영향을 받은 것으로 여겨졌다. 그리고 대조구의 경우 호흡속도가 증가하다가 감소하는 경향을 보이는데 이는 선도가 저하하면서 일시적으로 호흡속도가 증가하다가 감소하는 효과인 것으로 여겨진다.

저장기간중 상추는 깃물립 현상과 같은 바람직하지 못한 현상이 진행되어 식용불가능한 상태로 변하게 되는데 특별히 곰팡이 등에 의한 영향은 외관적으로 찾아보기 어려우며 대부분이 응축수에 의하거나 물리적 손상이 계속 진행되어서 일어나는 것이다. 저장기간중 부패율은 표 6-7에서 볼 수 있듯이 수돗물로 세정한 경우 가장 높았는데 이는 표면의 수분활성이 높은 관계이며 상대적으로 대조구는 표면이 건조하여 부패는 억제되는 효과를 가져왔다. 따라서 단기간의 유통에는 고습도 환경이 유리하나 장기저장시에는 미생물의 생육이나 부패 진행에 있어서 반대의 효과를 가져오게 되는 것으로 여겨진다.

전반적인 신선도는 표 6-8에서 본 바와 같다. 저장 초기에는 세정 처리한 상추가 주위의 상대습도와 온도조건이 적합한 관계로 선도유지가 잘되나 시간이 지남에 따라 대조구가 오히려 선도저하가 더 억제되는 결과를 나왔다. 표에서 보면 상추의 경우 5℃에서 유통시킬 경우 10일 정도가 적절한 shelf-life인 것으로 나타났으며 특히 저장기간중 품질에 영향을 미치는 요인으로는 절단면의 갈변 현상으로 이러한 현상은 대조구의 경우 훨씬 진행이 느렸는데 세정 처리하여 유통시킨 경우 이 문제를 해결할 필요가 있는 것으로 여겨졌다.

Table 6-6 Changes in respiration rate of leafy lettuce during storage at 5°C

( unit ; CO<sub>2</sub> ml/kg/h )

| Treat-<br>ment   | Storage period (day) |       |       |       |       |       |
|------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  | initial              | 3     | 6     | 9     | 12    | 15    |
| CO <sup>1)</sup> | 17.71                | 15.73 | 21.08 | 20.26 | 19.73 | 17.24 |
| WO <sup>2)</sup> | 16.28                | 13.47 | 16.12 | 15.65 | 13.99 | 13.97 |
| CL <sup>3)</sup> | 17.56                | 14.48 | 17.99 | 16.83 | 16.99 | 15.12 |
| US <sup>4)</sup> | 18.47                | 16.26 | 19.32 | 17.46 | 17.02 | 15.37 |
| OZ <sup>5)</sup> | 18.27                | 15.83 | 19.18 | 17.49 | 16.98 | 16.03 |

<sup>1)</sup> control, <sup>2)</sup> washing by 14°C tap water for 10min, <sup>3)</sup> washing by 4°C/ 100ppm chlorinated water for 15min, <sup>4)</sup> washing by ultrasonic wave into 4°C water for 15 min, <sup>5)</sup> washing by 4°C/1.0 ppm ozonated water for 15 min.

Table 6-7 Decaying ratio of leafy lettuce during storage at 5°C

( unit : % )

| Treatment        | Storage period (day) |   |   |     |     |      |
|------------------|----------------------|---|---|-----|-----|------|
|                  | initial              | 3 | 6 | 9   | 12  | 15   |
| CO <sup>1)</sup> | 0                    | 0 | 0 | 0.7 | 3.1 | 6.9  |
| WO <sup>2)</sup> | 0                    | 0 | 0 | 2.5 | 6.2 | 10.8 |
| CL <sup>3)</sup> | 0                    | 0 | 0 | 1.7 | 4.9 | 8.6  |
| US <sup>4)</sup> | 0                    | 0 | 0 | 1.7 | 5.1 | 8.9  |
| OZ <sup>5)</sup> | 0                    | 0 | 0 | 1.7 | 4.9 | 8.6  |

<sup>1)</sup> control, <sup>2)</sup> washing by 14°C tap water for 10min, <sup>3)</sup> washing by 4°C/ 100ppm chlorinated water for 15min, <sup>4)</sup> washing by ultrasonic wave into 4°C water for 15 min, <sup>5)</sup> washing by 4°C/1.0 ppm ozonated water for 15 min.

Table 6-8 Changes in sensory properties of leafy lettuce during storage at 5°C

| Treatment        | Storage period (day) |     |     |     |     |     |
|------------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                  | initial              | 3   | 6   | 9   | 12  | 15  |
| CO <sup>1)</sup> | 5.0                  | 4.0 | 3.5 | 3.2 | 2.7 | 2.3 |
| WO <sup>2)</sup> | 5.0                  | 4.0 | 3.8 | 3.2 | 2.0 | 1.3 |
| CL <sup>3)</sup> | 5.0                  | 4.0 | 4.0 | 3.5 | 2.5 | 1.5 |
| US <sup>4)</sup> | 5.0                  | 4.0 | 4.0 | 3.4 | 2.3 | 1.2 |
| OZ <sup>5)</sup> | 5.0                  | 4.2 | 4.0 | 3.5 | 2.5 | 1.5 |

<sup>1)</sup> control, <sup>2)</sup> washing by 14°C tap water for 10min, <sup>3)</sup> washing by 4°C/ 100ppm chlorinated water for 15min, <sup>4)</sup> washing by ultrasonic wave into 4°C water for 15 min, <sup>5)</sup> washing by 4°C/1.0 ppm ozonated water for 15 min.

## 2. 사 과

요즘은 여러 측면에서 사회적인 변화와 더불어 유통 형태에 있어서 변화가 보이고 있는데 그 중에 하나가 가족 규모가 작아지면서 판매 단위가 작아져 소포장 형태의 유통이 급속히 증가하고 있는 점이다. 슈퍼마켓이나 백화점에서 판매되는 사과와 포장용 2개씩 소포장하여 팔리는 경우가 많게 되는데 여기서는 사과를 소비하기에 편리하게 포장하기전에 먼저 세정하여 표면의 이물질을 제거시킴으로서 구입후 바로 식용할 수 있도록 하고자 하였다. 특히 세정처리를 위하여 여기서는 오존수, 염소수, 초음파 등을 이용하였다.

사과의 세정 처리전 초기 미생물 수는 표 6-9에서 보는바와 같이 총균수가  $7.8 \times 10^4$  cfu/g, 효모 및 곰팡이가  $8.7 \times 10^3$  cfu/g였다 세정처리에 의하여 이들 미생물은 감소를 보였는데 총균수의 경우 오존 처리에 의하여 60%, 염소수에 의하여 75%, 그



Table 6-9 Changes in microbial population of Fuji apple during storage at 10°C  
( unit : cfu/g )

| Microorganism   | Treat-<br>ment   | Storage period (day) |                   |                   |
|-----------------|------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
|                 |                  | initial              | 14                | 28                |
| Total aerobes   | CO <sup>1)</sup> | $7.8 \times 10^4$    | $1.4 \times 10^5$ | $5.8 \times 10^5$ |
|                 | OZ <sup>2)</sup> | $3.2 \times 10^4$    | $9.9 \times 10^4$ | $5.2 \times 10^5$ |
|                 | CL <sup>3)</sup> | $1.9 \times 10^4$    | $7.2 \times 10^4$ | $4.8 \times 10^5$ |
|                 | US <sup>4)</sup> | $4.1 \times 10^4$    | $1.6 \times 10^5$ | $6.1 \times 10^5$ |
| Mold &<br>yeast | CO               | $8.7 \times 10^3$    | $2.2 \times 10^4$ | $5.7 \times 10^4$ |
|                 | OZ               | $4.2 \times 10^3$    | $1.7 \times 10^4$ | $4.2 \times 10^4$ |
|                 | CL               | $2.9 \times 10^3$    | $8.6 \times 10^3$ | $1.9 \times 10^4$ |
|                 | US               | $5.9 \times 10^3$    | $3.1 \times 10^4$ | $6.8 \times 10^4$ |

1) control, 2) washing by 4°C/1.0ppm ozonated water for 30 min 3) washing by 4°C/ 100ppm chlorinated water for 30 min, 4) washing by ultrasonic wave into 4°C water for 30min

리고 초음파세정에 의하여 48%가 제거되었으며 효모 및 곰팡이의 경우도 비슷한 결과를 보였다. 28일간 저장하면서 변화를 보았을 때 총균수와 효모, 곰팡이 모두 1 log cycle 정도 증가하는 경향을 보였으며 처리구간 큰 차이는 보이지 않았으나 염소수로 세정한 경우 가장 증식이 억제되었다.

실험에 사용한 후지사과의 경우 황색과 적색이 함께 과피의 표피색을 나타내고 있으나 이들 색이 저장하면서 점차 퇴색하는 현상이 관찰되었다. 표 6-10과 같이 사과와 초기 표면색택은 세정처리한 경우 표면의 오염물질이 제거되어 대조구에 비하여 더 밝게 나타나 높은 L 값을 나타내었는데, 저장기간중 표면색택의 변화를 보면 처리구에 관계없이 Hunter L 값의 경우 감소하였으며 그 변화폭은 거의 비슷하였다.

한편 적색도를 나타내는 a 값과 황색도를 나타내는 b 값의 경우도 모두 사과와 노

Table 6-10 Changes in L, a and b-values of Fuji apple during storage at 10°C

| Hunter color | Treatment        | Storage period (day) |       |       |       |       |       |
|--------------|------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              |                  | initial              | 7     | 14    | 21    | 28    | 35    |
| L            | CO <sup>1)</sup> | 60.44                | 59.23 | 58.38 | 57.94 | 57.74 | 57.26 |
|              | OZ <sup>2)</sup> | 64.27                | 64.04 | 63.58 | 62.95 | 62.48 | 62.18 |
|              | CL <sup>3)</sup> | 63.38                | 63.24 | 62.75 | 62.08 | 61.74 | 61.33 |
|              | US <sup>4)</sup> | 64.30                | 64.00 | 64.45 | 62.79 | 62.32 | 62.99 |
| a            | CO               | 14.11                | 14.02 | 13.28 | 12.86 | 12.05 | 11.89 |
|              | OZ               | 12.47                | 12.22 | 11.98 | 11.34 | 11.02 | 10.66 |
|              | CL               | 12.23                | 12.09 | 11.86 | 11.18 | 10.98 | 10.58 |
|              | US               | 12.57                | 12.34 | 12.08 | 11.89 | 11.47 | 11.02 |
| b            | CO               | 20.61                | 20.08 | 19.73 | 19.05 | 18.21 | 18.21 |
|              | OZ               | 21.63                | 21.11 | 21.00 | 20.86 | 19.91 | 19.82 |
|              | CL               | 21.31                | 21.11 | 20.94 | 20.23 | 19.40 | 19.27 |
|              | US               | 21.14                | 21.05 | 20.78 | 20.15 | 19.51 | 19.33 |

1) control, 2) washing by 4°C/1.0ppm ozonated water for 30 min 3) washing by 4°C/ 100ppm chlorinated water for 30 min, 4) washing by ultrasonic wave into 4°C water for 30min

화와 함께 저장기간중 감소하였다.

세정 방법에 따른 사과 호흡속도 변화를 표 6-11에 나타내었다. 표에서 보면 사과의 호흡속도는 세정 처리에 의하여 약간의 변화를 보이나 (4.44~5.28 CO<sub>2</sub> ml/kg/h) 처리구별 큰 차이는 없었다. 저장기간중 호흡속도의 변화는 전형적인 climacteric rise 현상을 보였는데 저장 14일째 최고점에 도달하였으며(10.14~12.66 CO<sub>2</sub> ml/kg/h) 그 이후 다시 감소하는 현상을 보였다. 저장기간중 호흡속도는 초기에 가장 높은 값을 보였던 초음파 세정한 사과가 저장 14일 째까지는 상대적으로 더 낮게 나타났으나 그 이후는 다른 처리구와 거의 비슷한 값을 나타내었다.

사과는 고유의 아삭아삭한 조직감이 품질에 큰 영향을 미치는데 texture analyzer로 경도를 측정된 결과 표 6-12와 같이 초기 대조구의 경우 2,910.2g이었다. 저장기간중 조직은 계속 연화되어지는데 경도 역시 계속 감소하였다. 표에서 보면 대조구의 경우 35일후에 2,165.3g, 오존수 세정구의 경우 2,497.7g, 염소수 세정구의 경우 2,337.5g, 초음파 세정구의 경우 2,415.3g을 나타내었다. 이들 결과에 의하면 세정처리한 사과의 경우 대조구에 비하여 경도 변화가 적은 것을 알 수 있었으며 세정처리구간 큰 차이는 찾아보기 어려웠다.

사과의 품질을 조직감, 맛, 외관, 풍미 등을 기준으로 종합 평가하였을 때 10℃에서 35일간 저장하여도 상품성을 유지하였다. 특히 저장후 21일까지는 초기 대조구에 비하여 거의 차이가 없었으며 그 이후 서서히 선도가 저하됨을 알 수 있었고 처리구간 차이는 크게 구별하기 어려웠다.

Table 6-11 Changes in respiration rate of Fuji apple during storage at 10°C  
( unit: CO<sub>2</sub> ml/kg/h )

| Treatment        | Storage period (day) |      |       |      |      |      |
|------------------|----------------------|------|-------|------|------|------|
|                  | initial              | 7    | 14    | 21   | 28   | 35   |
| CO <sup>1)</sup> | 5.06                 | 8.49 | 12.20 | 7.02 | 3.84 | 3.16 |
| OZ <sup>2)</sup> | 4.98                 | 8.89 | 12.66 | 6.93 | 3.77 | 3.28 |
| CL <sup>3)</sup> | 4.44                 | 7.95 | 12.32 | 6.49 | 3.39 | 2.82 |
| US <sup>4)</sup> | 5.28                 | 6.37 | 10.14 | 6.66 | 3.28 | 3.02 |

1) control, 2) washing by 4°C/1.0ppm ozonated water for 30 min 3) washing by 4°C/ 100ppm chlorinated water for 30 min, 4) washing by ultrasonic wave into 4°C water for 30min

Table 6-12 Changes in hardness of Fuji apple during storage at 10°C  
( unit : g )

| Treatment        | Storage period (day) |         |         |         |         |         |
|------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                  | initial              | 7       | 14      | 21      | 28      | 35      |
| CO <sup>1)</sup> | 2,910.2              | 2,682.5 | 2,434.2 | 2,207.5 | 2,187.6 | 2,165.3 |
| OZ <sup>2)</sup> | 2,910.2              | 2,846.3 | 2,738.8 | 2,699.4 | 2,661.3 | 2,497.7 |
| CL <sup>3)</sup> | 2,910.2              | 2,795.4 | 2,648.1 | 2,594.6 | 2,441.8 | 2,337.5 |
| US <sup>4)</sup> | 2,910.2              | 2,824.3 | 2,689.9 | 2,639.1 | 2,565.0 | 2,415.3 |

1) control 2) Dip into 4°C ozone water for 30 min 3) Dip for 30 min into 4°C/ 100ppm chlorinated water 4) washing by ultrasonic wave into 4°C water for 30min

Table 6-13 Changes in sensory properties of Fuji apple during storage at 10°C

| Treat-<br>ment   | Storage period (day) |     |     |     |     |     |
|------------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                  | initial              | 7   | 14  | 21  | 28  | 35  |
| CO <sup>1)</sup> | 5.0                  | 5.0 | 4.5 | 4.0 | 3.5 | 3.3 |
| OZ <sup>2)</sup> | 5.0                  | 5.0 | 4.5 | 4.2 | 3.7 | 3.5 |
| CL <sup>3)</sup> | 5.0                  | 5.0 | 4.5 | 4.0 | 3.5 | 3.4 |
| US <sup>4)</sup> | 5.0                  | 5.0 | 4.5 | 4.2 | 3.7 | 3.5 |

1) control, 2) washing by 4°C/1.0ppm ozonated water for 30 min 3) wasing by 4°C/ 100ppm chlorinated water for 30 min, 4) washing by ultrasonic wave into 4 °C water for 30min

### 3. 토 마 토

토마토는 통째로 먹는 과채류로서 수확 당시는 약간 푸른색의 것을 수확하여 유통 과정에서 붉은색으로 후숙되어지는 climacteric rise형이다. 따라서 토마토의 경우 전체를 식용하기 때문에 표면 오염원 제거가 중요하며, 또 요즘 핵가족화 형태에서 소포장 유통의 편의성에도 부응 할 수도 있어 사과와 같이 세정처리하여 두 개씩 소포장하여 유통실험을 행하였다.

토마토의 초기 미생물 오염 정도를 보면 표 6-14와 같이 총균수의 경우  $3.6 \times 10^5$  cfu/g, 효모 및 곰팡이의 경우  $3.2 \times 10^3$  cfu/g으로 나타났다. 세정 처리에 의한 효과를 보면 오존수 세정의 경우 총균수  $6.9 \times 10^4$  cfu/g, 효모 및 곰팡이의 경우  $1.4 \times 10^3$  cfu/g, 염소수 세정의 경우 총균수  $2.0 \times 10^4$  cfu/g, 효모 및 곰팡이  $3.5 \times 10^2$  cfu/g, 초음파 세정의 경우 총균수  $2.8 \times 10^5$  cfu/g, 효모 및 곰팡이  $2.1 \times 10^3$  cfu/g로 나타났다. 10℃에 저장하면서 미생물수의 변화를 보았을 때 20일후에 총균수의 경우 약 2 log cycle 정도 증가하였으며 효모 및 곰팡이의 경우는 1 log cycle 정도 증가하였는데 염소수 세정한 사과의 경우 미생물 수가 가장 낮게 나타났다.

저장기간중 전술한 바와 같이 토마토는 녹색에서 빨간색으로 표면 색이 변하게 되는데 Hunter value로 나타내었을 때 표 6-15와 같이 L 값과 b값은 감소하였으며 a 값은 크게 증가하는 경향을 나타내었다. 특히 a 값의 증가는 토마토가 숙성되면서 일어나는 적색화로 대조구의 경우 가장 변화가 컸으며 세정처리한 토마토의 경우 낮게 나타났는데 오존수로 세정한 경우가 상대적으로 가장 느리게 증가하였다. 세정처리구가 a값 증가가 적은 것은 세정 과정에서 냉각이 일어나 상대적으로 대사작용이 억제되어졌기 때문으로 느껴졌다.

토마토의 호흡속도는 전형적인 climacteric rise 현상을 보였는데 표 6-16과 같이 초기의 7.73~8.96 CO<sub>2</sub> ml/kg/h에서 저장 5일째 가장 높은 값(10.84~13.05 CO<sub>2</sub> ml/kg/h)을 보이다가 그 이후 감소하였다. 토마토의 경우 세정처리에 의하여 호흡속도가 약간 낮아졌으나 처리구간에 큰 차이는 보이지 않았다.

토마토의 조직감은 Texture analyzer로 측정하였을 때 경도는 표 6-17과 같이 초기에 1,832.4g이었으며 저장기간중 계속 감소하였다 (779.3 ~ 924.5g). 저장기간중

Table 6-14 Changes in microbial population of tomato during storage at 10°C  
( unit : cfu/g )

| Microorganism | Treat-<br>ment   | Storage period (day) |                   |                   |
|---------------|------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
|               |                  | initial              | 10                | 20                |
| Total aerobes | CO <sup>1)</sup> | $3.6 \times 10^5$    | $6.5 \times 10^6$ | $3.6 \times 10^7$ |
|               | OZ <sup>2)</sup> | $6.9 \times 10^4$    | $4.7 \times 10^6$ | $5.4 \times 10^7$ |
|               | CL <sup>3)</sup> | $2.0 \times 10^4$    | $8.9 \times 10^5$ | $5.6 \times 10^6$ |
|               | US <sup>4)</sup> | $2.8 \times 10^5$    | $7.1 \times 10^6$ | $4.5 \times 10^7$ |
| Yeast & molds | CO               | $3.2 \times 10^3$    | $7.9 \times 10^3$ | $2.1 \times 10^4$ |
|               | OZ               | $1.4 \times 10^3$    | $5.8 \times 10^3$ | $1.8 \times 10^4$ |
|               | CL               | $3.5 \times 10^2$    | $1.2 \times 10^3$ | $9.9 \times 10^3$ |
|               | US               | $2.1 \times 10^3$    | $8.0 \times 10^3$ | $2.8 \times 10^4$ |

1) control, 2) washing by 4°C/1.0ppm ozonated water for 15 min 3) wasing by 4°C/ 100ppm chlorinated water for 15 min, 4) washing by ultrasonic wave into 4°C water for 15 min

Table 6-15 Changes in L, a and b-values of tomato during storage at 10°C

| Hunter color | Treat-ment       | Storage period (day) |       |       |       |       |       |
|--------------|------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              |                  | initial              | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    |
| L            | CO <sup>1)</sup> | 55.48                | 53.10 | 50.22 | 44.67 | 43.29 | 40.74 |
|              | OZ <sup>2)</sup> | -                    | 55.59 | 52.19 | 50.20 | 47.29 | 43.22 |
|              | CL <sup>3)</sup> | -                    | 52.17 | 51.48 | 46.80 | 45.39 | 42.17 |
|              | US <sup>4)</sup> | -                    | 54.18 | 52.04 | 48.65 | 46.77 | 43.05 |
| a            | CO               | -9.82                | 8.46  | 13.56 | 22.59 | 28.37 | 32.16 |
|              | OZ               | -                    | 4.41  | 11.46 | 17.58 | 25.22 | 28.64 |
|              | CL               | -                    | 10.90 | 12.98 | 21.92 | 27.38 | 30.55 |
|              | US               | -                    | 11.39 | 11.84 | 18.12 | 26.03 | 29.47 |
| b            | CO               | 28.03                | 20.10 | 17.34 | 13.51 | 12.61 | 10.42 |
|              | OZ               | -                    | 22.57 | 20.43 | 17.92 | 15.34 | 13.28 |
|              | CL               | -                    | 20.27 | 19.34 | 16.74 | 14.59 | 12.80 |
|              | US               | -                    | 20.32 | 18.89 | 15.36 | 14.11 | 12.34 |

<sup>1)</sup> control, <sup>2)</sup> washing by 4°C/1.0ppm ozonated water for 15 min <sup>3)</sup> wasing by 4°C/ 100ppm chlorinated water for 15 min, <sup>4)</sup> washing by ultrasonic wave into 4 °C water for 15 min



Table 6-16 Changes in respiration rate of tomato during storage at 10°C  
( unit : CO<sub>2</sub> ml/kg/h )

| Treat-<br>ment   | Storage period (day) |       |      |      |      |      |
|------------------|----------------------|-------|------|------|------|------|
|                  | initial              | 5     | 10   | 15   | 20   | 25   |
| CO <sup>1)</sup> | 8.93                 | 13.05 | 9.45 | 6.02 | 5.55 | 3.41 |
| OZ <sup>2)</sup> | 8.96                 | 12.23 | 8.44 | 6.21 | 5.19 | 3.12 |
| CL <sup>3)</sup> | 8.07                 | 12.23 | 8.37 | 6.08 | 5.06 | 3.09 |
| US <sup>4)</sup> | 7.73                 | 10.84 | 8.52 | 6.62 | 5.11 | 3.10 |

<sup>1)</sup> control, <sup>2)</sup> washing by 4°C/1.0ppm ozonated water for 15 min <sup>3)</sup> wasing by 4°C/ 100ppm chlorinated water for 15 min, <sup>4)</sup> washing by ultrasonic wave into 4°C water for 15 min

Table 6-17 Changes in hardness of tomato during storage at 10°C  
( unit : g )

| Treat-<br>ment   | Storage period (day) |         |         |         |         |       |
|------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|-------|
|                  | initial              | 5       | 10      | 15      | 20      | 25    |
| CO <sup>1)</sup> | 1,832.4              | 1,213.2 | 1,043.2 | 944.3   | 843.7   | 779.3 |
| OZ <sup>2)</sup> | 1,832.4              | 1,283.6 | 1,098.7 | 1,007.5 | 952.6   | 883.4 |
| CL <sup>3)</sup> | 1,832.4              | 1,245.2 | 1,176.2 | 1,109.2 | 1,037.9 | 924.5 |
| US <sup>4)</sup> | 1,832.4              | 1,175.8 | 1,145.6 | 1,052.6 | 1,011.5 | 916.8 |

<sup>1)</sup> control, <sup>2)</sup> washing by 4°C/1.0ppm ozonated water for 15 min <sup>3)</sup> wasing by 4°C/ 100ppm chlorinated water for 15 min, <sup>4)</sup> washing by ultrasonic wave into 4°C water for 15 min

경도 감소는 대조구의 경우가 더 심하였는데 이는 세정처리구의 경우 초기에 세정 과정에서 hydrocooling 효과가 일어나 호흡속도가 억제되어 상대적으로 노화가 지연되었기 때문으로 여겨졌다. 처리구간의 차이를 보면 염소수에 세정한 경우 가장 변화가 적게 나타났으며 다음은 초음파 세정구, 오존수 세정구 순이었다.

처리구간의 신선도 차이는 표 6-18과 같이 저장 10일째까지는 거의 인지하기 어려웠다. 그러나 조직감과 외관등으로 비교하였을 때 15일 이후 선도는 세정처리한 토마토의 경우 대조구에 비하여 상대적으로 높게 나타났으며 세정처리구간의 차이는 찾아보기 어려웠다.

Table 6-18 Changes in sensory properties of tomato during storage at 10°C

| Treatment        | Storage period (day) |     |     |     |     |     |
|------------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                  | initial              | 5   | 10  | 15  | 20  | 25  |
| CO <sup>1)</sup> | 5.0                  | 4.5 | 4.0 | 3.0 | 2.2 | 1.5 |
| OZ <sup>2)</sup> | 5.0                  | 4.5 | 4.0 | 3.5 | 2.8 | 2.0 |
| CL <sup>3)</sup> | 5.0                  | 4.5 | 4.0 | 3.0 | 2.8 | 2.0 |
| US <sup>4)</sup> | 5.0                  | 4.5 | 4.0 | 3.5 | 2.8 | 2.0 |

<sup>1)</sup> control, <sup>2)</sup> washing by 4°C/1.0ppm ozonated water for 15 min <sup>3)</sup> wasing by 4°C/ 100ppm chlorinated water for 15 min, <sup>4)</sup> washing by ultrasonic wave into 4°C water for 15 min

#### 제 4 절 결론 및 요약

잎상추, 사과, 토마토를 세정,냉각 및 표면살균처리하여 플라스틱 필름에 소포장하여 잎상추는 5℃, 사과와 토마토는 10℃에 저장하면서 신선도 유지 효과를 비교하였다. 세정수로서는 4℃의 1.0 ppm 오존수, 100 ppm 염소수 그리고 초음파와 수돗물을 이용하였다. 세정 처리에 의하여 이들 청과물의 표면 미생물은 90~99% 제거되는 효과를 보였으며 저장기간중 미생물 증가는 상추와 토마토는 2 ~3 log cycle, 사과는 1 log cycle 증가하였는데 세정 처리한 경우 저장 전기간을 통하여 상대적으로 낮은 값을 보였다. 전반적인 신선도 유지 효과 측면에서 볼 때 100ppm 염소수 처리구가 표면살균과 신선도 유지에 가장 좋은 효과를 보였으며 다음이 1.0ppm 오존수 처리한 경우였다. 그리고 이들 세 품목에 있어 shelf-life는 처리 방법에 따라 크게 차이가 없었으나 세정처리한 경우 hydrocooling 효과에 의하여 신선도가 연장되는 결과를 가져왔다.

## 제 7 장 표면오염원 제거기술의 산업화를 위한 방안

### 제 1 절 서 설

최근들어서 변하고 있는 유통 여건은 향후 청과물의 유통을 수확후의 상태를 거의 그대로 보존하면서 안전성을 추구시킬 수 있는 최소로 가공된 형태의 청과물 (fresh-cut/ minimally processed fruit and vegetables)이 소포장되어 유통되는 형태를 취하게 될 것이다. 일부 경제학자들에 의하면 이렇게 가공되어 유통되는 청과물은 향후 5~10년 이내에 총생산량의 25%에 달할 것으로 예상하고 있다. 따라서 최근들어 청과물의 신선도 연장 기술은 minimal processing을 겨냥하여 발전하고 있는 바 구미, 호주, 일본등 유통 선진국가에서는 이 분야에 대한 기술 개발과 산업화가 활발하다.

특히 청과물은 수확 당시 토양 미생물이나 기타 미생물에 오염되어 있으며 유통 및 저장중에 호흡작용과 효소작용에 의한 성분 변화를 필연적으로 수반하게 되어 있는 바 이들을 유통 과정중에 어떻게 최소화시킬 수 있을 것인가가 신선도 유지에 절대적이다.

그러나 가장 중요한 것은 농산물의 신선도를 수확 당시의 상태에 가깝게 그대로 보존하면서 소비자 편의나 유통저장 목적에 부합되게 가공하는 기술이다. 최근들어서 우리나라에서도 농산물에 대한 새로운 유통 기술이 활용되기 시작하여 예냉처리나 세정후 유통시키는 형태 그리고 일부 채소류의 경우 콜드체인 시도는 WTO 출범이래 신 세계 무역체제하에서 우리나라 청과물 유통 방향을 예시한 것으로 볼 수 있다. 궁극적으로는 축산물이나 수산물에 적용되고 있는 콜드체인 시스템이 농산물에도 적극 도입되어야 하는 것이다.

표면오염원제거 기술은 이러한 맥락하에서 궁극적인 목적이 소비자에게 신선한 농산물을 공급하고 아울러 생산자에게도 그에 따른 부가가치를 누릴 수 있게 함으로서 외국 농산물의 유입에 대응하여 우리나라 농업을 경쟁력 있는 산업으로 발전시키는 데 있다고 할 수 있다. 따라서 청과물의 표면 오염원 제거기술은 주변의 다른 신선도 연장 기술과 복합적으로 운영되어지는 것이 효율의 극대화를 기할 수 있다고 본

다. 현재 농림부에서 추진하고 있는 포장센터와 산지청과물종합처리장등에는 청과물의 예냉, 세정 등의 공정을 포함한 전처리, 저장, 가공 및 유통 시설들이 부속시설로서 설치되어지고 있다. 표면살균처리기술을 청과물 유통 분야에 적용하는데 있어서 효율성을 극대화하기 위해서는 이들 시설이 서로 연계하여 유기적인 체계를 갖추어 설치, 운영되는 것이 적절할 것으로 판단되며 따라서 이들 시설의 종합 설치, 운영 계획하에 산업화 방안을 구상하고자 하였다.

## 제 2 절 전처리 공정에 있어서 표면오염원 제거기술의 도입

### 1. 예냉 공정에 있어서 표면오염원 제거기술의 도입

#### 가. 예냉(precooling)

채소나 과일과 같은 청과물은 수확되어 영양 보급을 끊은 후에 있어서도 호흡작용을 계속하게 되며, 수확후의 청과물에 있어서 부패나 건조 등에 의한 변질을 제외하면 영양 성분의 감모나 시들등의 품질 저하의 대부분은 호흡 작용이 원인이 된다. 이 때문에 청과물의 품질을 유지하기 위해서는 호흡 작용을 억제하는 것이 중요하다. 호흡작용은 온도, 습도, 가스환경, 미생물, 빛, 바람과 같은 환경 요인에 좌우되지만 그 중에서도 온도의 영향이 가장 크며 특히 온도의 영향은 T.T.T (Time-Temperature-Tolerance)로써 알려진 바와 같이 이전부터 많은 연구가 진행되어져 왔다. 정상적인 호흡 작용에 있어서는 산소의 존재하에서 당이 분해되고 탄산가스과 물을 생성시킨다. 중요한 것은 이 반응이 발열반응이어서 호흡작용에 의해 발생하는 탄산가스 1g에 대하여 약 2.5kcal의 발열을 일으키고 동시에 약 0.4g의 물이 생성되는 것이다. 따라서 청과물의 품질을 유지하기 위해서는 수확후 빨리 품온을 낮추어 호흡작용을 억제할 필요가 있고 이를 위한 냉각 작용이 예냉(precooling)이다. 예냉은 냉장 저장, 저온수송 등에 앞서서 행해지는 것으로 예냉을 생략하면 저장, 수송등에 있어서 저온 기술을 도입하여도 소정의 온도까지 품온을 저하시키는데 장시

간을 요하고, 때로는 온도 상승을 가져옴으로써 품목에 따라서는 치명적인 품질저하를 가져올 우려가 있다. 온도와 호흡 작용의 관계에 대해서는 많은 연구가 행해졌고 다음식이 잘 알려지고 있다.

$$Q = q_0 \cdot 10^{at}$$

여기서, Q : 호흡속도(CO<sub>2</sub> mg/kg h)

q<sub>0</sub> : 0℃에서의 호흡속도(CO<sub>2</sub> mg/kg h)

t : 농산물의 온도(℃)

a : 상수

즉, 온도의 상승에 따라 호흡속도는 지수함수적으로 상승하고 청과물의 종류에 따라 차이는 있지만 대개 온도가 10℃ 증가할 때마다 호흡속도는 2~4배 증가한다. 농산물의 각 온도대에 있어서의 호흡에 의한 발열량은 많은 청과물에 대해서 밝혀지고 있지만 그 호흡열 때문에 실제 출하 과정에서 농산물의 품온이 어느 정도까지 상승하는가를 측정한 자료는 많지 않다. 수확시 27℃ 전후의 것이 경매 시점에는 41℃ 전후까지 상승하고 있고 예상 이상의 고온이 기록되었다. 게다가 다른 채소에 있어서도 여름철에 있어서 시장 보관중의 경매 직전의 품온을 측정한 경우 비에냉품은 거의 32~40℃ 정도의 고온으로 상승하는 것으로 알려져 있다. 야채가 이와 같은 고온에 있기 때문에 변색, 시들, 육질 열화, 이미, 이취의 발생, 맛이나 영양에 관계하고 있는 성분의 소모등 이와 같은 유통중의 품온 상승에 따른 품질 열화를 방지하기 위해 채소나 과일을 수송하고 저장하기 전에 예냉 처리는 필수불가결한 것이 된다.

위에서 언급한 바와 같이 호흡작용에 의해 생체를 유지하고 있는 채소는 품온이 높아지게 되어 발열량이 커지고 그것이 다시 호흡속도를 빠르게하는 결과 체내 성분의 분해가 가속되고 수분의 증산도 증대된다. 이들 생리작용에 따른 품질의 열화는 저온에 의해 억제되기 때문에 가능한한 빨리 품온을 낮추는 것이 바람직하며, 따라서 초기 품온 강하의 중요성이 크다고 할 수 있겠다.

예냉시설의 도입에 의해 유통 과정중에 변질을 억제하고 산지로서의 신뢰성을 높일 수 있지만 그 외에도 다음과 같은 효과가 기대되어진다.

- (1) 저온유통에 의해 장거리수송이 가능하게 되고 품목의 확대와 함께 판로의 확대가 가능하게 된다.

- (2) 예냉과 보냉의 병용에 의해 단기간의 출하조정이 가능한 등 출하계획을 세우기 쉽다.
- (3) 안정된 유통이 가능하게 되어 가격의 안정과 수익의 증대가 얻어진다.
- (4) 공동시설의 운영에 의해 산지 체제의 강화, 개선에 기여한다.

현재 보편적으로 사용되고 있는 예냉 방식을 냉각매체별로 분류하면 냉각매체로 저온의 공기를 사용하는 공기냉각(air cooling), 공기의 압력이 저하하면 물의 비점이 낮아지는 원리를 이용한 진공냉각(vacuum cooling), 냉각매체로 냉수를 사용하는 냉수냉각(Hydrocooling)으로 나눌 수 있으며 부분적으로 일부 채소에 대해 쇄빙을 채워 냉각하는 빙냉(ice cooling) 방식도 사용되고 있다.

#### 나. 예냉공정에 있어서 표면살균처리기술의 도입

청과물의 예냉공정에 있어서 표면살균 기술 도입은 예냉처리시 공급되는 공기에 오존가스등 표면살균 능력이 있는 가스를 공급하는 방법, 냉수냉각시 냉각수에 오존수를 사용하거나 활성화염소등 살균효과가 있는 살균제나 보존제를 첨가하여 냉각 시킴으로서 초기 오염 정도를 감소시키는 방법 등이 있다. 현재 국내에서도 오존수로 청과물을 세정해 유통하거나 염소수를 사용하는 경우가 있긴 하지만 처리기술이 확립되어 있지 않은 관계로 큰 효과를 보지는 못하고 있다. 그런데 예냉공정에 있어서 표면살균처리 기술의 도입은 청과물의 형태학적 및 물리적 특성에 맞는 방법을 잘 선택하여야 효과를 얻을 수 있다.

이중 공기 예냉 방식에 있어서는 냉각공기의 공급시 자동컨트롤된 오존가스 공급 부로부터 오존가스를 공급하면 피예냉물의 살균과 함께 예냉고 내부의 살균효과도 가져올 수 있어 이중의 효과를 누릴 수 있다. 그러나 이 때 주의할 것은 오존의 경우 일정 농도 이상에서는 인체에 해를 주기 때문에 오존처리중에는 인체의 직접적인 접촉이나 노출을 피하도록 하여야 한다.

냉수냉각공정중의 표면살균처리는 후술하는 '세정공정에 있어서 표면오염원제거기술의 도입' 편에서 자세히 언급하고자 한다.

진공예냉공정주의 표면살균처리는 예냉종료후 진공조내의 압력을 상압으로 복원시킬 때 유입되는 공기에 오존가스나 기타 살균 효과가 있는 가스를 혼합공급하는 방법이 이상적이다. 따라서 예냉공정에 있어서 표면살균기술의 도입은 큰 투자 없이도 간단히 소기의 목적을 달성할 수 있어 앞으로 복합효과를 누릴 수 있는 시설로 발전시켜갈 필요가 있다고 하겠다.

여기서는 차압예냉 공정에 있어서 표면살균처리기술을 도입하여 적용 실험한 결과를 나타내었다.

(1) 차압예냉겸 오존가스살균처리 시스템의 구축

- (가) 기능 : ① 청과물의 신속한 냉각 ( $30^{\circ}\text{C} \rightarrow 2^{\circ}\text{C}$ , 2시간) 처리 기능  
② 냉각(예냉) 과정중 오존가스에 의한 표면살균 기능

- (나) 제원 : ① 규격 :  $1,900^{\text{H}} \times 1,700^{\text{L}} \times 780^{\text{W}}$  mm  
② 챔버 :  $1,000^{\text{H}} \times 1,100^{\text{L}} \times 600^{\text{W}}$  mm  
③ 구성 : 냉각(예냉)처리부, 오존가스공급부, 냉동기기 및 콘트롤부  
④ 온도 :  $-10 \sim 60^{\circ}\text{C}$   
⑤ 정압 :  $0 \sim 20$  mmAq, 최대풍속 : 2CMM  
⑥ 오존가스 농도 : 산소사용시 max. 2,550ppm,  
공기사용시 max. 130ppm

- (다) 특징 : ① 현재 보급되고 있는 차압예냉시스템의 송풍구에 쉽게 부착 설치할 수 있음.  
② 오존가스에 의한 살균 처리중 사과등 에칠렌을 발생시키는 품목에 대하여서는 에칠렌 분해 효과를 기대할 수도 있어 2차적인 신선도 연장 효과가 있음.



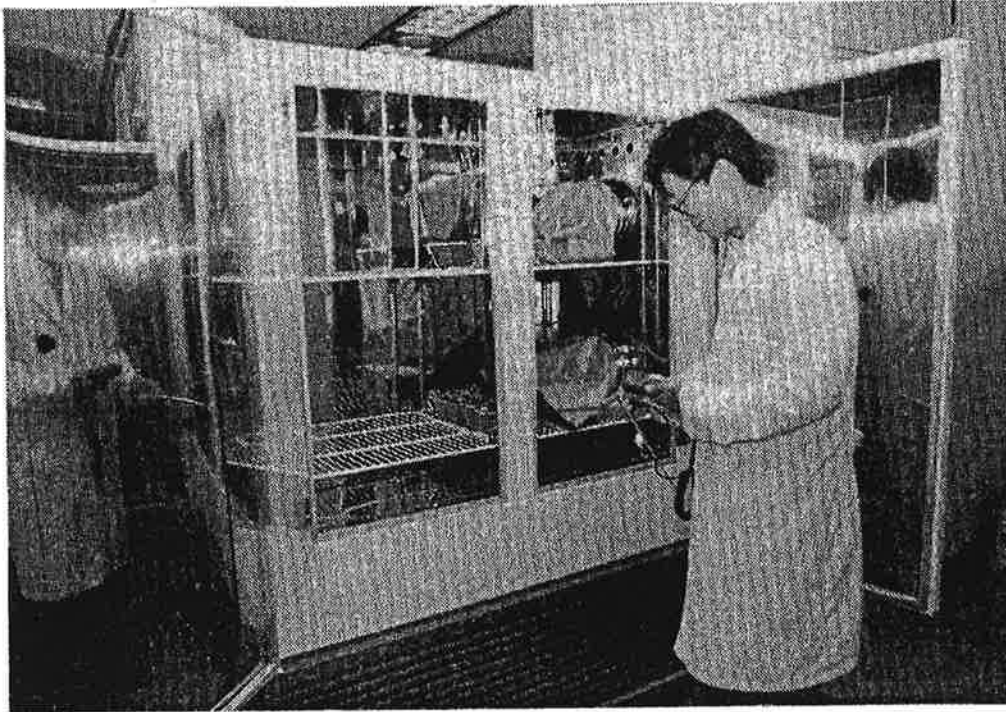


그림 7-1 차압예냉점 오존가스살균처리시스템

#### 다. 예냉과 오존가스처리에 의한 표면살균처리 효과

차압 예냉 공정에 있어서 오존가스를 공급하여 냉각과 함께 살균 효과를 동시에 부여하기 위하여 오존가스를 20~40ppm범위에서 공급하였다. 이 때 냉각 소요시간은 2시간으로 하였으며 그림 7-2에서 보는 바와 같이 딸기는 초기 품온 17℃에서 3℃까지 냉각이 가능하였다. 냉각 과정중 중량 감모율은 0.37~0.57%였으며 냉각과 함께 딸기의 조직이 단단해짐을 느낄 수 있었다. 표 7-1~표7-3에서 알 수 있듯이 딸기의 초기 미생물 오염은 총균수  $3.4 \times 10^3$  cfu/g, 효모 및 곰팡이  $6.2 \times 10^2$  cfu/g, 대장균군  $1.6 \times 10^2$  cfu/g 였으며 2시간 냉각 처리로서 90% 이상 살균 효과가 있었으며, 살균 효과는 오존가스 농도가 증가함에 따라 증가하였다. 저장기간중 미생물 변화를 보면 저장 4일 쯤 총균수의 경우 대조구는  $4.9 \times 10^6$  cfu/g, 오존처리구는  $7.1 \times 10^5$  cfu/g, 효모 및 곰팡이의 경우 대조구가  $5.5 \times 10^5$  cfu/g, 오존 처리구가  $8.7 \times 10^4$

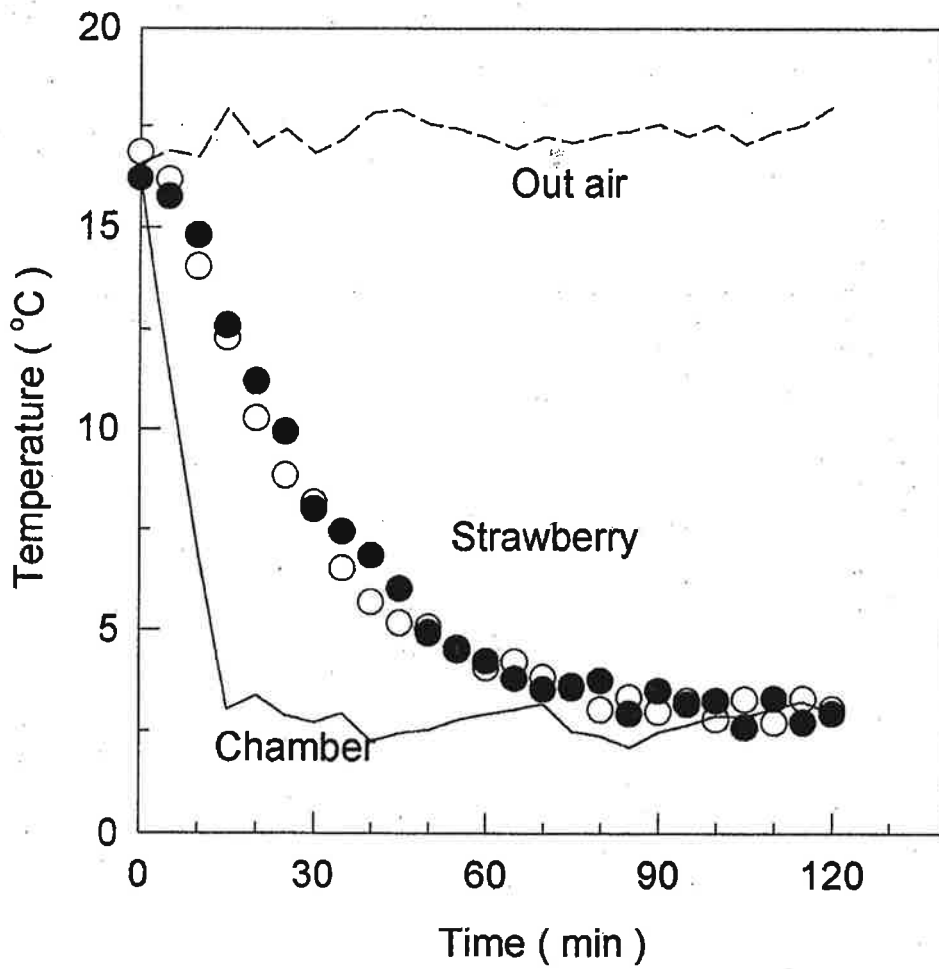


Fig. 7-2 Cooling curve of strawberry in pressure cooling chamber

cfu/g로 오존처리구가 대조구에 비하여 1 log cycle 적게 나타남을 알 수 있었다. 예냉과 오존가스처리를 동시에 행하였을 때 딸기의 신선도는 표7-3에서 알 수 있는 바와 같이 대조구가 10℃에서 3일의 shelf-life를 유지한 반면 오존가스처리 및 예냉처리를 한 경우는 4일의 shelf-life를 보였는데 이들 결과로부터 냉각공정에 오존가스를 도입하여 살균 효과를 부가하면 선도 유지에 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 여겨졌다.

Table 7-1 Changes in microbial population during pressure cooling<sup>1)</sup> with ozone gas

| Ozone concentration (PPM) | Microorganism (cfu) |                   |                   |
|---------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
|                           | Total aerobes       | Yeast and molds   | Coliform group    |
| initial                   | $3.4 \times 10^3$   | $6.2 \times 10^2$ | $1.6 \times 10^2$ |
| 20                        | $4.8 \times 10^2$   | $5.7 \times 10^1$ | $3.7 \times 10^1$ |
| 30                        | $3.1 \times 10^2$   | $4.2 \times 10^1$ | $2.3 \times 10^1$ |
| 40                        | $1.2 \times 10^2$   | $3.3 \times 10^1$ | $1.2 \times 10^1$ |

<sup>1)</sup> treated time : 2 hrs

Table 7-2 Changes in microbial population of strawberry treated by ozone gas<sup>1)</sup> during storage at 10°C

| Treatment           |                 | Storage period (day) |                   |                   |
|---------------------|-----------------|----------------------|-------------------|-------------------|
|                     |                 | 0                    | 2                 | 4                 |
| Control             | Total aerobes   | $3.4 \times 10^3$    | $7.4 \times 10^4$ | $4.9 \times 10^6$ |
|                     | Yeast and molds | $6.2 \times 10^2$    | $4.3 \times 10^3$ | $5.5 \times 10^5$ |
| Ozone <sup>2)</sup> | Total aerobes   | $1.2 \times 10^2$    | $6.6 \times 10^3$ | $7.1 \times 10^5$ |
|                     | Yeast and molds | $3.3 \times 10^1$    | $2.9 \times 10^2$ | $8.7 \times 10^4$ |

<sup>1)</sup> 40 ppm, 2hrs

Table 7-3 Changes in sensory score<sup>1)</sup> of strawberry treated by ozone gas during storage at 10°C

| Treatment           |  | Storage period (day) |     |     |     |     |
|---------------------|--|----------------------|-----|-----|-----|-----|
|                     |  | 0                    | 2   | 3   | 4   | 5   |
| Control             |  | 5.0                  | 3.5 | 3.1 | 2.7 | 1.9 |
| Ozone <sup>2)</sup> |  | 5.0                  | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 2.6 |

<sup>1)</sup> 5 ; very fresh, 4 ; fresh, 3 ; good/marketable, 2 ; fair, 1 ; poor

<sup>2)</sup> 40 ppm, 2 hrs

## 2. 세정 공정에 있어서 표면오염원 제거기술의 도입

### 가. 세정 기술의 필요성

WTO 체제하에서 농산물의 수입개방화 압력이 심화되고 있는 가운데 국내 농산물의 경쟁력 제고를 위한 부가가치 향상과 효율적인 저장 및 유통의 편리성, 구조 개선 등에 관한 대책으로 생산지역에서 농산물 1, 2차 가공산업의 필요성이 크게 대두되고 있다. 이러한 농산물의 가공은 현재 유통 현황인 원형 그대로의 출하, 수송, 판매되는 일련의 유통과정을 적합한 전처리 과정을 거쳐 생산 농산물을 규격화 및 상품화된 형태로 전환시켜 유통 과정 중 선도 및 저장력을 향상시키고, 구매력을 상승시켜 청과물의 부가가치 향상을 꾀 할 수 있으며, 궁극적으로는 생산 농가의 소득 증대에 기여하며 소비자에게 양질의 농산물을 공급할 수 있게 한다.

국내 농산물의 주된 유통 방법 및 형태는 최근들어 조금씩 산지전처리가 이루어지고 있긴 하지만 대부분이 수확된 후 특별한 전처리 과정없이 농산물의 특성에 따라 산물 또는 규격 포장 상자를 이용하여 대부분 원형상태로 도심지에 운반되어진다. 국내 채소의 생산품목 중 생산량이 많은 무, 배추, 파 등의 경우 생산지에서 수확된 원형 그대로인 생물 상태로 대부분 5~6단계의 복잡한 유통단계를 거쳐 생산지에서 소비자에게로 공급되고 있다. 이러한 결과 소비지로 운반된 채소류는 도시의 도매상에서 소매상으로 유통되는 과정에서 많은 농산물의 폐기물과 흙 등 환경 오염 물질을 발생시켜 도시 환경 오염의 주요 원인이 되고 있다. 배추의 경우 원료 폐기물로 인한 소비지에서의 감모율이 20~30% 정도로 매우 심각한 수준에 이르고 있다. 이러한 유통 형태는 도시로의 농산물 폐기물 유입과 외관의 불량 그리고 부적합한 유통조건으로 선도 하락등 상품가치를 저하시키고, 소비자의 구매력을 감소시킴으로 농민의 농가 수취액 감소 현상을 일으키는 주 원인이 되고 있다. 또한 이러한 상품을 구입한 소비자는 집에서 조리시 발생하는 폐기물은 도심지 환경을 오염시키고, 주부의 많은 일손이 필요하게 된다. 따라서 향후 청과물의 유통 형태는 산지 혹은 소비지 근교에서 가공 혹은 소비 직전의 상태로 처리되어 유통되어질 것으로 추정되고 있다. 특히 이러한 과정의 도입에 있어서 세정 공정은 필수적이며 이 때 표

면살균 기술의 도입에 의해 오염 미생물을 감소시키고 신선도를 제고시킬 수 있는 수단을 도모할 필요가 있다고 하겠다.

#### 나. 세정(washing, cleaning) 기술의 현황

세정 방법을 처리 대상 청과물에 따라 크게 구분하여 보면 방법적으로 침지식, 유수조식, 라바디스크식, 회전드럼식, 고압분사식 세정법과 롤러형 브러쉬 형태의 방식이 있다. 전자는 주로 과일 또는 엽채류 등에 이용되며, 후자는 구근류의 세정에 많이 이용되고 있다. 근래에는 이러한 세정기술을 단독으로 사용하기 보다는 복합적으로 사용하는 경우가 많아지고 있다. 세정이란 농산물 자체에 부착된 이물질 즉, 흙, 먼지, 유충, 농약 등의 오염물질을 물 또는 압축공기, 증기 등으로 이물질을 제거하는 것으로 최근의 가장 많이 이용되는 기술은 유수조식과 침지식, 회전 부러쉬식 그리고 고압 분사식 등을 많이 이용하고 있으며, 이와함께 세정 효과를 높이기 위하여 초음파 발생법 및 수조내에 공기를 분사하는 방법이 함께 사용되기도 한다.

##### (1) 롤러형 브러쉬 세정기

주로 구근류 종류의 야채 세정에 많이 이용되고 있다. 엽채류나 과피가 연약한 과일 종류는 세정시 부러쉬 등에 의해 손상을 받기 쉬워 감자, 고구마, 당근, 무 등에 널리 사용된다. 일반적으로 롤러형 브러쉬는 장방형의 세척 용기에 길이 방향을 축으로 한 2~5개 정도의 롤러형 브러쉬를 부착하여 브러쉬의 회전에 의해 세정하는 기계이다. 롤러형 부러쉬 세정기는 일반적으로 횡측의 배출구를 닫고 한번에 청과물을 투입하여 일정 시간 세정 후 배출구를 열어 청과물을 배출한다. 세정 대상에 따라 세척 브러쉬의 근경 및 재질을 선정하여야 한다. 한 예로써 감자의 세정기는 주로 회전식 세정 방법으로 다음 공정인 마쇄기로 세정된 원료를 상부에서 공급될 수 있도록 일반적으로 높은 장소에 설치한다. 따라서 세정기로의 원료운반에는 스크류 컨베이어를 흔히 사용한다. 주로 보급되고 있는 기계규격은 처리용량 및 설치장소에 따라 다소 차이는 있으나 일반적으로 폭은 400~900, 길이는 600~1,800, 높이는 800~1,300mm의 크기를 보인다. 사용 동력은 처리용량에 따라 0.75~1.50kw 사이를 사

용한다. 기계 재질은 식품을 다루고 물을 사용하는 관계로 모두 스테인레스를 사용하고 있다. 처리용량은 원료 상태, 세정 정도 그리고 제작회사에 따라 다소 차이는 있으나 시간당 500~1,300kg정도를 처리 할 수있다. 이들 제품은 대체로 처리능력이 작아 가격은 국내 제품은 300~500만원 정도이고 외국 제품은 900~1,500만원 범위를 보이나 처리규모나 편의성에 따라 가격은 크게 달라질 수 있다.

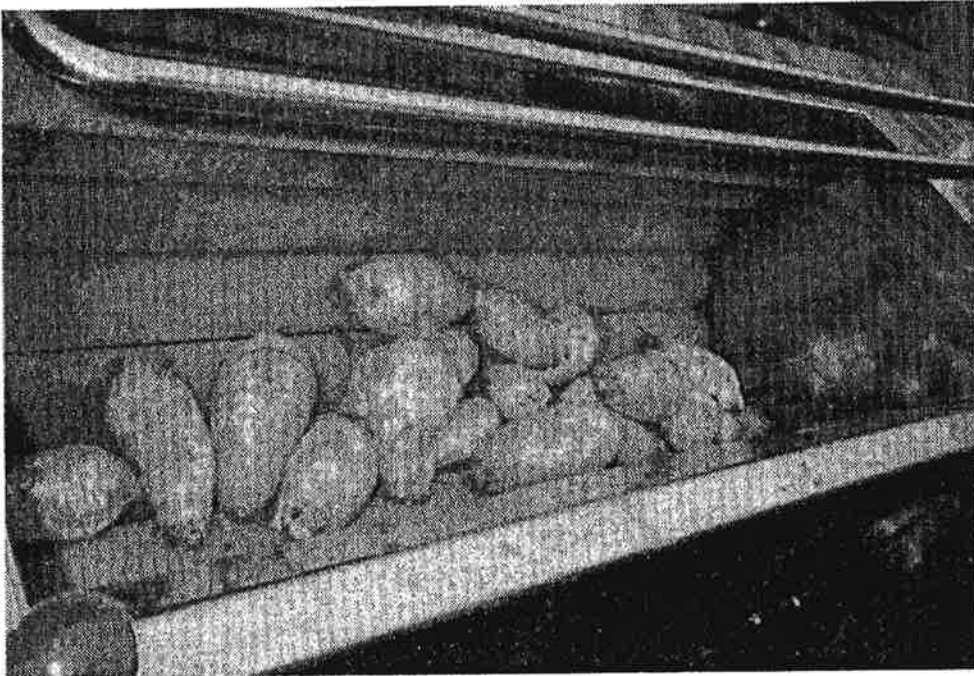


그림 7-3 롤러형 브러쉬 세정기

표 7-4 현재 보급되고 있는 롤러형 브러쉬 세정기의 주요제원

| 구 분           | 국 내 제 품      |             | 외 국 제 품        |
|---------------|--------------|-------------|----------------|
| 소요동력(KW)      | 1P(3P)×1.50  | 1P(3P)×0.75 | 1P(3P)×0.75    |
| 규격(mm)(W×L×H) | 820×1600×880 | 420×610×820 | 825 ×1800×1250 |
| 재 질           | 스테인레스        | 스테인레스       | 스테인레스          |
| 용 도           | 구근류 세척       | 구근류 세척      | 구근류 세척         |
| 처리용량(kg/hr)   | 1,000        | 600~800     | 1000~1300      |
| 가 격(만원)       | 480          | 300         | 800~1200       |

(2) 침지식과 유수조식 세정법

근래에 주로 사용하고 있는 세정기는 이 두가지 방법을 혼용하여 사용하고 있다. 침지식은 일반적인 세정 방법으로 가장 널리 이용되어 왔던 방법이다. 과거에는 인력에 의한 회분식 세정법이 주를 이뤘으나 인력의 부족과 경제적인 면을 고려하여 점차적으로 자동화되어 가고 있다. 유수조식은 수세 컨베이어에 청과물을 이송장치로 보내면서 물의 흐름을 이용하여 세정하는 것으로 이 두가지 방법은 대부분의 청과물의 이용이 가능하다. 이와 함께 최근에는 초음파 또는 공기를 불어 넣어 물의 유동을 크게하여 세정 효과를 높이는 복합 세정방법 기술도 개발되었다. 침지식 세정법은 엽채류, 근채류 과일 등 폭 넓게 이용이 가능하다. 아래 그림 7-4는 시판되고 있는 침지식 세정기의 한 예를 나타내었다. 침지조내에는 세정 효과를 높이기 위하여 압력 공기가 분사되고, 세정조는 각 조로 구분되어 있어, 세정 대상 품목과 처리 공정에 세정조는 다수의 갯수를 조절 할 수 있다. 세정조 규격(mm)은 폭 900, 길이 3,100, 높이 530 정도이다. 세정수는 원료 배출구에서 신선한 물이 공급되어 원료 투입구로 역류되어 가며, 원료는 각 세정조에서 일정시간(약 1~2분)세정 후 자동 반전 이송 장치로 계속적으로 다른 세정조로 이송된다. 처리 대상 품목에 따라 중간 수조에 냉각 장치나 열 블렌칭 작업이 가능하다. 처리용량은 각 조 세정 시간은 약 1~2 분, 1회 세정량은 10~15kg 정도이다. 가격은 세정조 1조당 900만원으로 표준형의 경우 5개조가 기본으로 가격은 4,500만원으로 고가의 기계이다. 그림과 같이 세정



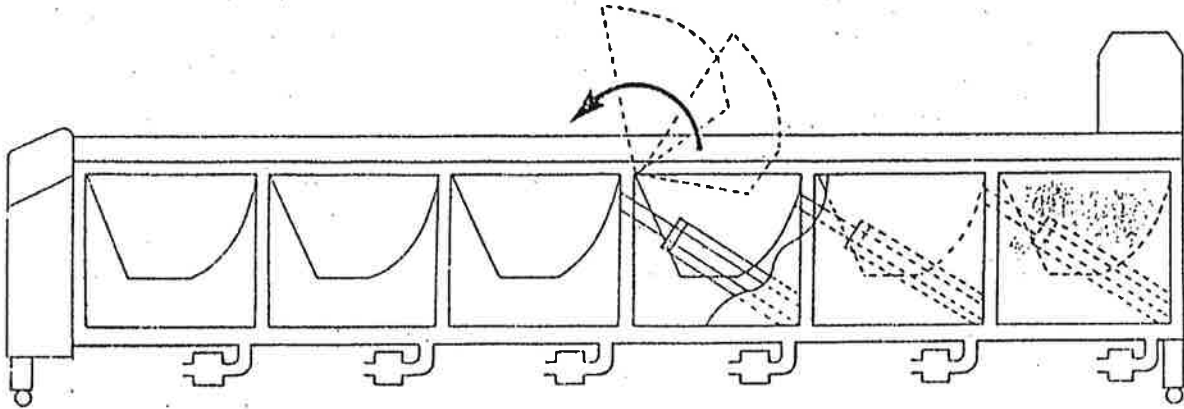
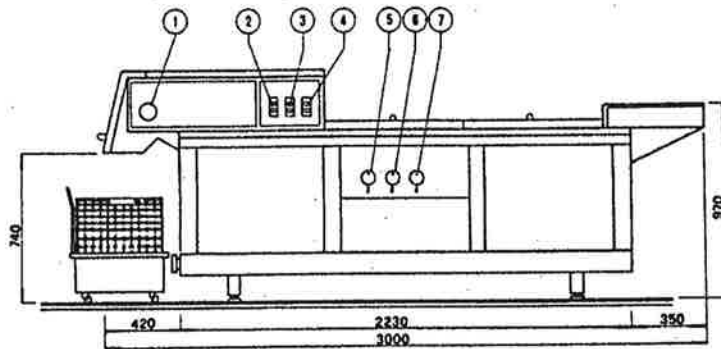


그림 7-4 연속 침지식 청과물 세정기



- 1~4) 원료투입 및 이송 라인 조절장치
- 5~6) 1차세척 조절장치
- 7) 2차세척 조절장치

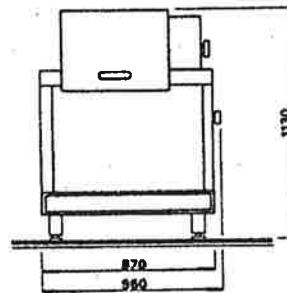


그림 7-5 유수조식 청과물 세정기

드럼을 1차와 2차로 나누어서 비교적 커다란 이물질은 1차에서 제거하고 배수시킨 후 이송되어 2차 드럼에서 미세 이물질을 제거한다. 마지막으로 배출구에서는 선별 대의 이송 콘베이어 위에는 스프레이가 설치되어 부착물을 완전히 제거 후 배출되는 세정기다. 주로 처리용량은 가벼운 야채류는 300~400kg/hr 이고 중량이 많이 나가는 야채류는 700~800kg/hr 이다. 규격은 960x3,000x970mm이며, 가격은 2,900만원 정도 한다.

### (3) 회전 드럼식

회전드럼식은 그림 7-6과 같이 내부에 리본 스크류를 부착한 장형 유공드럼을 경사로 회전시켜 청과물을 자전시킴으로써 청과물이 상호 충돌에 의해 세정되며 구근류, 인삼, 감귤, 사과 등에 이용되고 있다. 드럼 형태는 육각형 또는 원형 형태를 가지고 있다. 주로 보급되고 있는 기계규격은 처리용량 및 설치장소에 따라 다소 차이는 있으나 일반적으로 폭은 1000~1300, 길이는 2300~3300, 높이는 1500~1700의 크기를 보인다. 사용 동력은 처리용량에 따라 0.75kw 정도를 사용한다. 처리용량은 원료 상태, 세정 정도 그리고 제작회사에 따라 다소 차이는 있으나 시간당 1500~3000kg 정도를 처리 할 수있다. 국내에서는 널리 이용되고 있지 않고 외국에서 사용되는데 가격은 1500~2000만원 범위를 보인다.

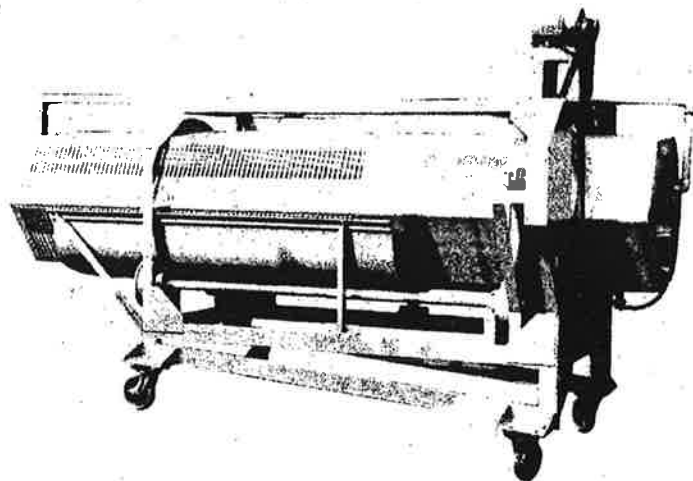


그림 7-6 회전드럼식 세정기

#### (4) 고압분사식

고압분사식은 콘베어 위의 청과물에 5~100기압 정도의 고압수를 스프레이하여 세정하는 방식으로, 고압수는 후렌자 펌프에 의한 것이 일반적이나 스팀과 냉수의 조합방식을 이용한 고압 온수 방법도 있다. 그리고 세정방식에는 One way 방식과 Rotary 방식이 있으며, 전자에는 체인, 네트, 롤러 등의 콘베어형이 있고 후자방식에는 로타리 노즐형식이 있다. 배추 세척기(그림 7-8)의 경우 원리는 고압 분사식법으로 1차적으로 고압 물세척을 한 후 2차로 압축공기에 의하여 표면의 이물질 제거하는 공정으로 되어 있다. 주로 보급되고 있는 기계규격은 처리용량 및 설치장소에 따라 많은 차이를 보인다. 국내의 제작 회사는 1~2개 회사 정도로 매우 적다. 기계의 규격은 일반적으로 폭은 800-1000, 길이는 6200, 높이는 1000~1700의 크기를 보인다. 사용 동력은 처리용량에 따라 다른데 1.50kw 정도를 사용한다. 처리용량은 원료 상태, 세정 정도 그리고 제작회사에 따라 다소 차이는 있으나 시간당 1500~3000kg 정도를 처리 할 수 있다. 국내 제품은 1,800만원 정도, 외국 제품은 가격은 2,000~4,000만원 범위를 보인다.

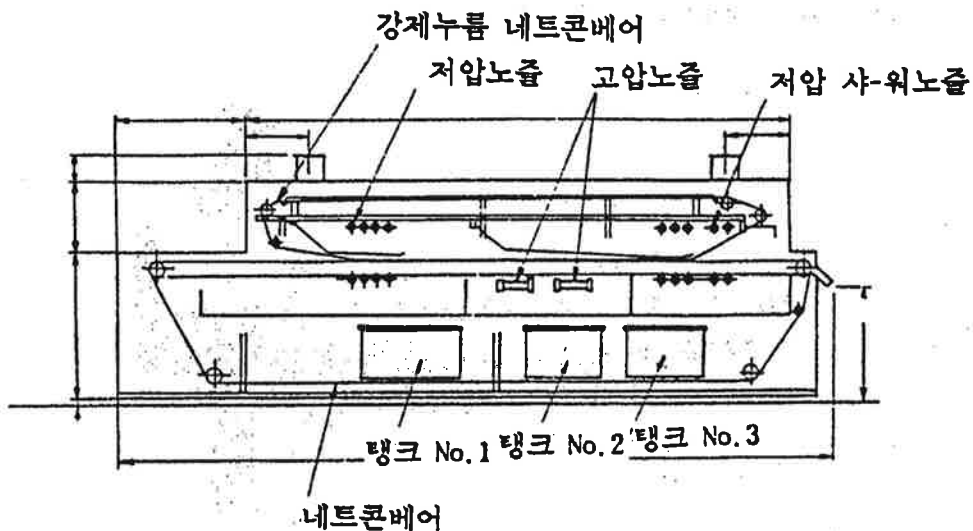
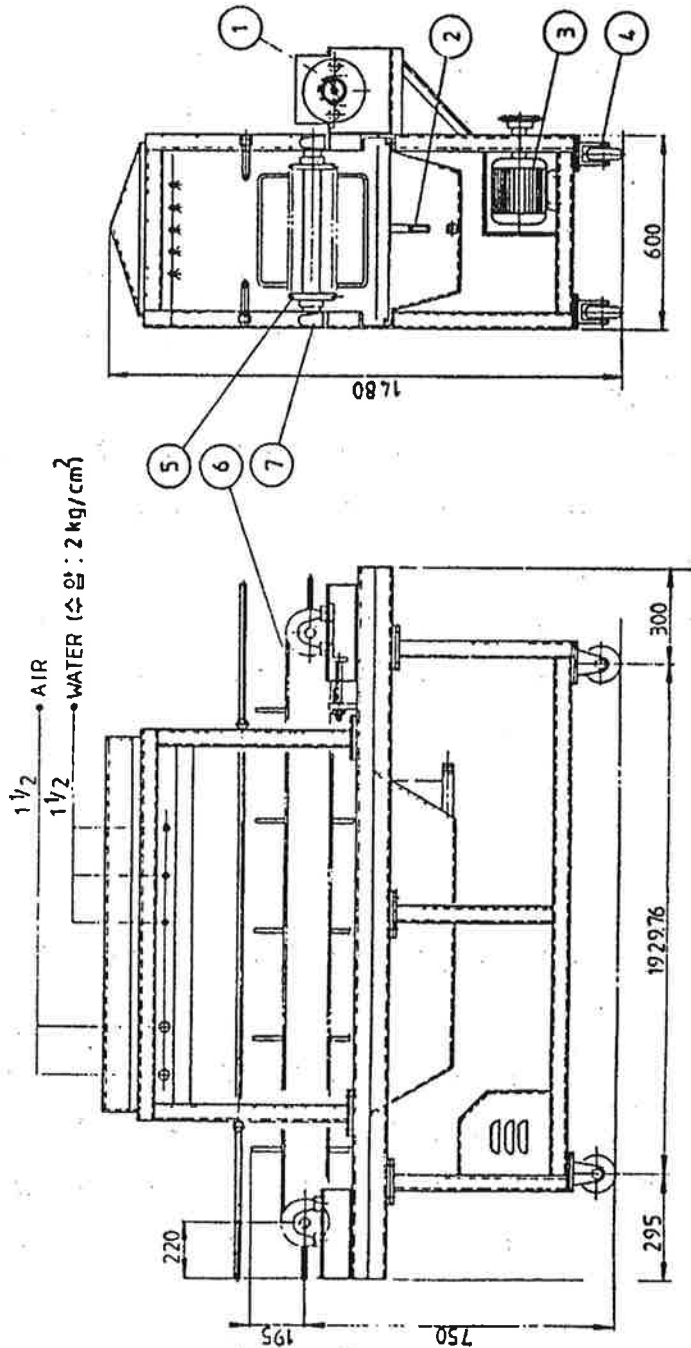


그림 7-7 고압분사식 세정기



- 1. 뿌리제거기    2. 수압조절기    3. 모 터    4. 바 쿨
- 5. 회전축    6. 원료이송장치    7. 베어링

그림 7-8 배추 세정기의 개략도

#### 다. 세정공정에 있어서 표면 살균 기술의 도입

세정공정에 있어서 표면살균기술의 도입은 전술한 바와 같이 세정시 사용되는 용수에 활성염소(active chlorine)나 살균제, 보존제, pH 강하제 등을 혼합하여 처리하거나 본 연구에서 행한 바와 같이 오존가스를 용해한 오존수를 직접 세정수로 이용함으로써 미생물 오염원을 제거하는 방법이 있다. 또한 각종 기기의 세정에 활용되고 있는 초음파를 이용하여 세정함으로써 세정 과정에서 세균 효과를 기할 수도 있으나 살균효과가 있을만큼의 강력한 범위에서는 청과물의 호흡속도를 촉진시킬 수도 있어 재고해 볼 필요가 있다.

냉수냉각공정중 앞서 언급한 바와 같이 표면살균 기술의 도입은 냉수냉각이 청과물의 품질을 강하시키는 목적외에 세정공정을 겸하는 경우가 대부분이기 때문에 이때 냉각수에 표면살균 효과가 있는 살균제를 첨가하거나 차가운 오존수로 대체 하는 방법 등이 적당하다. 따라서 냉수냉각에 의한 청과물의 예냉, 세정 그리고 표면살균 기술은 분리하여 생각할 문제가 아니고 복합적으로 행해짐으로서 청과물의 신선도 제고에 기여할 수 있으리라고 판단된다.

### 제 3절 표면오염원 제거 기술의 비용분석 및 산업화 방안

대부분의 농산물 유통은 콜트체인화 될것이다. 따라서 수확 직후 예냉 또는 세정과 같은 전처리 공정을 거치게 됨을 감안할 때, 표면오염원 제거 기술은 전처리 공정과 복합적으로 활용하는 것이 효율적이다. 물론 단독으로 이용할 수 있으나 청과물의 표면살균 효과는 저장, 포장, 유통방법과 연계가 필수적이므로 농산물 전처리 공정체계가 갖추어진 포장센터와 청과물종합처리장의 활용이 바람직하다. 그러므로 현재 농림부에서 구조개선 사업으로 설치하고 있는 포장센터와 청과물종합유통시설에 표면오염원 제거 기술을 접목하여 사용하는 방향으로 비용분석과 산업화 방안을 제시하고자 한다.

## 1. 비용분석

농산물의 표면오염원 제거를 위한 다각적인 실험을 실시한 결과 오존가스, 오존수 및 염소수 활용방법이 가장효율적인 것으로 도출되었다. 오존가스는 기존의 차압예냉시스템을 보완하여 사용토록하였고 오존수와 염소수는 세정 및 냉수냉각장치를 구조를 보완하는 방향으로 소요비용을 검토하였다.

### 가. 차압예냉시설 활용

기존 차압예냉시설을 이용하여 표면오염원 제거하려면 오존발생장치가 요구된다. 오존장치는 분당 산소 10리터로 2,500ppm의 오존을 발생시킬 수 있는 시설을 기준했고, 냉각코일 보호시스템은 오존가스로 부터 동파이프를 보호하는데 필요한 구조 보완에 요구되는 비용이며 이밖에 오존 측정기 구입 비용을 포함하여 160,500천원이 소요되어 기존 시설에 비해서 약 3,500만원의 추가됨을 알 수 있었다(표 7-5).

표 7-5 차압예냉공정을 이용한 표면오염원 제거에 소요되는 비용

(단위: 천원)

| 세 부 항 목        | 차압예냉시설(I)<br>(기존 예냉시설) | 차압예냉시설(II)<br>(오염원제거,예냉) | 투자비 증감   |
|----------------|------------------------|--------------------------|----------|
| 1. 건축공사        | 65,000                 | 65,000                   |          |
| 2. 기계설비        |                        |                          |          |
| - 예냉설비(50평 기준) | 62,500                 | 62,500                   |          |
| - 오존 발생장치      | -                      | 13,000                   | ▽ 13,000 |
| - 냉각코일 보호시스템   | -                      | 7,500                    | ▽ 7,500  |
| - 오존 계측설비      | -                      | 10,000                   | ▽ 10,000 |
| 총 투자비용         | 130,000                | 160,500                  | ▽ 30,500 |

나. 세정 및 냉각장치 활용

세정 및 냉각장치를 이용한 표면오염원 제거방법은 오존수와 염소수를 이용하는 방법으로 구분되며 이들 방법은 세정 혹은 냉각 과정에서 물에 오존과 염소를 포함시켜 표면오염원을 제거토록 되어 있다. 세정 및 냉각을 겸한 장치에서 오존수를 활용할 경우 소요 비용은 4,240만원 정도이고, 염소수는 2,990만원 정도가 소요되어 기존 장치에 비해서 1,740만원과 490만원이 추가 소요됨을 알 수 있었다. 따라서 기존 장치에 표면오염원 제거 기능을 겸하도록 장치를 설치하는데 오존수를 이용하면 약간의 비용부담이 있는반면 염소수는 비교적 추가부담이 적음을 알 수 있다(표 7-6).

표 7-6 세정 및 냉각장치를 이용한 표면오염원 제거에 소요되는 비용  
(1,000kg/h 기준)

(단위 : 천원)

| 항 목        | 세정,냉각장치(I)<br>(기존 세정,냉각용) | 세정,냉각장치(II)<br>(오존수 세정,냉각) | 세정,냉각장치(II)<br>(염소수 세정,냉각) | 비 고 |
|------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----|
| 1. 예비세척조   | 2,500                     | 2,500                      | 2,500                      |     |
| 2. 세정장치    | 4,500                     | 4,700                      | 4,700                      |     |
| 3. 냉각조     | 4,800                     | 5,000                      | 5,000                      |     |
| 4. 콘베이어    | 1,300                     | 1,300                      | 1,300                      |     |
| 5. 탈수조     | 1,650                     | 1,650                      | 1,650                      |     |
| 6. 냉동장치    | 5,750                     | 5,750                      | 5,750                      |     |
| 7. 오존발생기   | -                         | 13,000                     | -                          |     |
| 8. 오존혼합조   | -                         | 500                        | -                          |     |
| 9. 염소혼합조   | -                         | -                          | 2,500                      |     |
| 10. 계측, 기타 | 4,500                     | 8,000                      | 6,500                      |     |
| 총 투자비용     | 25,000                    | 42,400                     | 29,900                     |     |

## 2. 산업화 방안

우리 나라에서 주요 청과물의 생산량은 표 7-7과 같으며 이러한 물량들이 수확후 여러 단계의 유통과정을 거쳐 소비자에게 공급되고 있는 셈이다. 특히 청과물들은 유통중에 많은 품질저하는 물론 높은 물류비용을 발생시키고 있다. 정부는 이러한 문제점들을 해결하고자 공동출하율을 제고하고 체계적인 유통을 위하여 산지 포장센터, 청과물종합처리장, 집하장 등을 설치하고 있다. 이와 같은 산지유통시설의 일부 전처리 공정에 동 기술을 접목시켜 줌으로서 보다 품질이 우수하고 위생적인 청과물을 소비자에게 공급할 수 있도록 하였다.

향후 기술발전 및 보급방안으로 개발된 기술을 현장의 예냉 및 세정.냉각장치에 직접 도입하여 실증실험을 실시할 수 있도록 추진할 계획이다. 한편 국내의 예냉 및 세정.냉각장치를 제작하는 기업에 관련 기술을 이전하여 보급되는 전처리공정에 동 기술을 활용할 수 있도록 요구되는 기술지원 및 교육을 실시할 계획이며 필요한 경우 정부에 정책적인 지원을 요청하여 짧은 기간에 산업화가 가능토록 노력하겠다.

표 7-6 청과물의 품목군별 생산량

| 품 목 군 | 생산량(M/T)  | 대 상 품 목                     |
|-------|-----------|-----------------------------|
| 과 채 류 | 821,121   | 참외, 수박, 딸기, 토마토, 오이, 호박     |
| 엽 채 류 | 2,527,796 | 배추, 봄배추, 가을배추, 양배추, 시금치, 상추 |
| 근 채 류 | 1,527,066 | 무, 봄무, 가을무, 당근              |
| 조미채소류 | 2,096,887 | 고추, 마늘, 양파, 생강              |
| 서 류   | 1,040,910 | 감자, 고구마                     |
| 과 일 류 | 2,090,240 | 사과, 배, 복숭아, 포도, 감귤, 자두, 기타  |



# 여 백

## 참 고 문 헌

1. 한국식품개발연구원(1993) : 식품기술, 6(2)~6(4)
2. 한국식품개발연구원(1992) : 농산물의 전처리 시스템 개발(1차년)
3. 한국식품개발연구원(1994) : 예냉시스템 및 관련기술의 개발
4. 高原博文 등 (1988) : 오존의利用, 空氣調和·衛生工學, 東京
6. 堤行 (1988) : 오존その特性 應用, 空氣と調和·衛生共學, 東京
6. 宗宮 功 등 (1993) : 新版 오존利用의 新技術, 三秀書房, 東京
7. LILLE (1995) : Proceedings, 12th World Congress of the International Ozone Association, France, Vol. 1
8. LILLE (1995) : Proceedings, 12th World Congress of the International Ozone Association, France, Vol. 2
9. Adel A.Kader(1992) : Postharvest technology of horticultural crops, Univ. of California.
10. 유태중, 심우만, 조상준(1990) : 식품미생물학, 문운당, 서울
11. 加藤舜郎(1959) : 青果物の冷蔵, 日本冷凍協會, 東京
12. 윤삼중(1991) : 한국의 농수산물유통, 회성출판사, 서울
13. 이지열(1977) : 균학.버섯재배, 대광문화사, 서울
14. 박관우(1993) : 서양채소론, 고려대학교 출판부, 서울
15. 内藤茂三(1993) : 오존による加工食品의 殺菌事例의 現況とその效果, Japan Food science, 4, 38 - 51
16. 内藤茂三(1995) : 食品加工における오존殺菌의 效果と使用メリット, 食品と科學, 5, 101 - 110
17. 宮澤公通(1993) : 食品加工への오존水利用, 冷凍, 68(790), 30 - 34
18. 田丸博文(1992) : 食品加工における오존殺菌, 食品機械裝置, 10, 59 - 66
19. 藤沼一信, 直井利勝(1993) : 高壓殺菌技術의 現況と今後の展望, Japan Food

science, 4, 59 - 65

20. 梅田圭司 등(1992) : 食品保存便覽, (株)クリエティブジャパン, 東京
21. 内藤茂三(1991) : 食品保存へのオゾンの利用に関する研究, 日本食品工業學會誌, 38(4), 360 - 367
22. Y.Sevaraj,N.G.Divakar(1976) : Studies on chemical composition of twenty strawberry(*fragaria ananasa*) Varieties. J.of Food Sci. and Technology, 195,13
23. ER.B.Pantastico(1975) : Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables, 145
24. Shrikhande,A.J.(1976) : Anthocyanins in foods, CRC Crit.Rev.Food Technol., 24, 169
25. 농림수산부 (1991) : 농축산물 품목별 경쟁력 제고 대책, 8
26. Sommer,N.f.(1973) : Reduction of postharvest loss of strawberry fruits from gray mold, J. Am. Soc. Hortic. Sci., 285, 98
27. H.Melvin Couey and John M.Wells(1969) : Low oxygen or high carbon atmospheres to control postharvest decay of strawberries, Phytopathology, 47, 60
28. Mohamed,E.S.(1986) : Effect of cold storage on the quality of tigoa-strawberry Alex, J. agric. Res., 171, 3, 31
29. Miller,W.R.(1987) : Strawberry condition at the market place as influenced by type ofpackaging, Citrus and vegetable magazine, 58, 51
30. 식품연구원(1984) : 농산물 저장시험 사업보고
31. Aharoni,Y.(1987) : Pre-harvest fungicide sprays and polyvinyl wraps to control botrytis rot and prolong the post harvest storage life of strawberries, J. of horticultural Sci., 177, 2, 62
32. Cheour,F.(1990) : Foliar application of calcium chloride delays postharvest ripening of strawberry, J. of the american society for horticultural,

789, 5, 115

33. Stanley,R.(1986) : The suitability of soft fruit varieties for processing, Technical memorandum, 20, 526
34. Lundahl,D.S.(1989) : Flavor,aroma and compositional changes in strawberry juice concentrate stored at 20 degree.C, J. of Food Sci., 1255, 54
35. Wrolstad,R.E.and Erlandson,J.a.(1973) : Effect of metal ions on the color of strawberry puree, J. Food Sci., 38, 460
36. Markakis,P.(1974) : Anthocyanin and their stability in foods, CRC Crit.Rev., Food Technol., 4, 437
37. Debicki-Pospisil,J., Lovric,T., Trinajstic,N.(1983) : Anthocyanin degradation in the presence of furfural and 5-hydroxymethylfurfural, J.Food Sci., 48, 411
38. Meschter,E.E.(1953) : Effect of carbohydrates and other factors on strawberry products, J. Agr. Chem., 574, 1
39. Abers,J.F.and Wrolstad,R.F.(1979) : Causative factors of color deterioration in strawberry preserves during processing and storage, J.of Food Sci., 75, 44
40. Decareau,R.V.(1956) : Color changes in strawberry jellies, Food Technol., 125, 10
41. Formanowicz,e.(1979) : determination of relationship between can corrosion, partial vacuum and storage time of strawberry, Przemysl fermentacyjny, 16, 1, 23
42. Joan C.Rosen(1989) : Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits, J.of Food sci., 656, 3, 54
43. El-Kazzaz,M.K., Sommer,N.F. and Fortlage R.J.(1973) : Effect of different atmospheres to control postarvest decay and quality of fresh strawberries, Phytopathology, 282, 73, 54

44. Chingying Li and Adel A.kader : Residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality of strawberries
45. Siriphanich,J. (1989) : Postharvest deterioration of strawberries as influenced by ethylene and some other volatiles, Univ.of california, 629, 114
46. Li,C.(1989) : Residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality of strawberries, J.of the american society for horticultural sci., 629, 114
47. 김동만(1986) : 공기중에 혼합한 탄산가스농도에 따른 딸기의 저장성에 관하여, 한국식품과학회지, 66, 1, 18
48. Zegota,H(1988) : Suitability of dukat strawerry for studying effect on shelf life or irradiation combined with cold storage, Zeitschrift fur Lebensmittel, 11, 187
49. Baccaunaud,M.(1983) : Combined effects of precooling,ionizing radiation and controlled atmosphere on storage of fresh strawberry, International congress of refrigeration, 223, 3
50. Salunkhe, D.K. and Wu, M.t.(1973) : Effect of subatmospheric pressure storage on ripening and chemical shanges of fruits, J. Am. Soc. Hortic. Sci., 98, 113
51. Smith, R.B.(1986) : Bulk storage of mechanically harvested strawberries for precessing, Hort Science, 478, 3, 21
52. 김준환(1992) : 양송이 버섯의 P.E film 포장저장 및 C.A 저장 효과, 경북대학교 석사학위논문
53. 안병학, 신현경(1991) : 버섯류의 유통기간 연장 및 적정가공방법에 관한 연구, 과학기술특정연구사업보고서, 한국식품개발연구원
54. Murr, D.P. and Morris, L.L.(1975) : Effect of storage temperature on postharvest changes in mushrooms, J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100, 16-19

55. 南出隆久(1989) : キノコ. 冷凍, 64, 247-250
56. Gormley, T.R.(1975) : Chill storage of mushrooms, J. Sci. Food Agric. 26, 401-411
57. 佐藤蕙理, 青柳康夫, 管原龍幸(1985) : キノコ類の遊離アミノ酸組成について, 日本食品工業學會誌, 32, 509-512
58. 홍재식, 김영희, 김명근, 김영수, 손희숙(1989) : 양송이, 느타리, 표고버섯의 유리아미노산 및 전 아미노산 조성, 한국식품과학회지, 21, 58-62
59. 표명윤, 노일협(1975) : 식용 버섯류의 아미노산에 관한 연구, 한국영양학회지, 8, 47-59
60. Goodenough, P.W.(1976) : How chilled storage affects the physiology of mushrooms, Mushroom Journal, 43, 208-212
61. Bartlett, D.I. and Farthing, J.G.(1985) : Rapid cooling of mushrooms in market containers, Mushroom Journal, 154, 349-354