



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

저온 플라즈마 오존을 이용한  
제주 농산물의 저장성 개선 연구

제주대학교대학원

식품영양학과

홍명기

2020년 8월



# 저온 플라즈마 오존을 이용한 제주 농산물의 저장성 개선 연구

지도교수 박 성 수

홍 명 기

이 논문을 식품영양학 석사학위 논문으로 제출함

2020년 6월

홍명기의 식품영양학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 \_\_\_\_\_

위 원 \_\_\_\_\_

위 원 \_\_\_\_\_

제주대학교 대학원

2020년 6월

A study on the improvement of storageability of  
Jeju agricultural products using low temperature  
plasma ozone

Myung-Ki Hong  
(Supervised by professor Sung-Soo Park)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL  
FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

2020 . 8 .

DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND NUTRITION  
GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

## 감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 시행하는 “2015 산학협력력 기술개발사업(일반첫걸음-동일지역)” 연구비로 수행되었음 (No. C0350061).

# 목 차

|            |      |
|------------|------|
| 감사의 글      |      |
| 표목차 .....  | iv   |
| 그림목차 ..... | viii |
| 국문요약 ..... | xii  |

## CHAPTER 1. 저온 플라즈마 오존을 이용한 단호박의 저장성 개선 연구

|                           |    |
|---------------------------|----|
| I. 서론 .....               | 1  |
| II. 연구 내용 및 방법 .....      | 4  |
| 1. 실험재료 .....             | 4  |
| 2. 저장조건 .....             | 4  |
| 3. 마이크로플라즈마 오존 처리조건 ..... | 5  |
| 4. 미생물실험 .....            | 6  |
| 5. 저장단호박의 외형관찰 .....      | 7  |
| 6. 자료의 처리 .....           | 7  |
| III. 결과 및 고찰 .....        | 8  |
| 1. 일반세균수 .....            | 8  |
| 2. 진균류 (효모 및 사상균수) .....  | 18 |
| 3. 저장단호박의 외형관찰 .....      | 27 |
| IV. 결론 및 제언 .....         | 32 |
| V. 참고문헌 .....             | 34 |
| VI. Abstract .....        | 38 |

## CHAPTER 2. 저온 플라즈마 오존을 이용한 키위의 저장성 개선 연구

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| 표목차 .....                   | iv   |
| 그림목차 .....                  | viii |
| 국문요약 .....                  | 41   |
| <br>                        |      |
| <b>I. 서론</b> .....          | 42   |
| <br>                        |      |
| <b>II. 연구 내용 및 방법</b> ..... | 45   |
| 1. 실험재료 .....               | 45   |
| 2. 저장조건 .....               | 45   |
| 3. 저온 플라즈마 오존 처리조건 .....    | 45   |
| 4. 일반세균수 .....              | 46   |
| 5. 진균류(효모 및 사상균수) .....     | 47   |
| 6. 물성(경도) 측정 .....          | 47   |
| 7. 당도 측정 .....              | 47   |
| 8. 산도 측정 .....              | 48   |
| 9. pH 측정 .....              | 48   |
| 10. 자료의 처리 .....            | 48   |
| <br>                        |      |
| <b>III. 결과 및 고찰</b> .....   | 49   |
| 1. 일반세균수 .....              | 49   |
| 2. 진균류(효모 및 사상균수) .....     | 61   |
| 3. 물성(경도) .....             | 73   |
| 4. 당도 .....                 | 83   |
| 5. 산도 .....                 | 89   |
| 6. pH .....                 | 95   |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| IV. 결론 및 제언 .....  | 101 |
| V. 참고문헌 .....      | 103 |
| VI. Abstract ..... | 106 |



## 표 목 차

### CHAPTER 1. 저온 플라즈마 오존을 이용한 단호박의 저장성 개선 연구

Table 1. Inhibitory effect of air ozone on the growth of general bacteria in small-scale storage sweet pumpkin ..... 12

Table 2. Inhibitory effect of air ozone on the growth of general bacteria in large-scale storage No. 8 sweet pumpkin ..... 15

Table 3. Inhibitory effect of air ozone on the growth of general bacteria in large-scale storage No. 10 sweet pumpkin ..... 17

Table 4. Inhibitory effect of air ozone on the growth of eumycetes in small scale storage sweet pumpkin ..... 21

Table 5. Inhibitory effect of air ozone on the growth of eumycetes in large-scale storage No. 8 sweet pumpkin ..... 24

Table 6. Inhibitory effect of air ozone on the growth of eumycetes in large-scale storage No. 10 sweet pumpkin ..... 26

## CHAPTER 2. 저온 플라즈마 오존을 이용한 키위의 저장성 개선 연구

Table 1. Bacterial reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #1) ..... 51

Table 2. Bacterial reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #2) ..... 52

Table 3. Bacterial reduction effect of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #1) ..... 55

Table 4. Bacterial reduction effect of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #2) ..... 56

Table 5. Bacterial reduction effect of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #1) ..... 59

Table 6. Bacterial reduction effect of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #2) ..... 60

Table 7. Eumycetes reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #1) ..... 63

Table 8. Eumycetes reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #2) ..... 64

Table 9. Eumycetes reduction effect of green kiwi from Jeju in 2018 by low

|  |    |
|--|----|
| temperature plasma ozone technology (Lot #1) .....   | 67 |
| Table 10. Eumycetes reduction effect of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #2) ..... | 68 |
| Table 11. Eumycetes reduction effect of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #1) .....  | 71 |
| Table 12. Eumycetes reduction effect of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #2) .....  | 72 |
| Table 13. Hardness change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #1) .....              | 75 |
| Table 14. Hardness change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #2) .....              | 76 |
| Table 15. Hardness change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology .....                     | 79 |
| Table 16. Hardness change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology .....                      | 82 |
| Table 17. Brix change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology .....                           | 84 |
| Table 18. Brix change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology .....                         | 86 |

|   |     |
|---|-----|
| Table 19. Brix change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature<br>plasma ozone technology .....                        | 88  |
| Table 20. Acidity change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature<br>plasma ozone technology .....                      | 90  |
| Table 21. Acidity change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature<br>plasma ozone technology .....                    | 92  |
| Table 22. Acidity change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature<br>plasma ozone technology .....                     | 94  |
| Table 23. Hydrogen ion concentration change of red kiwi from Jeju in 2018 by<br>low temperature plasma ozone technology .....   | 96  |
| Table 24. Hydrogen ion concentration change of green kiwi from Jeju in 2018<br>by low temperature plasma ozone technology ..... | 98  |
| Table 25. Hydrogen ion concentration change of gold kiwi from Jeju in 2018 by<br>low temperature plasma ozone technology .....  | 100 |

## 그 립 목 차

### CHAPTER 1. 저온 플라즈마 오존을 이용한 단호박의 저장성 개선 연구

Figure 1. Small-scale storage stability of sweet pumpkin after ozone injection  
..... 29

Figure 2. Large-scale storage stability of No. 8 sweet pumpkin after ozone  
injection ..... 30

Figure 3. Large-scale storage stability of No. 10 sweet pumpkin after ozone  
injection ..... 31

## CHAPTER 2. 저온 플라즈마 오존을 이용한 키위의 저장성 개선 연구

Figure 1. Bacterial reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology ..... 50

Figure 2. Bacterial reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology ..... 54

Figure 3. Bacterial reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology ..... 58

Figure 4. Eumycetes reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology ..... 62

Figure 5. Eumycetes reduction effect of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology ..... 66

Figure 6. Eumycetes reduction effect of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology ..... 70

Figure 7. Hardness change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology ..... 74

Figure 8. Hardness change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology ..... 78

Figure 9. Hardness change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology ..... 81

|   |     |
|---|-----|
| Figure 10. Brix change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology .....                         | 84  |
| Figure 11. Brix change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology .....                       | 86  |
| Figure 12. Brix change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology .....                        | 88  |
| Figure 13. Acidity change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology .....                      | 90  |
| Figure 14. Acidity change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology .....                    | 92  |
| Figure 15. Acidity change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology .....                     | 94  |
| Figure 16. Hydrogen ion concentration change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology .....   | 96  |
| Figure 17. Hydrogen ion concentration change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology ..... | 98  |
| Figure 18. Hydrogen ion concentration change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology .....  | 100 |

CHAPTER 1. 저온 플라즈마 오존을 이용한  
단호박의 저장성 개선 연구



## 저온 플라즈마 오존을 이용한 단호박의 저장성 개선 연구

단호박 (아지헤이)을 저온 플라즈마 오존 발생기 (0.3g/hr)을 1초 가동하고 99초 정지 (오존농도  $0.4 \pm 0.1$  ppm, O1), 1분 가동 89분 정지 (오존농도  $4.0 \pm 2.0$  ppm, O2)을 시키는 조건으로 12주간 밀봉저장 하였다. 12주가 경과된 후에는 모든 처리구를 동일한 공간에서 오존발생기 (0.3g/hr)을 1초 가동하고 99초 정지 (오존농도  $0.4 \pm 0.1$  ppm) 하는 방법으로 2주간 추가로 저장하였다. 단호박의 외형 변화와 일반세균, 진균수를 측정하였다 (단호박 표면의 깨끗한 껍질, 단호박 표면의 상처 부위나 깨끗하지 못한 껍질, 껍질 표피를 약 2 mm이상 제거한 내부 과육과 꼭지) 처리구 모두 12주까지는 외형의 변화에는 유의성 없이 유사하게 자연노화현상만 보였다. 오존처리에 의한 탈색이나 오존 피해에 의한 표면의 이상은 확인하기 힘들었다. 일반세균은 대조구에 비해, O1 처리구는 0.2~2.76 log, O2 처리구는 1.15~3.87 log, 진균은 O1 처리구는 0.44~2.66 log, O2 처리구는 1.35~2.87 log의 생육저해효과가 나타났다. 시료를 동일조건 오존 처리하여 2주간 더 보관한 대조구는 12주 보관 시료와 비교하여 0.74~0.91 log의 일반세균, 0.49~1.72 log의 진균 생육 억제를 나타내었다. O1, O2 처리구도 일반세균과 진균의 생육저해효과가 증가하였다. 대규모 저장시험 대조구 (66㎡, 저온저장고,  $13 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , 상대습도  $65 \pm 5\%$ , 오존농도 0.31~0.17 ppm)와 오존처리구 (오존농도 12.6~0.6 ppm)의 10주간 저장시험에서 8번과 일반세균은 부위별로 0.3~1.13 log, 진균은 0.53~1.28였다. 0일차와 비교하면 일반세균은 대조구는 0.31~2.59 log, 오존처리구는 0.61~3.29, 진균 대조구는 0.34~1.80 log, 오존처리구는 1.21~2.38 log의 생육저해효과가 있었다. 10 번과 일반세균은 0.62~1.28 log, 진균은 0.28~1.75 log 생육저해효과가 있었다. 0일차와 비교하면 대조구는 1.28~1.84 log, 오존처리구는 0.37~2.99 log, 진균 대조구는 0.69~1.74 log, 오존처리구는 0.87~2.54 log의 생육 저해효과가 있었다. 오존처리구 (12.6~0.6 ppm)에서는 꼭지

를 포함한 전 부위의 미생물을 생육억제효과가 있었다. 외형관찰에서도 소규모 저장에서 자연노화에 의한 영향을 제외하고는 오존처리에 의한 외관상 품질저하 원인이 없었다. 그러나 대용량 저장에서는 대조구의 꼭지부위에서부터 품질 저하가 증가하였고, 상대적으로 오존처리구는 대조구에 비해 품질 상태가 양호하였다.

## I. 서 론

식품의 저장 및 식품산업에서의 오존에 대한 관심은 '친환경' 식품 첨가물에 대한 요구, 규제 승인 및 증가에 맞추어 소비자의 반응이 확대되었다. 산화제로서의 오존은 수처리, 살균, 세척 및 장비의 소독, 악취 제거, 과일, 채소, 고기 및 해산물 가공 및 그 외의 식품, 의료분야에서 아주 광범위하게 사용되고 있어 식품 응용 가능성에 대한 관심이 높아졌다 (19, 20). 오존은 공기나 산소를 원료로 하여 비교적 용이하게 생성시킬 수 있으며 일정기간이 경과하면 산소로 환원되어 2차 오염물을 남기지 않는 장점이 있어 오존 사용 식품 가공은 점점 더 중요 해지고 있다 (21). 식품 가공에서 오존의 사용은 1997년 Graham 등의 (22)의 GRAS (일반적으로 안전하다고 인정된) 화학 물질로서의 오존의 확인과 모든 유형의 식품과 직접 접촉 향균 첨가제로서 미국 FDA의 승인에 따라 점점 더 중요 해지고 있다 (23). 오존의 살균 메커니즘은 세포벽, 막의 산화와 그 외에 용균이 주요 원인이라고 되어 있다. 따라서 세균막의 손상 및 세포 내 효소나 핵산의 실활 또는 세포 내용물의 유출에 의한 세포 사멸에 기한되는 것으로 생각된다 (1).

호박 (*Cucurbita* spp.)은 박과에 속하는 일년생 덩굴성 초본으로 동양계 호박 (*C. mschata*), 서양계호박 (*C. maxima*), 페포계호박 (*C. pepo*)으로 나누고 있다. 단호박은 남미 페루가 원산지인 서양계 호박으로 뉴질랜드, 멕시코, 일본 등에서 주로 재배되었으나, 우리나라에는 1985년경 일본 수출을 위해 소량씩 계약재배 되어오다, 기호도가 좋아 수출뿐 아니라 국내 수급을 위해 전남, 경기, 경북, 충북 등 재배면적이 꾸준히 증가하게 되었다 (2). 단호박 품종은 보짱, 구리지망, 만차랑, 아지헤이, 시로지망, 아까지망 등이 국내에서 재배되고, 국내산 단호박은 대부분 7-8월에 집중적으로 생산되며, 이 시기에 과잉공급으로 인해 가격하락은 재배 및 판매 농가의 어려움의 원인이 되고 있다 (2,3). 지금까지 보고된 단호박 저장성은 연구에서 Han

등 (4)의 밤호박 저장온도와 습도가 품질에 미치는 영향, Lee 등(5)의 단호박 보짱의 저장온도 및 저장기간에 따른 과실특성, Park 등(6)의 단호박 ‘보짱’ 장기저장을 위한 염소수 및 구연산 전처리 효과로 8월에 수확한 단호박을 11월까지 저장하는 연구가 전부이며, 가을작형 억제재배한 단호박 저장성 연구는 Oh 등 (7)의 가을작형 억제재배 미니단호박의 저장조건별 품질 변화 등이 있다.

Heo 등 (8)은 호박과 단호박의 식품성분을 분석한 결과 호박보다 단호박이 총 유리아미노산, 펠수아미노산, 비휘발성 유기산, 불포화지방산, 무기질, 비타민 C 및 카로티노이드 함량이 월등히 높다고 보고하였다. 단호박은 수확직후의 식미특성은 당도가 낮고, 식감이 좋지 않아 소비자가 외면하는 경향이 있다. 그래서 수확 후 당도 증진 및 식감향상을 위해 큐어링을 실시하여 출하하거나 저장 후 유통하는 것을 일반화하고 있다 (9, 10). Park 등. (12)에 의하면 염소수를 이용하여 세척시 과일류의 살균소독 효과를 조사한 결과 염소수 농도가 증가할수록, 같은 농도에서는 침지시간이 길어질수록, 그리고 침지 후 세척횟수가 증가할수록 일반세균과 대장균수가 현저하게 감소하거나 전혀 검출되지 않았음을 보고하였다. 이와 같은 단호박의 생리적 특성에 따른 저장온도 및 살균 전처리 기술들을 활용한 단호박 장기저장에 관련된 보고는 미비한 실정이다. 일반적으로 저장온도가 높으면 호흡량 및 증산량이 증가하여 감모율이 높게 나타난다고 보고되었다 (10, 13). 그리고 열대 및 아열대 작물은 한계온도 이하에 접하게 되면 식물 스트레스의 일종인 저온장해를 받게 된다 (14, 15, 16).

단호박 표면 부패균 미생물 검사는 단호박의 수확 후 관리기술 및 상품화 기술개발 최종보고서 (17)의 단호박의 수확 후 관리기술 및 상품화 기술개발에서 수확 후 손실을 일으키는 병원균들은 표면의 미세한 상처 등을 통해 쉽게 침입할 수 있는데 단호박에서 가장 큰 품질 저하가 바로 병원균에 의한 부패이다. 수확 후 단호박에 가장 많이 생성되는 식물병 중 한 가지가 탄저병 (병원균 : *Colletotrichum orbiculare* Arx)이다. 탄저병은 수확기의 과실, 수확 후 저장 중 과실에 발생하면서 많은 피해를 입힌다.

최근 방부제 등의 식품첨가물 규제, 소비자 기호의 다변화에 의한 보존료 무첨가 등 소비자의 건강 지향적 욕구가 증대됨에 따라 가공 및 저장에서의 미생물 관리는 그 중요성이 증가하고 있는 실정이다 (24, 25, 26). 단호박도 현재로는 주로 재배기술에 힘을 싣고 있으나 앞으로 재배 면적의 증가에 따른 수확작물의 대량소비처가 확보되지 않고는 생산 농가의 피해는 불가피하다. 따라서 단호박의 수확 후 관리기술과 새로운 식자재 생산 및 상품화 대한 기술적인 필요성이 강력히 요구되고 있다. 본 연구에서는 단호박 수확 후 살균 전처리 및 저장조건을 구명하여 장기저장 방법을 모색하여 유통기간 연장에 따른 재배농가의 소득 향상에 활용하고자 실시하였다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에 사용한 단호박의 품종은 “아지헤이”이며, 제주특별자치도 애월읍에 소재한 농가에서 2016년 재배한 것을 애월농산물유통단지에서 일괄 수거하여 애월농협 66㎡ (20평형 저온저장창고) 저온저장고 ( $13\pm 2^{\circ}\text{C}$ , 상대습도  $65\pm 5\%$ )에서 저장하면서 저장조건에 따른 시험재료로 사용하였다. 단호박은 호온성작물로서 저장온도가 엽경근채류보다 높은 온도인  $10^{\circ}\text{C}$  내외가 적정 저장온도로 알려져 있다 (10, 11, 13, 14, 15, 16). 이런 경우 저장온도가 높기 때문에 호흡량 및 증산작용 증가로 저장력이 감소되는 문제점이 야기되어, 이를 극복하기 위한 방법으로 저장 전 저온 플라즈마를 이용한 저장 기술의 저장성 개선 기술이 필요하다.

### 2. 저장조건

본 실험은 소규모 저장시험과 대규모저장시험으로 나누어서 시험하였다. 소규모 저장시험은 10번과 (평균 500g) 7개씩을 플라스틱 박스 ( $520\times 366\times 322$  mm)에 각각 담고 실온 ( $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ , 상대습도  $65\pm 5\%$ )에서 미세천공이 뚫린 비닐로 밀봉하여 12주 동안 보관한 다음 시료를 재배치하고 2주간 추가로 보관하였다. 대규모 저장시험은 단호박 8번 (평균 400g) 과와 10번 (평균 500g)과 약 500 kg 씩을 각각 24개의 플라스틱 박스 ( $520\times 366\times 322$  mm, 평균  $20\pm 1$  kg)에 골고루 나누어 담아 대조구와 오존처리구로 구분하여 저장하였다.

### 3. 마이크로플라즈마 오존 처리조건

소규모 저장시험은 10번과 단호박 7개를 미세천공이 뚫린 비닐로 밀봉한 대조구, 오존발생기 (EP PURIFICATION, PURE 1001, 0.3 g/hr)을 1초 가동하고 99초 정지를 순환하는 방법으로 에어오존을 처리 (오존처리구 1, O1,  $0.4 \pm 0.1$  ppm), 오존발생기 (EP PURIFICATION, PURE 1001, 0.3g/hr)을 1분 가동하고 89분 정지 (오존처리구 2, O2,  $5.0 \pm 1.0$  ppm)를 순환하는 방법으로 밀봉된 시료에 에어오존을 12주간 처리하였다. 에어오존의 일반세균 생육억제효과를 검증하기 위해 12주가 지난 다음 대조구, 오존처리구 1과 2를 동일한 미세천공이 뚫린 비닐에 투입하고 밀봉한 다음 오존발생기 (EP PURIFICATION, PURE 1001, 0.3g/hr)을 1초 가동하고 99초 정지를 순환하는 방법으로 2주간 추가로 저장하여 대조구와 오존처리구 1, 2를 평준화시켰다.

대규모 저장시험은 오존처리구는 미세천공이 뚫린 비닐로 밀봉한 후 오존발생기 (EP PURIFICATION, PURE 1001, 0.3g/hr)을 30초 가동하고 3분 정지를 순환하는 방법으로 에어오존을 처리하였다. 오존처리구의 평균 오존농도는 12.6~0.6 ppm이 유지되게 하였다. 대조구는 별도의 처리를 하지 않았지만, 동일 공간 내에 10주간 저장하였다. 오존처리구의 저온플라즈마 오존의 처리에 의해 저장창고 내의 평균오존농도는 0.17~0.31 ppm이었다.

#### 4. 미생물 실험

미생물 실험검체는 단호박 표면의 깨끗한 껍질, 단호박 표면의 상처부위나 깨끗하지 못한 껍질, 껍질 표피를 약 2 mm이상 제거한 내부 과육과 꼭지를 10배수 멸균수에 균질화하고, 10배수 멸균수에 단계별 희석하여 시험용액으로 하였다. 균질기(Lab Stomacher 400, Seward Medical, West Sussex, UK)를 이용 230 rpm으로 1분간 균질화하였다.

일반세균수 측정방법은 식품공전의 표준평판법 준하여 실시하였다. Plate count agar (PCA)에 검체를 혼합 응고시켜 배양 후 발생한 세균 집락수를 계수하여 검체 중의 일반세균수를 산출하였다. 시험검체 단계별 희석액 1.0 mL을 멸균 페트리접시 2매 이상씩에 무균적으로 취하였다. 약 43~45°C로 유지한 plate count agar (PCA) 약 15.0 mL를 무균적으로 분주하고 페트리접시 뚜껑에 부착하지 않도록 주의하면서 조용히 회전하여 좌우로 기울이면서 검체와 배지를 잘 혼합하여 응고시켰다. 응고시킨 페트리접시는 거꾸로 하여 35±2°C에서 48시간 배양하였다. 배양 후 즉시 집락 계산기를 사용하여 생성된 집락수를 계산하였다. 1개의 평판당 15~300개의 집락을 생성한 평판을 택하여 집락수를 계산하는 것을 원칙으로 하였다.

진균수(효모 및 사상균수)는 측정방법은 일반세균수, 표준평판법에 준하여 시험하였다. 다만, 배지는 potato dextrose agar (PDA)를 사용하여 25°C에서 3~5일간 배양한 후 발생한 집락수를 계산하고 그 평균 집락수에 희석배수를 곱하여 진균수로 하였다.



## 5. 저장단호박의 외형관찰

보관시험은 소규모로 실온에서 보관한 시료는 초기와 6주 경과 후와 저장 12주에 보관 중인 시료의 외관을 관찰하였다. 대규모 저장시험은 중간 관찰이 없이 10주 동안 보관한 후, 개봉하여 저장 중인 단호박들의 상태를 확인하였다.

## 6. 자료의 처리

본 연구의 결과는 IBM SPSS Statistics (ver. 25.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 통계처리 하였고, 각 실험군 간의 평균 차이 검증은 독립표본 T 검정을 이용하여  $p < 0.05$ 으로 수준에서 유의성을 판단하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 일반세균수

단호박의 소규모 저장 실험 일반세균수 측정 결과는 Table 1과 같다. 저장 단호박의 부위에 따른 일반세균 오염도를 확인하기 위하여 단호박 표면의 깨끗한 껍질, 단호박 표면의 상처 부위나 깨끗하지 못한 껍질, 껍질 표피를 약 2 mm이상 제거한 내부 과육과 꼭지의 4군데로 분류하여 각각의 미생물 수치를 측정하였다. 시험부위 각각의 0일차 일반세균 분포도는  $1.10 \times 10^4$ ,  $1.44 \times 10^6$ ,  $1.05 \times 10^2$ ,  $3.20 \times 10^7$  CFU/g으로 호박의 껍질 및 꼭지부분에 대부분 존재하였고, 표면에서 오염된 미생물이 내부로 전이되었는지 아니면 자라면서부터 처음부터 존재했는지 모르겠으나, 단호박의 내부에도 상당량의 일반세균이 존재하였다.

12주 동안 밀봉하여 보관하고 난 다음, 단호박 표면의 깨끗한 껍질의 대조구의 일반세균 수치는  $1.11 \times 10^5$  CFU/g이었고, 오존처리구 1과 2는 각각  $3.55 \times 10^2$ ,  $1.50 \times 10^1$  CFU/g이었다. 대조구와 비교하여 오존처리구 1과 2는 각각 2.50 log (99.68%), 3.87 log (99.99%)의 일반세균 생육저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 12주간 보관하면서 1.01 log의 일반세균이 증가하였다. 반면 오존처리구 1과 2는 각각 1.49 log (96.76%), 2.86 (99.86%)의 일반세균 생육억제가 일어났다. 단호박 표면의 상처부위나 깨끗하지 못한 껍질의 대조구의 일반세균수는  $2.85 \times 10^4$ CFU/g였고, 오존처리구 1과 2는 각각  $9.00 \times 10^1$ ,  $1.00 \times 10^1$  CFU/g이었다. 대조구와 비교하여 오존처리구 1과 2는 2.50 log (99.68%), 3.45 log (99.96%)의 일반세균 생육 저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 12주간 보관하면서 1.70 log (98.02%)의 일반세균이 감소하고, 오존처리구 1과 2는 각각 4.20 (99.99), 5.16 (99.9993%)의 일반세균 생육 억제가 일어났다. 표면에 상처를 입은 부위는 상대적인 상태로 저장 초기 상처나거나 깨끗하지

못한 부위는 미생물의 오염이 극심했었으나, 저장기간 동안 자체 면역체계로 표면이 단단해지고 외부세균에 대한 내성으로 대조구도 일반세균수가 감소한 것으로 판단된다. 대조구와 오존처리구 1과 2를 비교하면 오존처리구가 2.5 log 이상의 일반세균 생육억제효과가 있었음을 확인 할 수 있었다. 껍질 표피를 약 2 mm이상 제거한 내부 과육 대조구의 일반세균수는  $5.75 \times 10^2$  CFU/g이며, 오존처리구 1과 2는 전구간에서 일반세균이 불검출 되었다. 대조구에 비해 동일하게 2.76 (100%)의 일반세균 생육억제가 일어났다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 12주간 보관하면서 0.72 log 일반세균이 증가하고, 오존처리구 1과 2는 동일하게 2.02 log (100%)의 일반세균 생육억제효과가 있었다. 이것은 호박의 호흡율과 관련이 있는 것으로 보여지며, 호박이 저장되는 동안 호흡에 의해 외부 공기를 흡입하고 내부의 이산화탄소 및 에틸렌가스를 배출시키는 과정에서 흡입한 오존가스가 내부의 일반세균의 생육을 억제한 것으로 판단된다. 단호박의 꼭지부분의 일반세균은 대조구는  $9.50 \times 10^7$  CFU/g이며, 오존처리구 1과 2는 각각  $5.90 \times 10^7$ ,  $6.75 \times 10^6$  CFU/g이었다. 대조구에 비해 오존처리구 1과 2는 각각 0.20 log (37.37%), 1.15 log (92.89%)의 일반세균 생육저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 12주간 보관하면서 0.72 log 일반세균이 증가하였다. 오존처리구 1은 0.27 log 증가하고, 오존처리구 2는 0.68 (78.91%)의 일반세균 생육억제효과가 있었다. 꼭지부분은 수확시 조직에서 떼어낸 부분으로써 미생물의 오염으로부터 가장 취약한 부분으로 판단된다. 이미 수확시에 상처난 부위를 통하여 내부로 미생물이 유입되는 것으로 보여진다. 단호박의 내부에도 균이 많이 존재하는 것은 이 때문인 것으로 판단되며, 상처난 부위가 굳어지는 과정에서 미생물이 고정되어 그 부위에 집중된 것으로 판단된다. 따라서 단호박 수확 시기에 꼭지 부위를 소독한 다음 보관하는 것이 보관효율을 높이는데 도움이 될 것으로 판단된다.

12주간의 서로 다른 밀봉 보관 상태에서 오존가스 처리에 의한 일반세균 생육억제효과를 검증하기 위해 모든 처리구를 동일한 미세천공이 뚫린 비닐에 투입하고 밀봉한 다음 오존발생기 (EP PURIFICATION, PURE 1001, 0.3g/hr)을 1초 가동하고 99초 정지를 순환하는 방법으로 2주간 추가로 저장하여 오존 가스의 일반세균 생육억제효과를 확인하였다. 단호박 표면의 깨끗한 껍질의 대조구의 일반세균수는

$1.72 \times 10^4$  CFU/g으로, 오존을 처리하지 않았던 12주보다 0.80 log (84.50%) 일반미생물 생육저해효과가 나타났다. 오존처리구 1과 2는 각각  $4.50 \times 10^1$  CFU/g, 불검출이었다. 이상의 결과는 대조구에 비하여 2.58 log (99.74%), 4.24 log (100%)의 일반세균 생육 저해효과가 있었다. 또한, 이러한 결과는 0일차 보관시료와 비교하였을 때 각각 2.39 log (99.59%), 4.04 log (100%)의 일반세균 생육 억제효과를 나타내었다. 에어 오존을 처리하지 않은 무처리 대조구를 2주간 에어 오존을 처리하였을 경우 일반세균이 줄어들었으며, 지속적인 에어 오존처리한 오존처리구 또한 시간이 경과할수록 일반세균이 줄어드는 것으로 보아 이것은 에어 오존의 일반세균 감소효과가 나타난 것으로 판단된다. 단호박 표면의 상처부위나 깨끗하지 못한 껍질의 대조구 일반세균수는  $5.20 \times 10^3$  CFU/g으로, 오존을 처리하지 않았던 12주보다 0.74 log (81.75%) 일반세균 생육저해 효과가 나타났다. 오존처리구 1과 2도 각각 불검출되었고  $5.00 \times 10^1$  CFU/g으로 대조구에 비하여 3.72 log (100%), 2.02 log (99.04%)의 일반세균 생육 저해효과가 나타났다. 이것은 에어오존에 의해 보관 중인 단호박의 표면 미생물이 줄어드는 것으로 판단된다. 단호박 껍질 표피를 약 2 mm이상 제거한 내부 과육 대조구의 일반세균수는  $7.00 \times 10^1$  CFU/g으로, 오존을 처리하지 않았던 12주보다 0.74 log (81.75%) 일반세균 생육저해 효과가 나타났다. 오존처리구 1과 2도 각각  $2.20 \times 10^2$  CFU/g과 불검출이었다. 12주차에 오존처리구는 모두 불검출이었으나 2주가 경과한 시점에서 오존처리구가 1의 내부에서 균이 발견된 것은 시료의 차이에 의한 것으로 판단되며, 이것은 이후 결과로 도출될 꼭지 부분의 일반세균 수치와 관련이 있는 것으로 판단된다. 오존처리구 1의 경우 시료의 차이에 의해 이미 내부에 오염이 심한 시료가 선택되었을 것으로 예상된다. 단호박의 꼭지부분의 일반세균은 대조구는  $1.61 \times 10^7$  CFU/g으로, 오존을 처리하지 않았던 12주보다 0.77 log (83.05%) 일반세균 생육저해 효과가 나타났다. 그러나 오존처리구 1과 2는 오히려 각각 0.2 log (59.01%), 0.01 log (1.24%)로 증가하였다. 이러한 결과는 단호박이 저장기간동안 호흡에 의해 에어오존이 단호박의 표면 및 내부에 영향을 미쳐 일반세균 생육저하효과를 나타내었지만, 꼭지부분은 12주간 추가 2주의 저장기간과 오존처리에 관계없이 일반세균수가 일정하게 유지되고 수치가 줄어들지 않았다. 이러한 이유는 수확시기에 컷팅될 때 꼭지 표면에 오염된 균이 그대로 유지되거나 증식되어 그 수치가 일정하게 유지되고, 표면이 굳어진 상태로 고착되어 호흡이 일어

나지 않아 오존의 반응이 유일하게 일어나지 않은 부위로 판단된다.

이상의 결과로 볼 때, 에어오존을  $0.4 \pm 0.1$  ppm 유지하거나,  $5.0 \pm 1.0$  ppm이 일정하게 유지되도록 저장하면, 아무런 처리를 하지 않는 대조구에 비교하여 일반세균 생육억제효과가 나타났다. 오존 발생기를 1초 가동하고 99초 정지하는 방법으로 에어오존을 공급하고 정지하는 시간을 짧게 하는 것보다, 오존발생기를 1분 가동하고 89분 정지하는 방법으로 오존을 잠시 공급하고 오랫동안 오존공급을 중단하여 내부의 오존이 반응할 시간을 충분히 주는 방법이 효과적이었다. 보관시험을 종료하고 전처리구를  $0.4 \pm 0.1$  ppm으로 유지시켜, 대조구에서도 일반세균 생육저해효과가 나타난 것으로 보아 일반세균 생육 저해 효과는 에어오존의 효과인 것으로 판단된다. 꼭지 부분은 저장기간 증가 및 오존처리에 관계없이 그 수치의 증감이 없이 일정하게 유지되는 것으로 보아, 단호박의 호흡량과 에어오존의 상관관계에 의해 일반세균 생육 저해효과가 나타나는 것으로 판단된다. 에어오존의 호흡이 일어나지 않은 꼭지 부분의 미생물수치가 처리구와 처리기간에 관계없이 일정한 수치가 유지되는 것이 그 이유이다.

Table 1. Inhibitory effect of air ozone on the growth of general bacteria in small-scale storage sweet pumpkin (CFU/g)

| Treatment               |                  | 0weeks             | 12weeks              | add 2weeks <sup>7)</sup> |
|-------------------------|------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|
| Rind-C <sup>1)</sup>    | Control          | $1.10 \times 10^4$ | $1.11 \times 10^5$   | $1.72 \times 10^4$       |
|                         | O1 <sup>5)</sup> |                    | $3.55 \times 10^2$   | $4.50 \times 10^1$       |
|                         | O2 <sup>6)</sup> |                    | $1.50 \times 10^1$   | ND <sup>8)</sup>         |
| Rind-H <sup>2)</sup>    | Control          | $1.44 \times 10^6$ | $2.85 \times 10^4$   | $5.20 \times 10^3$       |
|                         | O1               |                    | $9.00 \times 10^1$   | ND                       |
|                         | O2               |                    | $121.00 \times 10^1$ | $5.00 \times 10^1$       |
| Pulp <sup>3)</sup>      | Control          | $1.05 \times 10^2$ | $5.75 \times 10^2$   | $7.00 \times 10^1$       |
|                         | O1               |                    | ND                   | $2.20 \times 10^2$       |
|                         | O2               |                    | ND                   | ND                       |
| Stalk end <sup>4)</sup> | Control          | $3.20 \times 10^7$ | $9.50 \times 10^7$   | $1.61 \times 10^7$       |
|                         | O1               |                    | $5.90 \times 10^7$   | $2.56 \times 10^7$       |
|                         | O2               |                    | $6.75 \times 10^6$   | $1.63 \times 10^7$       |

1) Rind of the pumpkin clean side.

2) Scratched or unclean side of pumpkin rind.

3) Sweet pumpkin pulp with about 2 mm or more removed rind.

4) stalk end of a sweet pumpkin.

5) O1 (Ozone treatment 1). Activate the air ozone generator (0.3g/hr) for 1 second and stop for 99 seconds repeated samples. And stored at room temperature ( $18 \pm 2$  °C, relative humidity  $65 \pm 5\%$ ).

6) O2 (Ozone treatment 2). Activate the air ozone generator (0.3g/hr) for 1 minute and stop for 99 minute repeated samples. And stored at room temperature ( $18 \pm 2$  °C, relative humidity  $65 \pm 5\%$ ).

7) After 12 weeks of each treatment period, the test was carried out for addition 2 weeks, and activate the air ozone generator (0.3g/hr) for 1 second and stop for 99 seconds repeated samples was supplied to the pretreatment (control, O1, O2). And stored at room temperature ( $18 \pm 2$  °C, relative humidity  $65 \pm 5\%$ ).

8) ND : Not detected.

소규모 실험결과를 바탕으로 농가에 적용가능한 대규모 저장 실험의 일반세균수 측정 결과는 Table 2, 3과 같다. 저장 단호박의 부위에 따른 일반세균 오염도를 확인하기 위하여 단호박 표면의 깨끗한 껍질, 단호박 표면의 상처부위나 깨끗하지 못한 껍질, 껍질 표피를 약 2 mm이상 제거한 내부 과육과 꼭지의 4군데로 분류하여 각각의 미생물 수치를 측정하였다. 단호박의 크기에 따른 시험결과 변이를 도출하기 위해 8번과와 10번과를 동시에 시험하였다. 단호박 8번과 시험부위 각각의 0일차 일반세균은 각각  $2.50 \times 10^6$ ,  $2.53 \times 10^7$ ,  $8.00 \times 10^4$ ,  $2.63 \times 10^8$  CFU/g으로 단호박의 껍질 및 꼭지 부분에 대부분의 일반세균이 존재하였고, 표면에서 오염된 미생물이 내부로 전이되었는지 아니면 자라면서부터 처음부터 존재했는지 모르겠으나 단호박의 내부에도 상당량의 일반세균이 존재하였다. 10주의 보관기간을 거치면서 단호박 8번과 깨끗한 껍질의 대조구 일반세균수는  $6.45 \times 10^3$  CFU/g이었고, 오존처리구는  $1.28 \times 10^3$  CFU/g으로 0.70 log (80.16%)의 일반세균 생육 저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 2.59 log (99.74%), 오존처리구는 3.29 log (99.95%)의 일반세균 생육 억제가 일어났다. 대조구의 일반세균수가 줄어든 원인은 저장창고 내부의 오존농도가 0.17~0.31 ppm로 유지되고 있었기 때문인 것으로 사료된다. 오존농도가 12.6~0.6 ppm으로 유지된 오존처리구는 대조구에 비해 0.7 log의 뛰어난 일반세균의 생육저해효과가 있었다. 0.3 ppm이하의 오존농도보다 평균 오존농도가 6.6 ppm을 유지한 고농도 오존처리가 일반세균에 대한 저장 안전성이 뛰어난 것으로 나타났다. 10주의 보관기간을 거치면서 단호박 8번과 상처 부위나 깨끗하지 못한 껍질의 대조구 일반세균수는  $3.95 \times 10^5$  CFU/g이었고, 오존처리구는  $8.45 \times 10^4$  CFU/g으로 0.67log (78.61%)의 일반세균 생육저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 1.81 log (98.44%), 오존처리구는 2.48 log (99.67%)의 일반세균 생육 억제가 일어났다. 10주의 보관기간을 거치면서 단호박 껍질 표피를 약 2 mm이상 제거한 내부 과육 대조구의 일반세균수는  $4.75 \times 10^3$  CFU/g, 오존처리구는  $3.50 \times 10^2$  CFU/g으로 1.13 log (92.63%)의 일반세균 생육 저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 1.23 log (94.06), 오존처리구는 2.36 log (99.56%)의 일반세균 생육 억제가 일어났다. 소규모의 저장 시험에는 호박의 개체가 적어 평균 5.0 ppm으로도 단호박 내부 일반세균을 제거하기에 충분한 오존 농도였으나, 대규모 저장에서는 이보다 높은 평균 6.6 ppm의 오

존으로도 내부의 미생물을 완전히 제어하는데 충분하지 못한 농도였다. 밀식으로 저장하는 방법 또한, 에어 오존이 단호박 개별 개체에 대해 충분히 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다. 10주의 보관기간을 거치면서 단호박 8번과 쪽지의 대조구 일반세균수는  $1.30 \times 10^8$  CFU/g, 오존처리구는  $6.45 \times 10^7$  CFU/g으로 0.30 log (50.38%)의 일반세균 생육저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 0.31 log (50.50%), 오존처리구는 0.61 log (75.44%)의 일반세균 생육억제가 일어났다. 소규모 저장시험과 유사하게 대규모 저장시험에서도 단호박 쪽지에서의 일반세균의 수치가 가장 높고 오존처리에 의해서도 일반세균의 생육저해효과가 가장 낮게 나타났다. 이것은 사멸된 조직으로 미생물이 고착화 되고, 호흡이 없는 관계로 오존이 영향을 미치지 못한 것으로 판단된다. 대규모 저장은, 그러나 소규모의 저장시험과는 달리 시료가 많이 보관되고 보관되는 위치에 따라 전체적인 미생물의 수치를 줄이기에는 부족함이 있었다.



Table 2. Inhibitory effect of air ozone on the growth of general bacteria in large-scale storage No. 8 sweet pumpkin (CFU/g)

| Treatment               |                   | 0Weeks             | 10Weeks            | Value of microorganism log (%) decrease |
|-------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---|
| Rind-C <sup>1)</sup>    | 8-C <sup>5)</sup> | $2.50 \times 10^6$ | $6.45 \times 10^3$ | 0.70 (80.16)                            |
|                         | 8-O <sup>6)</sup> |                    | $1.28 \times 10^3$ |   |
| Rind-H <sup>2)</sup>    | 8-C               | $2.53 \times 10^7$ | $3.95 \times 10^5$ | 0.67 (78.61)                            |
|                         | 8-O               |                    | $8.45 \times 10^4$ |   |
| Pulp <sup>3)</sup>      | 8-C               | $8.00 \times 10^4$ | $4.75 \times 10^3$ | 1.13 (92.63)                            |
|                         | 8-O               |                    | $3.50 \times 10^2$ |   |
| Stalk end <sup>4)</sup> | 8-C               | $2.63 \times 10^8$ | $1.30 \times 10^8$ | 0.30 (50.38)                            |
|                         | 8-O               |                    | $6.45 \times 10^7$ |   |

1) Rind of the pumpkin clean side.

2) Scratched or unclean side of pumpkin rind.

3) Sweet pumpkin pulp with about 2 mm or more removed rind.

4) stalk end of a sweet pumpkin.

5) No. 8 sweet pumpkin control group. Store at a temperature of  $13 \pm 2^\circ\text{C}$  in a  $66\text{m}^3$  frozen storage warehouse. The ozone concentration in the atmosphere was 0.17-0.31 ppm.

6) No. 8 sweet pumpkin ozone treatment group. Store at a temperature of  $13 \pm 2^\circ\text{C}$  in a  $66\text{m}^3$  frozen storage warehouse. Activate the air ozone generator (0.3g/hr) for 30 second and stop for 3 minute repeated samples. The ozone concentration in the atmosphere was 12.60-0.60 ppm.

단호박 10번과 시험부위 각각의 0일차 일반세균은 각각  $4.85 \times 10^5$ ,  $2.41 \times 10^7$ ,  $4.00 \times 10^4$ ,  $2.15 \times 10^8$  CFU/g으로 단호박의 껍질 및 꼭지부분에 대부분의 일반세균이 존재하였고, 단호박의 내부에도 상당량의 일반세균이 존재하였다. 10주의 보관기간을 거치면서 단호박 10번과 깨끗한 껍질의 대조구 일반세균수는  $9.45 \times 10^3$  CFU/g이었고, 오존처리구는  $4.95 \times 10^2$  CFU/g으로 1.28 log (94.76%)의 일반세균 생육 저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 1.71 log (98.05%), 오존처리구는 2.99 log (99.90%)의 일반세균 생육 억제가 일어났다. 10주의 보관기간을 거치면서 단호박 10번과 상처부위나 깨끗하지 못한 껍질의 대조구 일반세균수는  $3.50 \times 10^5$  CFU/g이었고, 오존처리구는  $8.10 \times 10^4$  CFU/g으로 0.63 log (76.82%)의 일반세균 생육 저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 1.84 log (98.55%), 오존처리구는 2.47 log (99.66%)의 일반세균 생육억제가 일어났다. 10주의 보관기간을 거치면서 단호박 껍질 표피를 약 2 mm이상 제거한 내부 과육 대조구의 일반세균수는  $2.10 \times 10^3$  CFU/g, 오존처리구는  $6.15 \times 10^2$  CFU/g으로 0.53 log (70.71%)의 일반세균 생육 저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 1.28 log (94.75%), 오존처리구는 1.81 log (98.46%)의 일반세균 생육 억제가 일어났다. 10주의 보관기간을 거치면서 단호박 8번과 꼭지의 대조구 일반세균수는  $3.83 \times 10^8$  CFU/g, 오존처리구는  $9.25 \times 10^7$  CFU/g으로 0.62 log (75.82%)의 일반세균 생육저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 0.25 log 증가하였고, 오존처리구는 0.37 log (57.02%)의 일반세균 생육억제가 일어났다. 단호박 8번과와 10번과에 대한 일반세균 생육억제효과는 유사하였다.

Table 3. Inhibitory effect of air ozone on the growth of general bacteria in large-scale storage No. 10 sweet pumpkin (CFU/g)

| Treatment               |                    | 0Weeks             | 10Weeks            | Value of general bacteria log (%) decrease |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|
| Rind-C <sup>1)</sup>    | 10-C <sup>5)</sup> | $4.85 \times 10^5$ | $9.45 \times 10^3$ | 1.28 (94.76)                               |
|                         | 10-O <sup>6)</sup> |                    | $4.95 \times 10^2$ |  |
| Rind-H <sup>2)</sup>    | 10-C               | $2.41 \times 10^7$ | $3.50 \times 10^5$ | 0.63 (76.82)                               |
|                         | 10-O               |                    | $8.10 \times 10^4$ |  |
| Pulp <sup>3)</sup>      | 10-C               | $4.00 \times 10^4$ | $2.10 \times 10^3$ | 0.53 (70.71)                               |
|                         | 10-O               |                    | $6.15 \times 10^2$ |  |
| Stalk end <sup>4)</sup> | 10-C               | $2.15 \times 10^8$ | $3.83 \times 10^8$ | 0.62 (75.82)                               |
|                         | 10-O               |                    | $9.25 \times 10^7$ |  |

1) Rind of the pumpkin clean side.

2) Scratched or unclean side of pumpkin rind.

3) Sweet pumpkin pulp with about 2 mm or more removed rind.

4) stalk end of a sweet pumpkin.

5) No. 10 sweet pumpkin control group. Store at a temperature of  $13 \pm 2^\circ\text{C}$  in a  $66\text{m}^2$  frozen storage warehouse. The ozone concentration in the atmosphere was 0.17-0.31 ppm.

6) No. 10 sweet pumpkin ozone treatment group. Store at a temperature of  $13 \pm 2^\circ\text{C}$  in a  $66\text{m}^2$  frozen storage warehouse. Activate the air ozone generator (0.3g/hr) for 30 second and stop for 3 minute repeated samples. The ozone concentration in the atmosphere was 12.60-0.60 ppm.

## 2. 진균류 (효모 및 사상균수)

단호박의 소규모 저장 실험 일반세균수 측정 결과는 Table 4와 같다. 저장 단호박의 부위에 따른 진균류 오염도를 확인하기 위하여 단호박 표면의 깨끗한 껍질, 단호박 표면의 상처 부위나 깨끗하지 못한 껍질, 껍질 표피를 약 2 mm이상 제거한 내부 과육과 꼭지의 4군데로 분류하여 각각의 진균류 수치를 측정하였다. 시험부위 각각의 0일차 진균류 분포도는  $1.27 \times 10^4$ ,  $1.02 \times 10^5$ ,  $8.80 \times 10^2$ ,  $2.82 \times 10^7$  CFU/g으로 호박의 껍질 및 꼭지 부분에 대부분 존재하였고, 단호박의 내부에도 일부 진균류가 존재하였다.

12주 동안 밀봉하여 보관하고 난 다음, 단호박 표면의 깨끗한 껍질의 대조구의 진균수는  $8.10 \times 10^4$  CFU/g이며, 오존처리구 1과 2는  $1.27 \times 10^4$ ,  $1.02 \times 10^5$  CFU/g이었다. 대조구와 비교하여 오존처리구 1과 2는 각각 2.57 log (99.73%), 2.87 log (99.86%)의 진균 생육 저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 12주간 보관하면서 0.81 log의 진균수가 증가하였다. 반면 오존처리구 1과 2는 각각 1.76 log (98.26%), 2.06 (99.13%)의 진균 생육 억제효과가 일어났다. 단호박 표면의 상처 부위나 깨끗하지 못한 껍질의 대조구의 진균수는  $2.45 \times 10^4$  CFU/g이며, 오존처리구 1과 2는 각각  $1.35 \times 10^2$ ,  $3.65 \times 10^2$  CFU/g이었다. 대조구와 비교하여 오존처리구 1과 2는 각각 2.86 log (99.45%), 1.83 log (98.51%)의 진균 생육 저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 12주간 보관하면서 0.62 log (75.86%), 오존처리구 1과 2는 각각 2.88 log (99.87%), 2.44 (99.64%)의 진균 생육 억제효과가 일어났다. 단호박 껍질 표피를 약 2 mm이상 제거한 내부 과육 대조구의 진균수는  $4.60 \times 10^2$  CFU/g이며, 오존처리구 1과 2는 각각 불검출이었다. 대조구와 비교하여 오존처리구 1과 2는 동일하게 2.66 log (100%)의 진균 생육 저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 12주간 보관하면서 0.28 log (47.73%), 오존처리구 1과 2는 동일하게 2.94 log (100%)의 진균 생육 저해효과를 나타내었다. 단호박 꼭지 부분의 진균수는  $5.70 \times 10^7$  CFU/g이며, 오존처리구 1과 2는 각각  $2.07 \times 10^7$ ,  $2.53 \times 10^6$  CFU/g이었다. 대조구와 비교하여 오존

처리구 1과 2는 대조구에 비해 0.44 log (63.77%), 1.35 log (95.57%)의 미생물 생육 저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 12주간 보관 하면서 0.31 log 증가하였다. 이에 반해 오존처리구 1과 2는 각각 0.13 log (26.64%), 1.05 (91.03%)의 진균 생육 억제효과가 일어났다.

12주간의 서로 다른 밀봉 보관 상태에서 플라즈마 에어오존 처리에 의한 진균 생육억제효과를 검증하기 위해 모든 처리구를 동일한 미세천공이 뚫린 비닐에 투입하고 밀봉한 다음 오존발생기 (EP PURIFICATION, PURE 1001, 0.3g/hr)을 1초 가동하고 99초 정지를 순환하는 방법으로 2주간 추가로 저장하여 오존의 진균 생육 억제효과를 확인하였다. 단호박 표면의 깨끗한 껍질의 대조구의 진균수는  $2.55 \times 10^3$  CFU/g으로, 오존을 처리하지 않았던 12주보다 1.50 log (96.85%) 진균 생육억제효과가 나타났다. 오존처리구 1과 2는 각각  $7.50 \times 10^1$  CFU/g 불검출이었다. 대조구와 비교하여 오존처리구 1과 2는 각각 1.53 log (97.06%), 3.41 log (100%)의 진균 생육저해효과가 나타내었다. 이것을 0일차 시료와 비교하면 대조구는 0.70 log (79.84%), 오존처리구 1과 2는 각각 2.23 log (99.41%), 4.10 log (100%)의 진균 생육 억제효과를 나타내었다. 에어 오존을 처리하지 않은 무처리 대조구를 2주간 에어오존을 처리하였을 경우와 에어 오존처리가 지속적인 오존처리구 또한 시간이 경과할수록 진균이 줄어들었다. 이상의 결과로 볼 때, 오존에 의해 진균 감소효과가 나타나는 것으로 판단된다. 단호박 표면의 상처 부위나 깨끗하지 못한 껍질의 대조구는  $4.70 \times 10^2$  CFU/g으로, 오존을 처리하지 않았던 12주보다 1.72 log (98.08%) 진균 생육억제효과가 나타났다. 오존처리구 1과 2도 각각  $1.0 \times 10^1$  CFU/g과 불검출이었다. 대조구와 비교하여 오존처리구 1과 2는 각각 1.67 log (97.87%), 2.67 log (100%)의 진균 생육억제효과가 나타났다. 이것을 0일차 시료와 비교하면 대조구는 2.33 log (99.54%), 오존처리구 1과 2는 각각 4.01 log (99.99%), 5.01 log (100%)의 진균 생육억제효과를 나타내었다. 단호박 껍질 표피를 약 2 mm이상 제거한 내부 과육의 대조구는  $7.50 \times 10^1$  CFU/g으로, 오존을 처리하지 않았던 12주보다 0.79 log (83.70%) 진균 생육억제효과가 나타났다. 오존처리구는 전구간 불검출이었다. 대조구와 비교하여 오존처리 전구간은 2.66 log (100%)의 진균 생육억제효과가 나타났다. 이것을 0일차 시료와 비교하면 대조구는 1.07 log (91.484%), 오존처리 전구간은 2.94 log

(100%)의 진균 생육억제효과를 나타내었다. 오존의 공급에 의해 대조구와 지속적으로 오존이 처리된 오존처리구 전구간에서 진균수가 감소한 것으로 보아, 오존의 효과인 것으로 판단된다. 단호박의 꼭지부분의 대조구는  $9.79 \times 10^7$  CFU/g으로, 오존을 처리하지 않았던 12주보다 0.49 log (67.81%) 진균 생육억제효과가 나타났다. 대조구와 비교하여 오존처리구 1과 2는 각각 0.21 log (38.96%), 0.99 log (89.67%)의 진균 생육저해효과를 나타내었다. 이것을 0일차 시료와 비교하면 대조구는 0.19 log (34.81%), 오존처리구 1과 2는 각각 0.40 log (60.21%), 1.17 log (93.27%)의 진균 생육억제효과를 나타내었다.

Table 4. Inhibitory effect of air ozone on the growth of eumycetes in small-scale storage sweet pumpkin (CFU/g)

| Treatment               |                  | 0weeks             | 12weeks            | add 2weeks <sup>7)</sup> |
|-------------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| Rind-C <sup>1)</sup>    | Control          | $1.27 \times 10^4$ | $8.10 \times 10^4$ | $2.55 \times 10^3$       |
|                         | O1 <sup>5)</sup> |                    | $2.20 \times 10^2$ | $7.50 \times 10^1$       |
|                         | O2 <sup>6)</sup> |                    | $1.05 \times 10^2$ | ND <sup>8)</sup>         |
| Rind-H <sup>2)</sup>    | Control          | $1.02 \times 10^5$ | $2.45 \times 10^4$ | $4.70 \times 10^2$       |
|                         | O1               |                    | $1.35 \times 10^2$ | $1.00 \times 10^1$       |
|                         | O2               |                    | $3.65 \times 10^2$ | ND                       |
| Pulp <sup>3)</sup>      | Control          | $8.80 \times 10^2$ | $4.60 \times 10^2$ | $7.50 \times 10^1$       |
|                         | O1               |                    | ND                 | ND                       |
|                         | O2               |                    | ND                 | ND                       |
| Stalk end <sup>4)</sup> | Control          | $2.82 \times 10^7$ | $5.70 \times 10^7$ | $9.79 \times 10^7$       |
|                         | O1               |                    | $2.07 \times 10^7$ | $1.12 \times 10^7$       |
|                         | O2               |                    | $2.53 \times 10^6$ | $1.90 \times 10^6$       |

- 1) Rind of the pumpkin clean side.
- 2) Scratched or unclean side of pumpkin rind.
- 3) Sweet pumpkin pulp with about 2 mm or more removed rind.
- 4) stalk end of a sweet pumpkin.
- 5) O1 (Ozone treatment 1). Activate the air ozone generator (0.3g/hr) for 1 second and stop for 99 seconds repeated samples. And stored at room temperature ( $18 \pm 2$  °C, relative humidity  $65 \pm 5\%$ ).
- 6) O2 (Ozone treatment 2). Activate the air ozone generator (0.3g/hr) for 1 minute and stop for 99 minute repeated samples. And stored at room temperature ( $18 \pm 2$  °C, relative humidity  $65 \pm 5\%$ ).
- 7) After 12 weeks of each treatment period, the test was carried out for addition 2 weeks, and activate the air ozone generator (0.3g/hr) for 1 second and stop for 99 seconds repeated samples was supplied to the pretreatment (control, O1, O2). And stored at room temperature ( $18 \pm 2$  °C, relative humidity  $65 \pm 5\%$ ).
- 8) Not detected

대규모 실험결과를 바탕으로 농가에 적용 가능한 대규모 저장 실험의 진균수 측정 결과는 Table 5, 6과 같다. 저장 단호박의 부위에 따른 진균 오염도를 확인하기 위하여 단호박 표면의 깨끗한 껍질, 단호박 표면의 상처부위나 깨끗하지 못한 껍질, 껍질 표피를 약 2 mm 이상 제거한 내부 과육과 꼭지의 4군데로 분류하여 각각의 미생물 수치를 측정하였다. 단호박의 크기에 따른 시험결과 변이를 도출하기 위해 8번과와 10번과를 동시에 시험하였다. 단호박 8번과 시험부위 각각의 0일차 진균은 각각  $5.20 \times 10^5$ ,  $1.84 \times 10^6$ ,  $1.33 \times 10^4$ ,  $1.45 \times 10^8$  CFU/g으로 단호박의 껍질 및 꼭지 부분에 대부분의 진균이 존재하였고, 단호박의 내부에도 상당량의 존재하였다. 10주의 보관기간을 거치면서 단호박 8번과 깨끗한 껍질의 대조구는  $8.15 \times 10^3$  CFU/g이었고, 오존처리구는  $2.19 \times 10^3$  CFU/g으로 0.57 log (73.19%)의 진균 생육저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 1.80 log (98.43%), 오존처리구는 2.38 log (99.58%)의 진균 생육억제효과가 일어났다. 대조구의 진균수가 줄어든 원인은 저장창고 내부의 오존농도가 0.17~0.31 ppm로 유지되어 오존의 살균력에 의해 줄어든 것으로 판단된다. 10주의 보관기간을 거치면서 단호박 8번과 상처부위나 깨끗하지 못한 껍질의 대조구 진균수는  $1.15 \times 10^5$  CFU/g, 오존처리구는  $1.89 \times 10^4$  CFU/g으로 0.78 log (83.57%)의 진균 생육저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 1.74 log (98.18%), 오존처리구는 2.02 log (99.04%)의 진균 생육저해효과가 있었다. 이러한 결과는 깨끗한 껍질의 결과와 유사하였다. 10주의 보관기간을 거치면서 단호박 껍질 표피를 약 2 mm 이상 제거한 내부 과육 8번과의 대조구는  $3.43 \times 10^3$  CFU/g, 오존처리구는  $1.20 \times 10^2$  CFU/g으로 1.46 log (96.50%)의 진균 생육저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 0.59 log (74.25%), 오존처리구는 2.04 log (99.10%)의 진균 생육저해효과가 있었다. 오존처리구가 대조구보다 높은 것으로 보아 저농도 오존 (0.17~0.31 ppm)보다 고농도 (12.6~0.6 ppm)으로 유지된 공기조성에서 단호박이 호흡에 의해 많은 오존을 흡입하여 진균 생육에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 이것을 소규모의 저장시험과 비교하면 소규모에서는 시료의 수가 적어 평균 0.4 ppm과 평균 5.0 ppm의 처리에도 내부의 진균을 모두 제거하는 효과를 나타내었지만, 대량보관에서는 평균 6.6 ppm의 농도가 유지되었음에도 내부의 진균을 완전히 제거하지는 못하였다. 시료의 저장위치에 따라 오존이 영향을 미치는 정도의



차이가 나기 때문인 것으로 판단된다. 밀식 저장에서 이러한 문제를 해결하는 것이 우선인 것으로 판단된다. 10주의 보관기간을 거치면서 단호박 8번과 꼭지의 대조구 진균수는  $6.60 \times 10^7$  CFU/g, 오존처리구는  $9.00 \times 10^6$  CFU/g으로 0.87 log (86.36%)의 미생물 생육저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 0.34 log (54.58%), 오존처리구는 1.21 log (93.81%)의 진균 생육저해효과가 있었다.

Table 5. Inhibitory effect of air ozone on the growth of eumycetes in large-scale storage No. 8 sweet pumpkin (CFU/g)

| Treatment               |                   | 0Weeks             | 10Weeks            | Value of microorganism log (%) decrease |
|-------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---|
| Rind-C <sup>1)</sup>    | 8-C <sup>5)</sup> | $5.20 \times 10^5$ | $8.15 \times 10^3$ | 0.57 (73.19)                            |
|                         | 8-O <sup>6)</sup> |                    | $2.19 \times 10^3$ |   |
| Rind-H <sup>2)</sup>    | 8-C               | $1.84 \times 10^6$ | $1.15 \times 10^5$ | 0.78 (83.57)                            |
|                         | 8-O               |                    | $1.89 \times 10^4$ |   |
| Pulp <sup>3)</sup>      | 8-C               | $1.33 \times 10^4$ | $3.43 \times 10^3$ | 1.46 (96.50)                            |
|                         | 8-O               |                    | $1.20 \times 10^2$ |   |
| Stalk end <sup>4)</sup> | 8-C               | $1.45 \times 10^8$ | $6.60 \times 10^7$ | 0.87 (86.36)                            |
|                         | 8-O               |                    | $9.00 \times 10^6$ |   |

1) Rind of the pumpkin clean side.

2) Scratched or unclean side of pumpkin rind.

3) Sweet pumpkin pulp with about 2 mm or more removed rind.

4) stalk end of a sweet pumpkin.

5) No. 8 sweet pumpkin control group. Store at a temperature of  $13 \pm 2^\circ\text{C}$  in a  $66\text{m}^3$  frozen storage warehouse. The ozone concentration in the atmosphere was 0.17-0.31 ppm.

6) No. 8 sweet pumpkin ozone treatment group. Store at a temperature of  $13 \pm 2^\circ\text{C}$  in a  $66\text{m}^3$  frozen storage warehouse. Activate the air ozone generator (0.3g/hr) for 30 second and stop for 3 minute repeated samples. The ozone concentration in the atmosphere was 12.60-0.60 ppm.

단호박 10번과 시험부위 각각의 0일차 진균수는 각각  $1.27 \times 10^5$ ,  $1.02 \times 10^6$ ,  $8.80 \times 10^3$ ,  $2.82 \times 10^7$ 으로 대부분 호박의 껍질과 꼭지부분에 분포하였다. 깨끗한 껍질의 10번과 대조구 진균수는  $8.85 \times 10^3$  CFU/g이었고, 오존처리구는  $4.65 \times 10^3$  CFU/g으로 0.28 log (47.46%)의 진균 생육저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 1.74 log (98.18%), 오존처리구는 2.02 log (99.04%)의 진균 생육억제효과로 8번과와 유사하게 진균의 생육억제효과를 나타내었다. 상처부위나 깨끗하지 못한 껍질의 10번과의 대조구는 진균수는  $1.62 \times 10^5$  CFU/g이었고, 오존처리구는  $2.90 \times 10^3$  CFU/g으로 1.75 log (98.21%)의 진균 생육저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 0.80 log (84.04%), 오존처리구는 2.54 log (99.71%)로 8번과와 비교하여 대조구는 낮았고 오존처리구는 높은 진균의 생육억제효과를 나타내었다. 단호박 껍질 표피를 약 2 mm이상 제거한 내부 과육 10번과의 대조구는  $1.78 \times 10^3$  CFU/g이었고, 오존처리구는  $3.80 \times 10^2$  CFU/g으로 0.67 log (78.65%)의 진균 생육저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 0.69 log (79.77%), 오존처리구는 1.36 log (95.68%)의 진균 생육억제효과로 8번과와 유사하게 진균의 생육억제효과를 나타내었다. 단호박 꼭지의 10번과 대조구는  $3.15 \times 10^7$  CFU/g이었고, 오존처리구는  $3.82 \times 10^6$  CFU/g으로 0.92 log (87.87%)의 미생물 생육저해효과를 나타내었다. 이것을 각각 0일차 시료와 비교하면 대조구는 0.05 log (11.90%) 진균이 증가하였고, 오존처리구는 0.87 log (86.43%)의 진균 생육저해효과가 있었다. 그러나 꼭지는 상대적으로 오존처리에 의해 많은 효과를 나타내지는 못하였다.

Table 6. Inhibitory effect of air ozone on the growth of eumycetes in large-scale storage No. 10 sweet pumpkin (CFU/g)

| Treatment               |                    | 0Weeks             | 10Weeks            | Value of general bacteria log (%) decrease |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|
| Rind-C <sup>1)</sup>    | 10-C <sup>5)</sup> | $1.27 \times 10^5$ | $8.85 \times 10^3$ | 0.28 (47.46)                               |
|                         | 10-O <sup>6)</sup> |                    | $4.65 \times 10^3$ |  |
| Rind-H <sup>2)</sup>    | 10-C               | $1.02 \times 10^6$ | $1.62 \times 10^5$ | 1.75 (98.21)                               |
|                         | 10-O               |                    | $2.90 \times 10^3$ |  |
| Pulp <sup>3)</sup>      | 10-C               | $8.80 \times 10^3$ | $1.78 \times 10^3$ | 0.67 (78.65)                               |
|                         | 10-O               |                    | $3.80 \times 10^2$ |  |
| Stalk end <sup>4)</sup> | 10-C               | $2.82 \times 10^7$ | $3.15 \times 10^7$ | 0.92 (87.87)                               |
|                         | 10-O               |                    | $3.82 \times 10^6$ |  |

1) Rind of the pumpkin clean side.

2) Scratched or unclean side of pumpkin rind.

3) Sweet pumpkin pulp with about 2 mm or more removed rind.

4) stalk end of a sweet pumpkin.

5) No. 10 sweet pumpkin control group. Store at a temperature of  $13 \pm 2^\circ\text{C}$  in a  $66\text{m}^3$  frozen storage warehouse. The ozone concentration in the atmosphere was 0.17-0.31 ppm.

6) No. 10 sweet pumpkin ozone treatment group. Store at a temperature of  $13 \pm 2^\circ\text{C}$  in a  $66\text{m}^3$  frozen storage warehouse. Activate the air ozone generator (0.3g/hr) for 30 second and stop for 3 minute repeated samples. The ozone concentration in the atmosphere was 12.60-0.60 ppm.

### 3. 저장단호박의 외형관찰

소규모 시험으로 단호박 7개를 미세천공이 뚫린 비닐로 밀봉한 다음 대조구와 오존처리구 1과 2를 12주간 실온 ( $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ , 상대습도  $65\pm 5\%$ )에 보관한 후 외형을 관찰한 것을 Figure 1에 나타내었다. 저장초기 진초록색으로 밝았던 단호박들은 저장 6주가 지나면서 약간 어두운 색상으로 변하기 시작하였다. 그러나, 대조구와 오존처리구간에 차이를 보이는 색상의 변화는 없이 일정하게 유지되었다. 저장 12주가 되면서 색상은 연초록색으로 색이 많이 옅어지고 연약한 조직과 재배시 땅에 닿았던 부분은 약간 노란색으로 노화가 촉진되었다. 그러나 오존처리구와 대조구간의 외형의 변화는 모두 노란색으로 껍질의 노화가 관찰되었지만 각각의 처리구간의 유의적인 차이점은 발견하지 못하였다. 이상의 결과로 볼 때, 오존처리에 의한 탈색이나 오존피해에 의한 표면의 이상은 확인하기 힘들었다. 평균 5.0 ppm이하의 오존저장의 경우 앞선 일반세균과 진균류의 미생물을 줄이면서 호박의 색상이나 표면에는 영향을 주지 않는다는 것을 확인하였다.

대규모 저장시험은 처리구당 약 500kg의 단호박을 24개의 플라스틱 박스에 균등하게 나누어 오존처리구는 미세천공이 뚫린 비닐로 밀봉한 후 오존발생기 (EP PURIFICATION, PURE 1001, 0.3g/hr)을 30초 가동하고 3분 정지를 순환하는 방법으로 에어오존을 처리하였다. 오존처리구의 평균 오존농도는 12.6~0.6 ppm이 유지되었다. 대조구는 별도의 처리를 하지 않았지만, 동일 공간 내에 10주간 저장하는 동안 오존처리구의 영향으로 저장창고내의 평균오존농도는 0.31~0.17 ppm이 유지되었다. 8번과 10번과 단호박 모두 10주간의 저장기간 동안 진초록색은 옅어지고 약간 노란색으로 노화가 일어났으나 대조구와 오존처리구간의 유의성있는 변화를 보이지는 않았다. 그러나 제품의 품질을 가장 많이 낮춘 것은 미생물에 의한 오염도였다. 앞선 미생물 실험 (Table 2, 3, 4, 5, 6)에서 보듯이 미생물의 생육이 저장기간에 상관없이 꼭지 부위는 대조구의 경우 낮아지지 않고 오히려 높아지는 경향을 나타냈고, 오존처리에 의한 생육저해효과도 가장 낮았다. 10주 저장 후 외관관찰에도 동일하게 품질의 저하가 가장 빨리 진행되는 곳이 바로 꼭지부위였다. 그 다음으로 깨끗하지 못하거나 상처받은 부위로 이것은 오존처리구에서의 품질저하에도

동일하게 나타났다. 그러나 대조구의 경우 상품성을 완전히 없어질 정도의 광범위한 오염을 보였으나, 오존처리구는 품질이 조금 떨어지나 상품성에 영향을 미칠 정도까지 심하게 나타나지 않았다. 이러한 결과는 오존처리에 의해 미생물의 생육이 억제되는 결과로 판단된다. 또한 대조구의 경우 오염이 심각한 것은 외부의 오염이외에 내부로부터의 오염이 밖으로 도출되는 이유이나, 오존처리구의 경우 내부의 균들 또한 생육저해를 받아 없어진 것이 광범위한 오염의 원인이 발생하지 않은 것으로 판단된다.

Nagao 등(10)은 30℃ 이상의 온도조건에서 과피 황화가 급격하게 발생된다고 보고하였다. 일반적으로, 채소류의 황화는 과피 및 과육 내 엽록소가 파괴되면서 나타난다 (18). 온도가 높을수록 과피 내 엽록소 파괴가 촉진된 것으로 보이고, Minguez-Mosquera와 Guerrero (18)의 연구에서 과채류에서의 황화는 온도와 습도 및 저장기간이 하나의 요인으로 작용한다고 하였다.



**Figure 1. Small-scale storage stability of sweet pumpkin after ozone injection.** C: Control., O1 : Ozone treatment 1. Activate the air ozone generator (0.3g/hr) for 1 second and stop for 99 seconds repeated samples. And stored at room temperature ( $18\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , relative humidity  $65\pm 5\%$ )., O2 : Ozone treatment 2. Activate the air ozone generator (0.3g/hr) for 1 minute and stop for 99 minute repeated samples. And stored at room temperature ( $18\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , relative humidity  $65\pm 5\%$ ).



**Figure 2. Large-scale storage stability of No. 8 sweet pumpkin after ozone injection.**

Control : No. 8 sweet pumpkin control group. Store at a temperature of  $13\pm 2^{\circ}\text{C}$  in a  $66\text{m}^3$  frozen storage warehouse. The ozone concentration in the atmosphere was 0.17~0.31 ppm., Ozone : No. 8 sweet pumpkin ozone treatment group. Store at a temperature of  $13\pm 2^{\circ}\text{C}$  in a  $66\text{m}^3$  frozen storage warehouse. Activate the air ozone generator (0.3g/hr) for 30 second and stop for 3 minute repeated samples. The ozone concentration in the atmosphere was 12.60~0.60 ppm.





**Figure 3. Large-scale storage stability of No. 10 sweet pumpkin after ozone injection.**

Control : No. 10 sweet pumpkin control group. Store at a temperature of  $13\pm 2^{\circ}\text{C}$  in a  $66\text{m}^2$  frozen storage warehouse. The ozone concentration in the atmosphere was  $0.17\sim 0.31$  ppm., Ozone : No. 10 sweet pumpkin ozone treatment group. Store at a temperature of  $13\pm 2^{\circ}\text{C}$  in a  $66\text{m}^2$  frozen storage warehouse. Activate the air ozone generator ( $0.3\text{g/hr}$ ) for 30 second and stop for 3 minute repeated samples. The ozone concentration in the atmosphere was  $12.60\sim 0.60$  ppm.

## IV. 결론 및 제언

단호박 (아지헤이)을 저온플라즈마 기술을 이용하여 생산된 오존으로 미생물 생육억제효과를 통한 유통 저장성을 개선 연구를 수행하였다. 소규모 실온 ( $22 \pm 3^\circ\text{C}$ , 상대습도  $65 \pm 5\%$ ) 보관상태의 호흡율과 오존의 반응성을 증대시키기 위해 미세 천공이 뚫린 비닐을 이용하여 밀봉한 후 에어오존발생기로 ( $0.3\text{g/hr}$ )을 1초 가동하고 99초 정지 (오존농도  $0.4 \pm 0.1$  ppm), 1분 가동 89분 정지 (오존농도  $4.0 \pm 2.0$  ppm)을 시키는 조건으로 12주간 밀봉저장 하였다. 12주가 경과된 후에는 모든 처리구를 동일한 미세천공이 뚫린 비닐로 밀봉하여 에어오존발생기로 ( $0.3\text{g/hr}$ )을 1초 가동하고 99초 정지 (오존농도  $0.4 \pm 0.1$  ppm)하는 방법으로 2주간 추가로 저장하여 단호박의 외형 및 단호박 표면의 깨끗한 껍질, 단호박 표면의 상처부위나 깨끗하지 못한 껍질, 껍질 표피를 약 2 mm이상 제거한 내부 과육과 꼭지의 4군데로 분류하여 일반세균, 진균을 관찰하였다. 세 처리구 모두 12주까지는 외형의 변화에는 유의성이 없이 유사하게 자연노화현상만 보였고, 오존처리에 의한 탈색이나 오존피해에 의한 표면의 이상은 확인하기 힘들었다. 일반세균의 경우 4군데의 부위별로 오존처리구가 대조구에 비해  $2.50 \sim 3.87$  log,  $2.50 \sim 3.45$ ,  $2.76$ ,  $0.20 \sim 1.15$  log의 생육저해효과가 나타났다. 오존처리의 효과를 알아보기 위해 12주의 시료를 동일조건으로 2주간 더 보관한 한 다음 대조구의 일반세균은 12주보다 각각의 부위별로 0.81, 0.74, 0.91, 0.77 log의 일반세균 생육저해효과가 나타났으며, 진균은 오존처리구가 대조구에 비해 부위별로 각각  $2.57 \sim 2.87$ ,  $2.26 \sim 1.83$ ,  $2.66$ ,  $0.44 \sim 1.35$  log의 생육저해효과가 확인되었다. 오존처리구도 모든 처리구와 부위에서 추가적으로 일반세균과 진균의 저해효과를 나타내었다. 대규모 저장시험 ( $66\text{m}^2$ , 저온저장고,  $13 \pm 2^\circ\text{C}$ , 상대습도  $65 \pm 5\%$ , 오존농도  $0.31 \sim 0.17$  ppm)에 대조구와 오존처리구 각각 8번과 10번과 500kg 씩을 오존처리구 (오존농도는  $12.6 \sim 0.6$  ppm) 10주간 저장하였다. 오존처리구의 저온플라즈마 오존의 처리에 의해 저장창고내의 평균오존농도는  $0.31 \sim 0.17$  ppm이었다. 8번과의 일반세균은 단호박 표면의 깨끗한 껍질, 단호박 표면의 상처부위나 깨끗하지 못한 껍질, 껍질 표피를 약 2 mm이상 제거한 내부 과육과 꼭지의 4군

데에서 각각 0.70, 0.67, 1.13, 0.30 log의 생육저해가 있었고, 진균은 부위별로 각각 1.28, 0.63, 0.53, 0.62 log의 생육저해효과가 있었다. 이것을 0일차 초기균수와 비교하면 일반세균은 대조구는 부위별로 2.59, 1.81, 1.23, 0.31 log, 오존처리구는 3.29, 2.48, 2.36, 0.61 log 감소하였다. 진균은 대조구에서 1.80, 1.20, 0.59, 0.34 log, 오존처리구는 2.38, 1.99, 2.04, 1.21 log의 생육저해효과가 있었다. 10 번과의 일반세균은 부위별로 1.28, 0.63, 0.53, 0.62 log, 진균은 0.28, 1.75, 0.67, 0.92 log 생육저해효과가 있었다. 이것을 0일차 초기균수와 비교하면 일반세균은 대조구는 부위별로 1.71, 1.84, 1.28 log 감소하고 꼭지만 0.25 log 증가하였고, 오존처리구는 2.99, 2.47, 1.81, 0.37 log 감소하였다. 진균은 대조구에서 1.74, 0.80, 0.69 log 감소하고 꼭지만 0.05 log 증가하였고, 오존처리구는 2.02, 2.54, 1.36, 0.87 log의 생육저해효과가 있었다. 대조구의 껍질과 내부의 균수가 줄어든 이유는 오존처리구 오존처리의 간접 영향으로 저장고내에 오존농도가 0.31~0.17 ppm 존재하기 때문이었으나, 꼭지의 미생물까지 제어하지는 못하였다. 그러나 오존처리구 (12.6~0.6 ppm)에서는 꼭지를 포함한 전 부위의 균수를 줄이는 효과가 있었다. 외형관찰에서도 소규모 저장에서 자연노화에 의한 영향을 제외하고는 오존처리에 의한 외관상 품질저하 원인이 없었다. 그러나 대용량 저장에서는 대조구의 꼭지부위에서부터 품질 저하가 증가하였고, 상대적으로 오존처리구는 대조구에 비해 품질 상태가 양호하였다.

## VI. 참고문헌

1. 오존핸드북 : 한국오존협회 81~85 (2006)
2. Oh JY, Kim SM, Yoon JE, Jin YX, Cho YS, Choi YM (2014) Comparison of nutritional compositions of five pumpkin cultivars. Korean J Food Preserv, 21, 808-814
3. Jang MH (2015) Jeollanam-do Agricultural Research and Test Research Plan. Horticultural Research Institute, Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Najusi, Korea, p 294-296
4. Han JS, Chung MC, Kim SR (2007) Effect of storage conditions on qualities of buffercup squash (Kabocha). Korean J Food Sci Technol, 39, 644-65
5. Lee JW, Lee JH, Alexander Jeol G. Bibe (2009) Effects of storage temperature and periods on the fruit characteristics in winter squash Bochang. Korean J Hort Sci Technol, 27(SUPPL. 1) May 74
6. Park, D. S.1, J. Y. Hyun1, H. S. Kown2 and C. S. Jeong1\* Effect of NaOCl and Citric Acid Pre-treatment for Long-term Storage of Winter Squash ‘Bochang’ /.Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences Vol.28 No.1 March, 2016
7. Oh BY, Jo GS, Lee YS, Kang JH, Jang MH, Hwangbo IS (2015). Quality change of mini sweet pumpkins (suppress cultivation, fall planting) during storage at different conditions. Korean J. Food Preserv. 22(6), 779-787.

8. Heo, S. J., Kim, J. H., Kim, J. K., Moon, K. D. (1998) The comparison of food constituents in pumpkin and sweet-pumpkin. Korean J. Dietary Culture 13:91-96.
9. Lee, J. M., Park, D. K., Kwon, Y. M. (2011) Pumpkin. -Fall in love with pumpkin - Eulji global Co. Seoul pp.12-112.
10. Nagao, A. T., Indou, Dohi, H. (1991) Effect of curing condition and storage temperature on postharvest quality of squash fruit. Japan J. Soc. Hort. Sci. 60:175-181.
11. Lee, S. K., Kim, J. K., Park, Y. M., Seo, J. K., Yang, Y. J., Hwang, Y. S. (2006) Postharvest handbook. Nonghyup Seoul pp.264-295.
12. Park, J. S., Nam, E. S., Park, S. I. (2008) Anti-microbial effect of washing and chlorine treatments on fresh fruits. Korean J. Food & Nutr. 21:176-183.
13. Lownds, N. K., Banaras, M., Bosland, P. W. (1993) Relationship between postharvest water loss and physical properties of pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). Hort Science. 28:1181-1184.
14. Kader, A. A., Morris, L. L. (1975) Amelioration of chilling injury symptoms on tomato fruits. Hort Science. 10:324.
15. Lee, K. A., Yang, Y. J. (1998) Effect of low temperature and CA on quality changes and physiological characteristics of chilling injury during storage of squash. Korean J. Soc. Hort. Sci. 39:402-407.

16. Lee, K. A., Yang, Y. J. (1999) Effect of chemical treatments on reduction of chilling injury and physiological changes during cold storage of squash (*Cucubita moschata*). *Korean J. Soc. Hort. Sci.* 40:669-672.
17. “단호박의 수확 후 관리기술 및 상품화 기술개발” 최종보고서
18. Minguéz-Mosquera I, Gallardo-Guerrero L. Disappearance of chlorophylls and carotenoids during the ripening of the olive. *J. Sci. Food Agr.* 69: 1-6 (1995)
19. Singer P.C. (1990). Assessing ozonation research needs in water treatment, *J.Am. Water Works Assoc.*, 82, 78-88.
20. Ewell, A.W. (1950) Ozone and its application in food preservation, *Refring. Eng.* 58, 873-975.
21. Naito S., Okada Y., Sakai T. (1988). Studies on utilisation of ozone in food preservation. V. Changes in microflora of ozone-treated cereals, grains, peas, beans and spices during storage, *J. Jpn. Soc. Food Sci, Technol.*, 35, 69-77.
22. Graham, D.M., Pariza, M.W., Glaze, W.H., Erdman, J.W., Newell, G.W. and Borzelleca, J.F. (1997) Use of ozone for food processing, *Food Technology*, 51(6): 72-76.
23. FDA (2001) Hazard analysis and critical control point (HACCP): procedures for the safe and sanitary processing and importing of juice; final rule, *Federal Register*, 66: 6137-6202.
24. Sofos, J.N. and F.F Busta (1981). Antimicrobial activity of sorbate *J. Food Prot.* 44, 614-622

25. Shin, A.L. and N.D. Harris (1997) Antimicrobial activity of selected antioxidants, J. Food Pro., 40 520-522.
  
26. Mackey, B.M. and D.A. Seymour (1989). The bactericidal effect of isoascrobic acid comninded with mild heat, J. Appl. Bactreriol., 67, 629-638.

## Abstract

# A study on the improvement of storageability of sweet pumpkin using low temperature plasma ozone

Myung-Ki Hong

Department of Food Science and Nutrition, Graduate School  
Jeju National University, Jeju, Korea

Conditions for allowing the sweet pumpkin (azihei) to stand at a low-temperature plasma ozone generator (0.3 g/hr) for 1 second, stop for 99 seconds (ozone concentration  $0.4 \pm 0.1$  ppm, O1 treatment), stop for 1 minute and stop for 89 minutes (ozone concentration  $4.0 \pm 2.0$  ppm, O2 treatment) For 12 weeks. Changes in the external shape of the pumpkin and the number of general bacteria and eumycetes were measured (Rind of the pumpkin clean side, scratched or unclean side of pumpkin rind, sweet pumpkin pulp with about 2 mm or more removed rind and stalk end of a sweet pumpkin.) Until 12 weeks in all treatments, there was no significant change in appearance and only natural aging phenomenon was observed. It was difficult to identify surface abnormalities caused by ozone treatment or ozone damage. The growth inhibition effect of general bacteria was 0.2~2.76 log of O1 treatment, 1.15~3.87 log of O2 treatment, 0.44~2.66 log of O1 treatment and 1.35~2.87 log of O2 treatment. The control group, which was stored at the same condition for 2 weeks, showed 0.74~0.91 log general bacteria and 0.49~1.72 log eumycetes growth inhibition compared to the 12 week storage sample. O1 and O2 treatments also increased the growth inhibition effect of general bacteria and eumycetes. In the 10-weeks large storage test of ozone treatment (ozone concentration of 12.6 ~ 0.6 ppm) and control (66 m<sup>2</sup>, low temperature storage,  $13 \pm 2$  °C, relative humidity  $65 \pm 5\%$ , ozone



concentration 0.31~0.17 ppm) The No.8 sweet pumpkin general bacterial counts ranged from 0.3 to 1.13 log and the eumycetes ranged from 0.53 to 1.28. Compared with the 0th day, the general bacteria were inhibited from 0.31~2.59 log in the control, 0.61~3.29 in the ozone treatment. the eumycetes were inhibited from 0.34~1.80 log in the control, 1.21~2.38 log in the ozone treatment. The No.10 sweet pumpkin general bacterial counts ranged from 0.62 to 1.28 log and the eumycetes ranged from 0.28 to 1.75. Compared with the 0th day, the general bacteria were inhibited from 1.28~1.84 log in the control, 0.31~2.99 in the ozone treatment. the eumycetes were inhibited from 0.37~2.99 log in the control, 0.87~2.54 log in the ozone treatment. In the ozone treatment (12.6~0.6 ppm), microbial growth was inhibited in sweet pumpkin whole area including the stalk end of a sweet pumpkin. In appearance observation, there was no cause of apparent quality deterioration by ozone treatment except for the effect of natural aging in small scale storage. However, the quality deterioration was increased from the stalk end of a sweet pumpkin of the control at the large storage, and the quality of ozone treatment was better than that of the control.

CHAPTER 2. 저온 플라즈마 오존을 이용한  
제주산 키위의 저장성 개선 연구

## 저온 플라즈마 오존 처리에 따른 제주산 키위의 저장 안정성 연구

저온 플라즈마 오존 처리에 따른 제주산 키위의 저장 안정성을 연구하기 위해 제주산 레드, 그린, 골드키위를 저온 플라즈마 오존 발생기 (Ozonaid, MOS 1001, MOS 1001T, 0.3g/hr)를 오존농도  $0.70 \pm 0.30$  ppm 조건으로 레드는 22주, 그린은 38주, 골드키위는 28주간 저온냉장시설( $1 \pm 0.6^\circ\text{C}$ , 상대습도  $90 \pm 5\%$ ) 20피트 컨테이너에서 저장하였다. 대조구는 저온냉장시설( $1 \pm 0.6^\circ\text{C}$ , 상대습도  $90 \pm 5\%$ ) 40피트 컨테이너에서 보관하였다. 그린키위는 3주마다 레드키위와 골드키위는 2주마다 각 키위의 일반세균수, 진균수, 경도, 당도, 산도, pH를 측정하였다. 일반세균수는 레드키위의 경우 대조구는 증가하는 반면 오존처리구는 감소하는 경향이 나타났다. 그린키위의 경우 대조구는 증가하거나 유지되는 반면 오존처리구는 감소하는 경향이 나타났다. 골드키위의 경우 대조구는 증가하거나 유지되는 반면 오존처리구는 낮아지는 경향이 나타났다. 진균수는 레드키위의 경우, 대조구는 증가하거나 유지되었고 오존처리구는 감소하는 경향이 나타났다. 그린키위의 경우, 대조구는 증가하거나 유지되었고 오존처리구는 감소하였다. 골드키위는 대조구가 증가하거나 유지되었고 오존처리구는 감소하였다. 경도는 저장 기간에 따라 레드, 그린, 골드키위의 경도가 점차 낮아지는 경향을 나타내었다. 그러나 레드키위를 제외한 그린, 골드키위의 경도는 대조구와 오존처리구 간에 유의미한 차이를 보였다. 당도는 레드, 그린, 골드키위가 저장 기간에 따라 점차 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 모든 처리구에서 대조구보다 오존처리구가 대체적으로 당도가 낮게 나타나는 경향이 있었다. 산도는 레드, 그린, 골드키위 모두 대조구가 오존처리구에 비해서 높게 나타났으나 품질에는 영향을 미치지 않는 범위였다. pH는 레드키위는 대체로 오존처리구가 높게 나타났으나 품질에 영향을 미치는 수준은 아니었다. 그린키위와 골드키위는 대조구와 오존처리구간의 유의미한 차이가 없었다.

## I. 서 론

키위(Kiwi fruit *Actinidia delicoisa* or *chinensis* Planch)는 다래나무과 다해나무속에 속하며, 온대지역에서 자라는 자용이 주의 덩굴성 낙엽과수로서 원산지는 중국 양자강 유역으로, 과수의 재배지역은 연 최저 기온이 15℃ 이하로 내려가지 않는 지역이면 가능한 것으로 알려졌다. 국내에서는 1977년도 농촌진흥청 원예시험장 남해 출장소에서 뉴질랜드로부터 묘목을 도입하여 시험 재배를 시작으로 남해안 일대와 제주도 지역에서 재배되고 있으며, 주요 생산지는 전남(59%)의 해남, 완도, 보성, 장흥, 고흥, 순천, 진도와 경남(21%), 제주도(18%)의 전역에 걸쳐 재배되고 있다. 재배 품종은 Hayward, Abbott, Bruno 및 Monty 등이 있으며, 이들은 Ichang gooseberry, Monkey peach 및 Sheep peach로도 불린다. 매년 제주도 내에서 생산하는 키위 생산량은 늘고 있으며 해외수출도 증가하고 있는 추세이다. 하지만 아직 키위의 소비량은 뉴질랜드산 키위가 20%가량 차지하고 있는데 제주산 키위의 신선도를 장기적으로 유지할 수 있는 기술의 개발은 제주산 키위의 부가가치를 높일 것으로 기대된다.

과실의 저장성을 결정하는 중요한 하나의 요인은 과육의 연화 속도인데 키위 과실은 수확기의 과실 성숙상태, 저장 기간 및 저장온도, 에틸렌 접촉 등이 저장성에 영향을 미친다. 특히 수확할 때의 과실 성숙 상태는 저장성에 큰 영향을 주므로 적절한 수확기 결정이 매우 중요하다(1).

키위는 수확 후 추숙이 되어야 가식할 수 있는 과실이다. 수확의 시기는 과실의 품질이나 저장력에 밀접한 관계가 있다. 수확 시기가 빨라 미숙과를 수확하게 되면 추숙한 과실의 당도가 낮고 향기도 적어 품질이 저하된다. 한편 수확 시기가 늦어 나무에 착과된 상태로 서리에 피해를 받게 되면 추숙이나 저장 중 조기에 연화되거나 변질이 되며 발효되는 것이 많아 저장력이 매우 감소한다. 그러므로 수확은 가능하다면 수확한 과실이 추숙되면 최상의 품질이 되고 저장할 경우에는 저장력이 손

상되지 않는 시기에 하는 것이 이상적이다.

다른 과실은 성숙기에 이르게 되면 과피색이나 과실의 경도, 당도, 맛, 향기 등의 변화가 나타나나 키위는 이와 같은 변화가 나타나지 않으므로 수확의 적기를 과실의 외관으로 판단하기는 곤란하다. 수확의 적기는 과실 내의 전분 함량이 최고 수준에 달하였다가 약간 감소하고 전당이나 환원당이 증가하는 시기이다. 키위는 서늘하고 통풍이 잘되는 곳에 보관한다. 가장 적당한 보관 온도는 0℃이다. 키위가 아직 딱딱하여 덜 익은 상태라면 실온에서 며칠간 보관하면 자연스럽게 숙성이 된다.

키위 저장과 관련한 연구는 산소와 이산화 농도를 조절하면서 저장하는 Controlled atmosphere storage(CA)(2), 고농도 이산화탄소와 에틸렌 처리방법(3), 외생 에틸렌 처리방법(4), 1-MCP 처리방법(5) 등이 있다. 하지만 오존이나 플라즈마 기술을 접목시킨 저장방법에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

수확된 과실은 어디에서부터도 양분의 보급이 없어서 저장 시 호흡을 위하여 과실 자체의 성분을 소모하며 노화되어 간다. 과실의 성숙은 식물호르몬 ethylene에 의하여 촉진되기 때문에 장기저장을 위해서는 ethylene을 제거하여 노화를 지연시켜 품질을 가능한 한 장기간 유지할 수 있도록 해야 한다. 이를 위해서는 과실저장 기술이 필요하다.

플라즈마란 내부 에너지의 크기에 따라 고체, 액체, 기체와 더불어 전자와 양이온들이 분리되어 존재하는 상태이다. 플라즈마는 전자 및 이온 이외에 원자, 분자, 분자이온 등의 활성 가스 종들과 광자로 이루어져 있다. 활성 가스 종은 미생물 세포막을 통해 확산하면서 세포막의 지질과 단백질, 그리고 세포 내의 DNA와 같은 거대분자들과 반응하여 미생물 세포를 손상시킨다.(7) 또한, 플라즈마는 주변 기체를 오존(O<sub>3</sub>), 일산화질소(NO), 이산화질소(NO<sub>2</sub>) 등으로 전리시키고 CO<sub>2</sub>나 에틸렌(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) 등의 기체를 분해한다.

따라서 본 연구에서는 저온 플라즈마 저장 기술을 제주산 키위 저장에 적용하여 플라즈마 처리에 의한 키위 신선저장 중 미생물 수치, 경도, 당도, 산도, pH 등의 물리적, 화학적 요인 분석을 통하여 키위의 품종별 저장 안정성을 보고자 하였다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에 사용한 키위는 제주시 소재의 농가에서 2018년 재배한 제주산 그린, 골드, 레드키위를 일괄 수거하여 사용하였다.

### 2. 저장조건

키위의 저장성은 저장온도에 크게 영향을 받는데 그린키위의 경우 0℃에서 저장한 키위의 경도가 가장 높았다고 하였으며 저장온도에 따른 수용성 고형물 함량과 산도에는 차이가 없다고 하였다 (8, 9). 따라서 본 실험은 각 종류별 대조구 키위를 40피트 컨테이너(12,035×2,336×2,283 mm) 저온 저장고 (1±0.6℃, 상대습도 90±5%)에 저장하였다. 저온 플라즈마 오존처리구 키위는 각 종류별로 20피트 컨테이너 (5,899×2,336×2,278 mm) 저온 저장고(1±0.6℃, 상대습도 90±5%)에 저장하였다. 키위를 25kg씩 플라스틱 박스 (520×366×322 mm)에 담고 부직포로 감싸 보관하였다.

### 3. 저온 플라즈마 오존 처리조건

저온 플라즈마 오존 처리구 키위가 들어있는 각 컨테이너 마다 2개의 오존발생기 (Ozonaid, MOS 1001, MOS 1001 T, 0.3 g/hr)이용하여 오존농도를 0.70±0.30 ppm으로 유지되는 조건으로 처리하였다.

#### 4. 일반세균수

일반세균수 실험 검체는 시험시료 3개를 취하고 하나의 키위에서 5~6개의 조각을  $1.0 \times 1.0 \times 1.0$  cm로 자른 후 약 10.0g을 채취하여 모은 시료를 사용하였다. 시료를 10배수 멸균수에 균질화하고, 10배수 멸균수에 단계별 희석하여 시험용액으로 하였다. 균질기(Lab Stomacher 400, Seward Medical, West Sussex, UK)를 이용 230 rpm으로 1분간 균질화하였다.

일반세균수 측정방법은 식품공전의 표준평판법 준하여 실시하였다. Plate count agar (PCA)에 검체를 혼합 응고시켜 배양 후 발생한 세균 집락수를 계수하여 검체 중의 일반세균수를 산출하였다. 시험검체 단계별 희석액 1.0 mL을 멸균 페트리접시 2매 이상씩에 무균적으로 취하였다. 약  $43 \sim 45^{\circ}\text{C}$ 로 유지한 plate count agar (PCA) 약 15.0 mL를 무균적으로 분주하고 페트리접시 뚜껑에 부착하지 않도록 주의하면서 조용히 회전하여 좌우로 기울이면서 검체와 배지를 잘 혼합하여 응고시켰다. 응고시킨 페트리접시는 거꾸로 하여  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 에서 48시간 배양하였다. 배양 후 즉시 집락 계산기를 사용하여 생성된 집락수를 계산하였다. 1개의 평판당 15~300개의 집락을 생성한 평판을 택하여 집락수를 계산하는 것을 원칙으로 하였다.



## 5. 진균수

진균수(효모 및 사상균수)는 측정방법은 일반세균수, 표준평판법에 준하여 시험하였다. 다만, 배지는 potato dextrose agar (PDA)를 사용하여 25℃에서 3~5일간 배양한 후 발생한 집락수를 계산하고 그 평균 집락수에 희석배수를 곱하여 진균수로 하였다.

## 6. 물성 측정

물성측정은 물성측정기 (AMATECK, LS1SC-230V, LLOYD Instruments, U.S.A)로 경도(hardness)를 측정하였다. 측정기에 저장키위를 올려두고 자동측정방법으로 측정하였다. 측정조건은 압축율 5%, 압축속도 30mm/min, 머무름 시간은 3초로 과피를 포함한 과육 부분을 측정하였고, 자동측정치는 g-force로 표기하였다. 측정에 이용한 시료의 종류와 개체에 따라 무작위로 10개를 선택하여 평균값을 내었다.

## 7. 당도 측정

당도는 각각의 키위처리구의 시험시료 조각을 자른 다음 압력을 가해 즙을 내었다. 채취된 키위즙 1.0ml씩 취하여 당도계 (Pocket Refractometer PAL-1, 0~52 Brix%, Atago, Tokyo, Japan)을 이용하여 측정하였다. 측정에 이용한 시료의 종류와 개체에 따라 무작위로 10개를 선택하여 평균값을 내었다.

## 8. 산도 측정

과일의 품질에 영향을 주는 산도측정은 식품공전 21. 조미식품. 6) 시험방법. (1) 총산 시험방법에 준하여 실시하였다. 검체 약 10.0g을 100mL volume flask에 정용하여 증류수로 100mL 보정하고, 이중 20mL을 취하여 지시약으로 페놀프탈레인용액 (0.1%/에탄올) 1.0mL를 첨가한 다음 0.1N 수산화나트륨용액으로 적정하여 정량하였다. 계산법은 과일의 산도는 구연산을 기본으로 하여 0.1N 수산화나트륨액 1.0mL = 0.0064(구연산)으로 구연산 값으로 환산하여 산도를 측정하였다. 측정에 이용한 시료의 종류와 개체에 따라 무작위로 10개를 선택하여 평균값을 내었다.

## 9. pH 측정

과일의 품질에 영향을 주는 pH변화는 pH meter (ORION 2 STAR, Thermo SCIENTIFIC, U.S.A)를 이용하여 측정하였다. 저장 키위 약 10.0g을 90mL의 증류수에 첨가하여 hand bland를 이용하여 균질화 시킨 것을 사용하였다. 측정에 이용한 시료의 종류와 개체에 따라 무작위로 10개를 선택하여 평균값을 내었다.

## 10. 자료의 처리

본 연구의 결과는 IBM SPSS Statistics (ver. 25.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 통계처리 하였고, 각 실험군 간의 평균 차이 검증은 독립표본 T 검정을 이용하여  $p < 0.05$  수준에서 유의성을 판단하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 일반세균수

##### 1) 제주산 레드키위

사면이 바다인 제주의 특성상 생산된 농산물의 출하 시 신선도를 유지하는 것이 가장 중요한 문제이다. 저온 플라즈마 오존 처리에 의해 제주에서 생산된 레드키위의 저장성 검증을 위해 일반세균수 감소를 확인하였다. (Figure 1, Table 1, 2).

제주산 레드키위 Lot #1, Lot #2의 0주 차 일반세균수는 각각  $1.37 \times 10^4$  CFU/g,  $1.07 \times 10^4$  CFU/g이었다. 저장창고에서 22주 저장되는 동안 Lot #1과 #2의 대조구는 0주 차 시료와 비교하면 0.46 log, 0.53 log의 일반세균수가 증가하였다. 이전의 저장 키위와는 달리 농가에서 수확한 과일을 별도의 선별과정 및 세척공정 없이 바로 입고되어 저장됨으로 인해 저온 상태이지만 미생물의 생육이 지속적해서 증가한 것으로 판단된다. 반면에 22주 차의 Lot #1과 #2의 오존처리구는 0주 차 시료와 비교하면 각각 2.66 log (99.78%), 2.25 log (99.44%)의 일반세균이 감소하였다.

이상의 결과로 볼 때 별도의 선별과정과 세척공정이 없을 경우 저온저장을 하여도 일반세균은 저온에 의해 감소하다가 증가하는 것이 아니라 지속해서 계속 증가하였다. 반면 저장 플라즈마 오존처리구의 경우 저장 초기부터 지속적으로 일반세균의 생육을 억제함으로써 일반세균을 감소시키는 효과가 있음을 확인하였다.

Figure 1. Bacterial reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

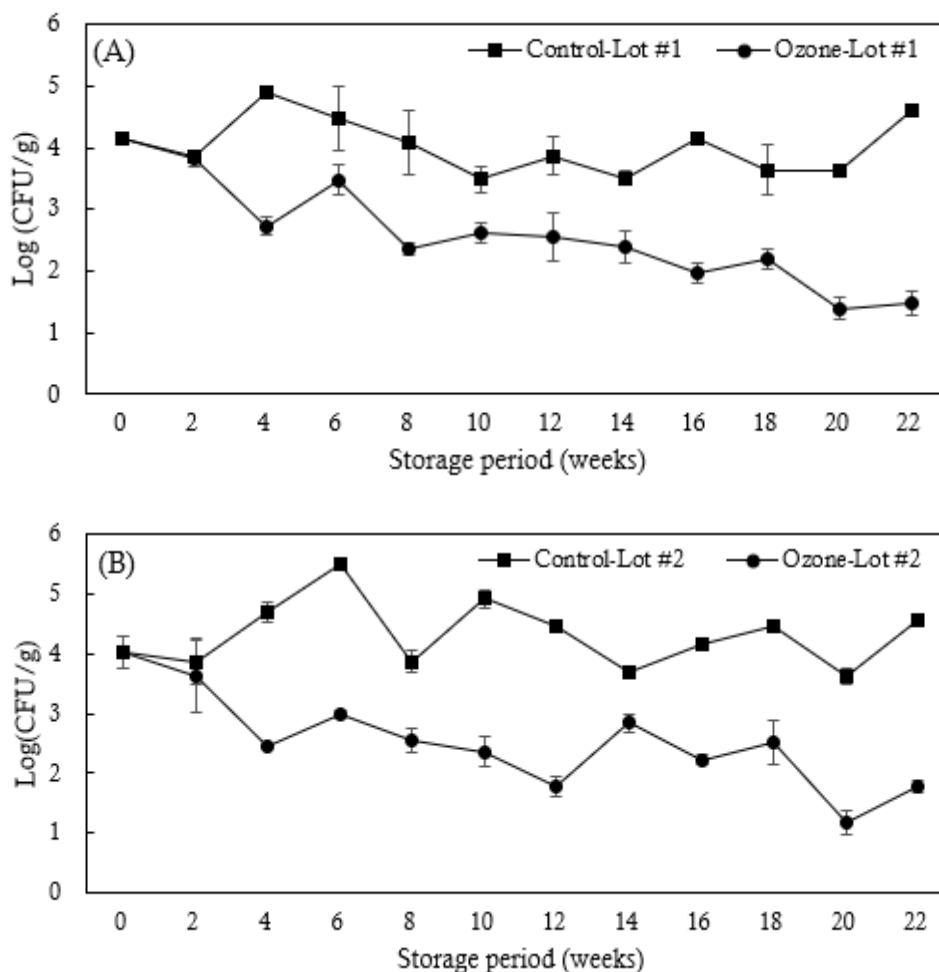


Table 1. Bacterial reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #1, CFU/g)

| Cultivar | Storage(weeks) | technology             |                        |
|----------|----------------|------------------------|------------------------|
|          |                | Control                | Ozone                  |
| Red kiwi | 0              | 1.37 × 10 <sup>4</sup> |                        |
|          | 2              | 7.25 × 10 <sup>3</sup> | 6.65 × 10 <sup>3</sup> |
|          | 4              | 7.65 × 10 <sup>4</sup> | 5.40 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 6              | 2.95 × 10 <sup>4</sup> | 3.00 × 10 <sup>3</sup> |
|          | 8              | 1.25 × 10 <sup>4</sup> | 2.25 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 10             | 3.10 × 10 <sup>3</sup> | 4.15 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 12             | 7.40 × 10 <sup>3</sup> | 3.55 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 14             | 3.25 × 10 <sup>3</sup> | 2.45 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 16             | 1.46 × 10 <sup>4</sup> | 9.50 × 10 <sup>1</sup> |
|          | 18             | 4.35 × 10 <sup>3</sup> | 1.60 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 20             | 4.10 × 10 <sup>3</sup> | 2.50 × 10 <sup>1</sup> |
|          | 22             | 3.95 × 10 <sup>4</sup> | 3.00 × 10 <sup>1</sup> |

Table 2. Bacterial reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #2, CFU/g)

| Cultivar | Storage(weeks) | technology             |                        |
|----------|----------------|------------------------|------------------------|
|          |                | Control                | Ozone                  |
| Red kiwi | 0              | 1.07 × 10 <sup>4</sup> |                        |
|          | 2              | 7.25 × 10 <sup>3</sup> | 4.03 × 10 <sup>3</sup> |
|          | 4              | 5.05 × 10 <sup>4</sup> | 2.80 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 6              | 3.25 × 10 <sup>5</sup> | 9.80 × 10 <sup>3</sup> |
|          | 8              | 7.45 × 10 <sup>3</sup> | 3.55 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 10             | 8.35 × 10 <sup>4</sup> | 2.55 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 12             | 3.00 × 10 <sup>4</sup> | 6.00 × 10 <sup>1</sup> |
|          | 14             | 5.00 × 10 <sup>3</sup> | 6.95 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 16             | 1.44 × 10 <sup>4</sup> | 1.70 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 18             | 2.85 × 10 <sup>4</sup> | 3.25 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 20             | 4.25 × 10 <sup>3</sup> | 1.50 × 10 <sup>1</sup> |
|          | 22             | 3.60 × 10 <sup>4</sup> | 6.00 × 10 <sup>1</sup> |

## 2) 제주산 그린키위

제주산 그린키위 Lot #1, Lot #2의 0주 차 일반세균수는 각각  $1.55 \times 10^3$  CFU/g,  $1.61 \times 10^3$  CFU/g 이었다. 저장창고에서 38주 저장되는 동안 Lot #1과 #2의 대조구는 0주 차 시료와 비교하면 Lot #01은 0.17 log 감소하였고, Lot #2는 0.05 log의 일반세균수가 증가하였다. 대조구는 저장 기간이 늘어남에 따라 일반세균수도 전체적으로 증가하거나 유지되었다. 이전의 저장 키위와는 달리 농가에서 수확한 과일을 별도의 선별과정 및 세척공정 없이 바로 입고되어 저장됨으로 인해 저온 상태이지만 미생물의 생육이 지속적으로 증가한 것으로 판단된다. 반면에 38주 차의 Lot #1과 #2의 오존처리구는 0주 차 시료와 비교하면 각각 3.19 log (100.00%), 1.91 log (98.76%)의 일반세균수가 감소하였다 (Figure 2, Table 3, 4).

이상의 결과로 볼 때 별도의 선별과정과 세척공정이 없을 경우 저온저장을 하여도 일반세균은 저온에 의해 감소하다가 증가하는 것이 아니라 지속적으로 계속 증가하였다. 반면 저온 플라즈마 오존처리의 경우 저장 초기부터 지속적으로 일반세균의 생육을 억제함으로써 일반세균을 감소시키는 효과가 있음을 확인하였다.

Figure 2. Bacterial reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

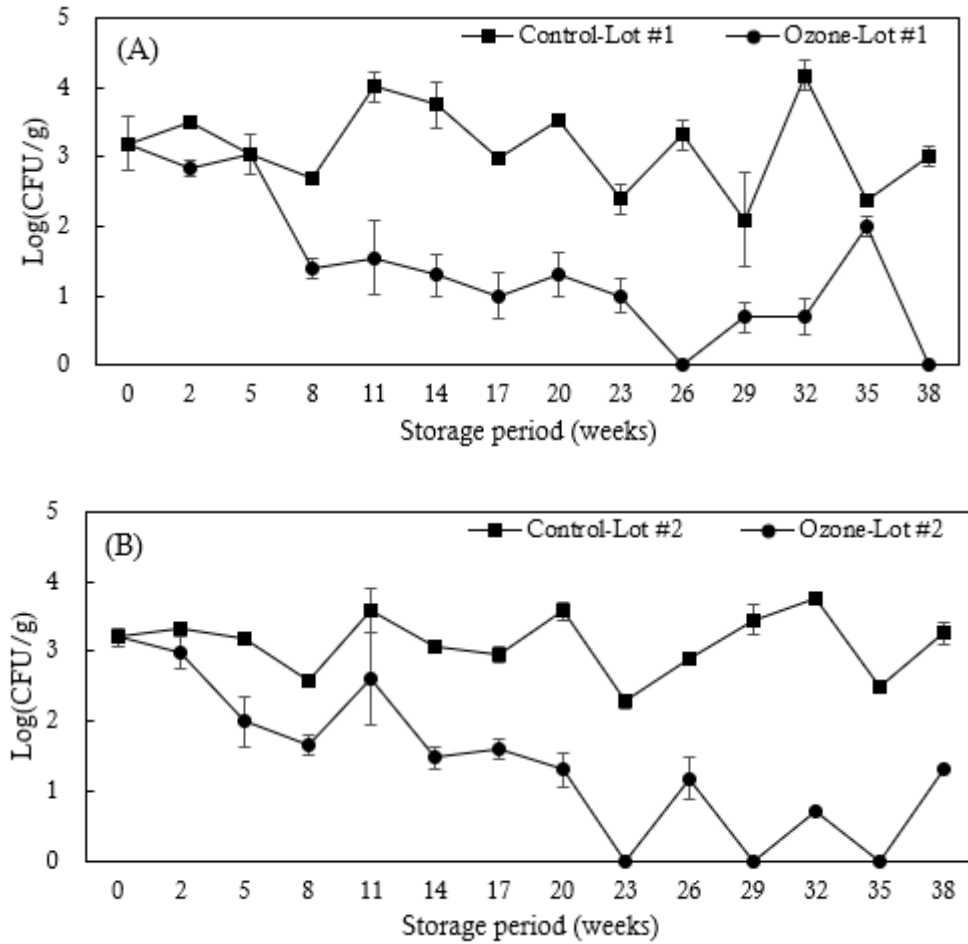




Table 3. Bacterial reduction effect of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #1, CFU/g)

| Cultivar   | Storage(weeks) | technology         |                    |
|------------|----------------|--------------------|--------------------|
|            |                | Control            | Ozone              |
| Green kiwi | 0              |                    | $1.55 \times 10^3$ |
|            | 2              | $3.15 \times 10^3$ | $6.90 \times 10^2$ |
|            | 5              | $1.09 \times 10^3$ | $1.08 \times 10^3$ |
|            | 8              | $5.00 \times 10^2$ | $2.50 \times 10^1$ |
|            | 11             | $1.02 \times 10^4$ | $3.50 \times 10^1$ |
|            | 14             | $5.55 \times 10^3$ | $2.00 \times 10^1$ |
|            | 17             | $9.25 \times 10^2$ | $1.00 \times 10^1$ |
|            | 20             | $3.40 \times 10^3$ | $2.00 \times 10^1$ |
|            | 23             | $2.45 \times 10^2$ | $1.00 \times 10^1$ |
|            | 26             | $2.07 \times 10^3$ | ND <sup>1)</sup>   |
|            | 29             | $1.25 \times 10^2$ | $5.00 \times 10^0$ |
|            | 32             | $1.49 \times 10^4$ | $5.00 \times 10^0$ |
|            | 35             | $2.35 \times 10^2$ | $1.00 \times 10^2$ |
|            | 38             | $1.01 \times 10^3$ | ND                 |

1) Not detected

Table 4. Bacterial reduction effect of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #2, CFU/g)

| Cultivar   | Storage(weeks) | technology             |                        |
|------------|----------------|------------------------|------------------------|
|            |                | Control                | Ozone                  |
| Green kiwi | 0              | 1.61 × 10 <sup>3</sup> |                        |
|            | 2              | 2.07 × 10 <sup>3</sup> | 9.60 × 10 <sup>2</sup> |
|            | 5              | 1.52 × 10 <sup>3</sup> | 1.00 × 10 <sup>2</sup> |
|            | 8              | 3.85 × 10 <sup>2</sup> | 4.50 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 11             | 3.85 × 10 <sup>3</sup> | 4.10 × 10 <sup>2</sup> |
|            | 14             | 1.21 × 10 <sup>3</sup> | 3.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 17             | 9.15 × 10 <sup>2</sup> | 4.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 20             | 3.80 × 10 <sup>3</sup> | 2.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 23             | 1.90 × 10 <sup>2</sup> | ND <sup>1)</sup>       |
|            | 26             | 7.85 × 10 <sup>2</sup> | 1.50 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 29             | 2.85 × 10 <sup>3</sup> | 9.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 32             | 5.75 × 10 <sup>3</sup> | 1.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 35             | 3.05 × 10 <sup>2</sup> | 1.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 38             | 1.81 × 10 <sup>3</sup> | 1.50 × 10 <sup>1</sup> |

1) Not detected

### 3) 제주산 골드키위

제주산 골드키위 Lot #1, Lot #2의 0주 차 일반세균수는 각각  $7.75 \times 10^3$  CFU/g,  $4.30 \times 10^4$  CFU/g 이었다. 저장창고에서 28주 저장되는 동안 Lot #1과 #2의 대조구는 0주 차 시료와 비교하면 Lot #01은 0.06 log 증가하였고, Lot #2는 0.73 log의 일반세균이 감소하였다. 대조구는 저장 기간이 늘어남에 따라 일반세균수도 전체적으로 증가하거나 유지되었다. 이전의 저장 키위와는 달리 농가에서 수확한 과일을 별도의 선별과정 및 세척공정 없이 바로 입고되어 저장됨으로 인해 저온 상태이지만 미생물의 생육이 지속해서 증가한 것으로 판단된다. 반면에 28주 차의 Lot #1과 #2의 오존처리구는 0주 차 시료와 비교하면 각각 0.86 log (86.06%), 1.92 log (98.79%)의 일반세균이 감소하였다 (Figure 3, Table 5, 6)

이상의 결과로 볼 때 별도의 선별과정과 세척공정이 없을 경우 저온저장을 하여도 일반세균은 저온에 의해 감소하다가 증가하는 것이 아니라 지속해서 계속 증가하였다. 반면 저온 플라즈마 오존처리의 경우 저장 초기부터 지속해서 일반세균의 생육을 억제함으로써 일반세균을 감소시키는 효과가 있음을 확인하였다.

Figure 3. Bacterial reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

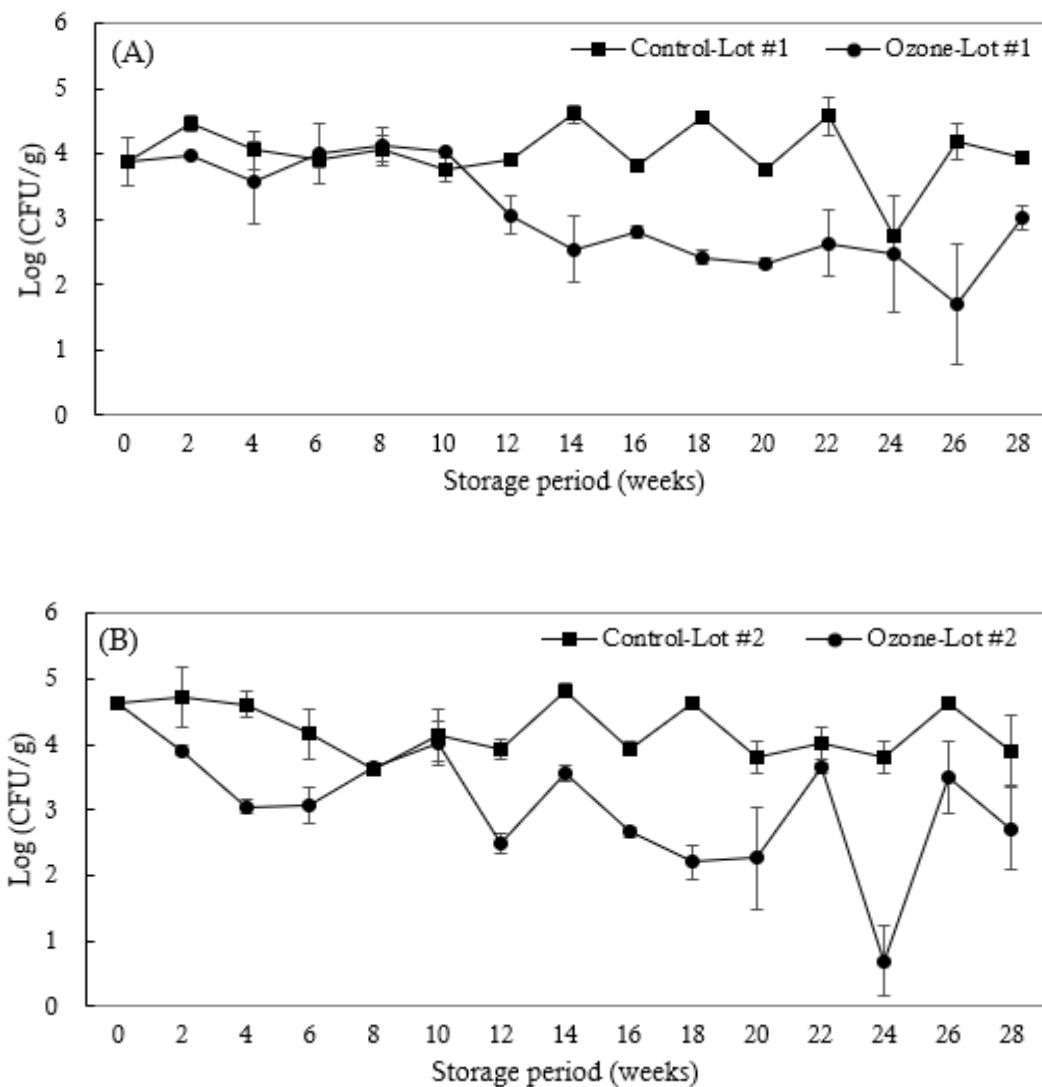


Table 5. Bacterial reduction effect of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #1, CFU/g)

| Cultivar  | Storage(weeks)     | technology         |                    |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|
|           |                    | Control            | Ozone              |
| Gold kiwi | 0                  | $7.75 \times 10^3$ |                    |
|           | 2                  | $3.05 \times 10^4$ | $9.35 \times 10^3$ |
|           | 4                  | $1.15 \times 10^4$ | $3.70 \times 10^3$ |
|           | 6                  | $8.45 \times 10^3$ | $1.03 \times 10^4$ |
|           | 8                  | $1.15 \times 10^4$ | $1.38 \times 10^4$ |
|           | 10                 | $5.80 \times 10^3$ | $1.10 \times 10^4$ |
|           | 12                 | $8.25 \times 10^3$ | $1.16 \times 10^3$ |
|           | 14                 | $4.10 \times 10^4$ | $3.55 \times 10^2$ |
|           | 16                 | $6.80 \times 10^3$ | $6.50 \times 10^2$ |
|           | 18                 | $3.75 \times 10^4$ | $2.65 \times 10^2$ |
|           | 20                 | $5.95 \times 10^3$ | $2.15 \times 10^2$ |
|           | 22                 | $3.85 \times 10^4$ | $4.25 \times 10^2$ |
|           | 24                 | $5.65 \times 10^2$ | $3.05 \times 10^2$ |
|           | 26                 | $1.54 \times 10^4$ | $5.00 \times 10^1$ |
| 28        | $9.00 \times 10^3$ | $1.08 \times 10^3$ |                    |

Table 6. Bacterial reduction effect of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #2, CFU/g)

| Cultivar  | Storage(weeks)         | technology             |                        |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
|           |                        | Control                | Ozone                  |
| Gold kiwi | 0                      | 4.30 × 10 <sup>4</sup> |                        |
|           | 2                      | 5.35 × 10 <sup>4</sup> | 8.15 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 4                      | 4.15 × 10 <sup>4</sup> | 1.13 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 6                      | 1.47 × 10 <sup>4</sup> | 1.22 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 8                      | 4.15 × 10 <sup>3</sup> | 4.40 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 10                     | 1.41 × 10 <sup>4</sup> | 1.04 × 10 <sup>4</sup> |
|           | 12                     | 8.25 × 10 <sup>3</sup> | 3.10 × 10 <sup>2</sup> |
|           | 14                     | 6.70 × 10 <sup>4</sup> | 3.70 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 16                     | 8.65 × 10 <sup>3</sup> | 4.70 × 10 <sup>2</sup> |
|           | 18                     | 4.35 × 10 <sup>4</sup> | 1.60 × 10 <sup>2</sup> |
|           | 20                     | 6.60 × 10 <sup>3</sup> | 1.85 × 10 <sup>2</sup> |
|           | 22                     | 1.05 × 10 <sup>4</sup> | 4.39 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 24                     | 6.55 × 10 <sup>3</sup> | 5.00 × 10 <sup>0</sup> |
|           | 26                     | 4.35 × 10 <sup>4</sup> | 3.10 × 10 <sup>3</sup> |
| 28        | 7.95 × 10 <sup>3</sup> | 5.20 × 10 <sup>2</sup> |                        |

## 2. 진균류 (효모 및 사상균수)

### 1) 제주산 레드키위

제주산 레드키위의 진균류 측정 결과는 Figure 4, Table 7, 8과 같다. 제주산 레드키위 Lot #1, Lot #2의 0주 차 진균수는 각각  $9.15 \times 10^3$  CFU/g,  $1.21 \times 10^4$  CFU/g 이었다. 저장창고에서 22주 저장되는 동안 Lot #1과 #2의 대조구는 0주 차 시료와 비교하면 각각 0.61 log, 0.40 log의 진균수가 증가하였다. 대조구는 저장 기간이 늘어남에 따라 진균수가 증가하거나 유지되었다. 일반세균수와는 달리 저온의 영향으로 생육의 저해를 받거나 포자를 형성하고 휴지기로 변환한 것으로 판단된다. 반면에 22주 차의 Lot #1과 #2의 오존처리구는 0주 차 시료와 비교하면 각각 1.42 log (96.23%), 1.63 log (97.63%)으로 진균수가 감소하였다. 이것은 저온 플라즈마 오존 처리가 키위 표면의 미생물 생육을 지속해서 억제하고 증가하는 것을 방해한 것으로 판단된다.

Figure 4. Eumycetes reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

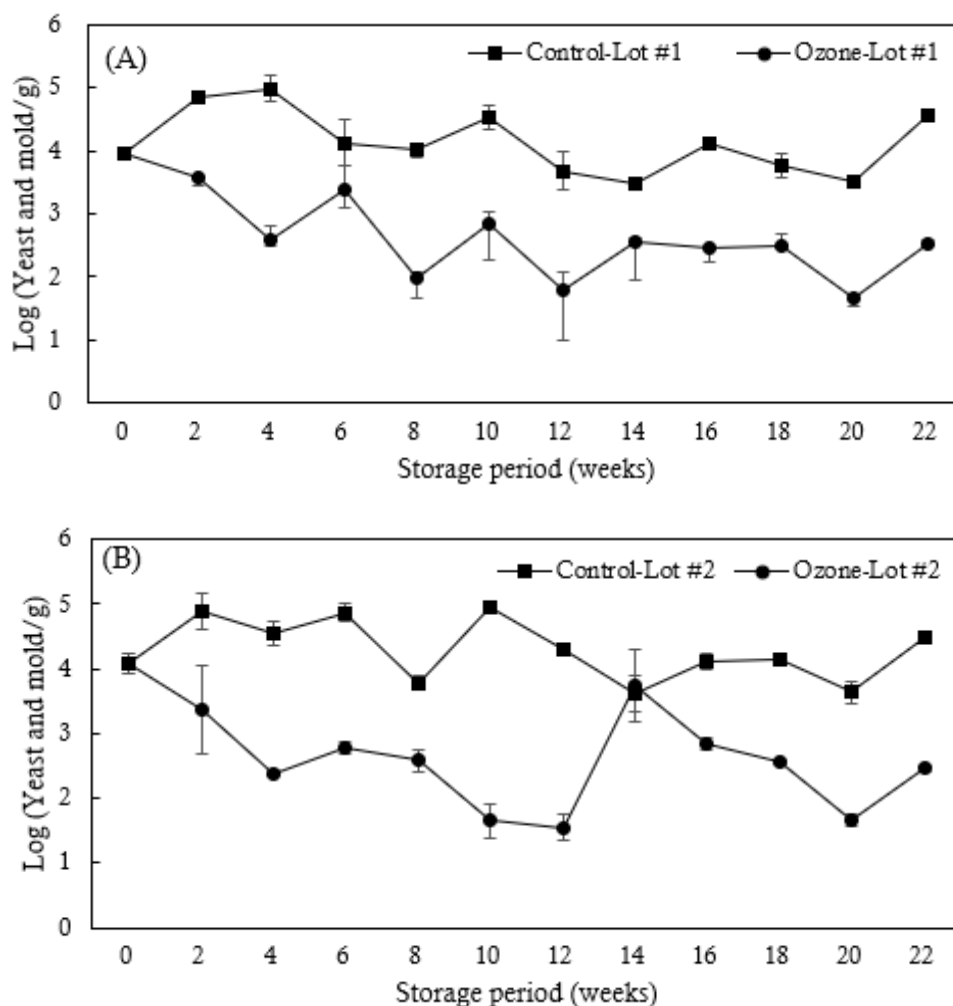




Table 7. Eumycetes reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #1, CFU/g)

| Cultivar | Storage(weeks) | technology             |                        |
|----------|----------------|------------------------|------------------------|
|          |                | Control                | Ozone                  |
| Red kiwi | 0              | 9.15 × 10 <sup>3</sup> |                        |
|          | 2              | 7.00 × 10 <sup>4</sup> | 3.65 × 10 <sup>3</sup> |
|          | 4              | 9.85 × 10 <sup>4</sup> | 3.90 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 6              | 1.34 × 10 <sup>4</sup> | 2.45 × 10 <sup>3</sup> |
|          | 8              | 1.02 × 10 <sup>4</sup> | 9.50 × 10 <sup>1</sup> |
|          | 10             | 3.35 × 10 <sup>4</sup> | 7.15 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 12             | 4.85 × 10 <sup>3</sup> | 6.00 × 10 <sup>1</sup> |
|          | 14             | 3.10 × 10 <sup>3</sup> | 3.55 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 16             | 1.30 × 10 <sup>4</sup> | 2.80 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 18             | 5.95 × 10 <sup>3</sup> | 3.15 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 20             | 3.15 × 10 <sup>3</sup> | 4.50 × 10 <sup>1</sup> |
|          | 22             | 3.75 × 10 <sup>4</sup> | 3.45 × 10 <sup>2</sup> |

Table 8. Eumycetes reduction effect of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #2, CFU/g)

| Cultivar | Storage(weeks) | technology             |                        |
|----------|----------------|------------------------|------------------------|
|          |                | Control                | Ozone                  |
| Red kiwi | 0              | 1.21 × 10 <sup>4</sup> |                        |
|          | 2              | 7.60 × 10 <sup>4</sup> | 2.35 × 10 <sup>3</sup> |
|          | 4              | 3.55 × 10 <sup>4</sup> | 2.45 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 6              | 7.45 × 10 <sup>4</sup> | 6.10 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 8              | 6.15 × 10 <sup>3</sup> | 3.80 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 10             | 9.05 × 10 <sup>4</sup> | 4.50 × 10 <sup>1</sup> |
|          | 12             | 2.03 × 10 <sup>4</sup> | 3.50 × 10 <sup>1</sup> |
|          | 14             | 4.20 × 10 <sup>3</sup> | 5.55 × 10 <sup>3</sup> |
|          | 16             | 1.29 × 10 <sup>4</sup> | 6.95 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 18             | 1.37 × 10 <sup>4</sup> | 3.70 × 10 <sup>2</sup> |
|          | 20             | 4.40 × 10 <sup>3</sup> | 4.50 × 10 <sup>1</sup> |
|          | 22             | 3.05 × 10 <sup>4</sup> | 2.85 × 10 <sup>2</sup> |

## 2) 제주산 그린키위

제주산 그린키위의 진균류 측정 결과는 Figure 5, Table 9, 10과 같다. 제주산 그린키위 Lot #1, Lot #2의 0주 차 진균수는 각각  $2.85 \times 10^3$  CFU/g,  $2.90 \times 10^3$  CFU/g 이었다. 저장창고에서 38주 저장되는 동안 Lot #1과 #2의 대조구는 0주 차 시료와 비교하면 각각 0.54 log, 0.04 log의 일반세균이 감소하였다. 대조구는 저장 기간이 늘어남에 따라 진균수가 증가하거나 유지되었다. 일반세균수와는 달리 저온의 영향으로 생육의 저해를 받거나 포자를 형성하고 휴지기로 변환한 것으로 판단된다. 반면에 Lot #1과 #2의 오존처리구는 0주 차 시료와 비교하면 각각 2.28 log (65.96%), 2.76 log (79.81%)으로 진균수가 감소하였다. 이것은 저온 플라즈마 오존처리가 키위 표면의 미생물 생육을 지속해서 억제하고 증가하는 것을 방해한 것으로 판단된다.

Figure 5. Eumycetes reduction effect of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

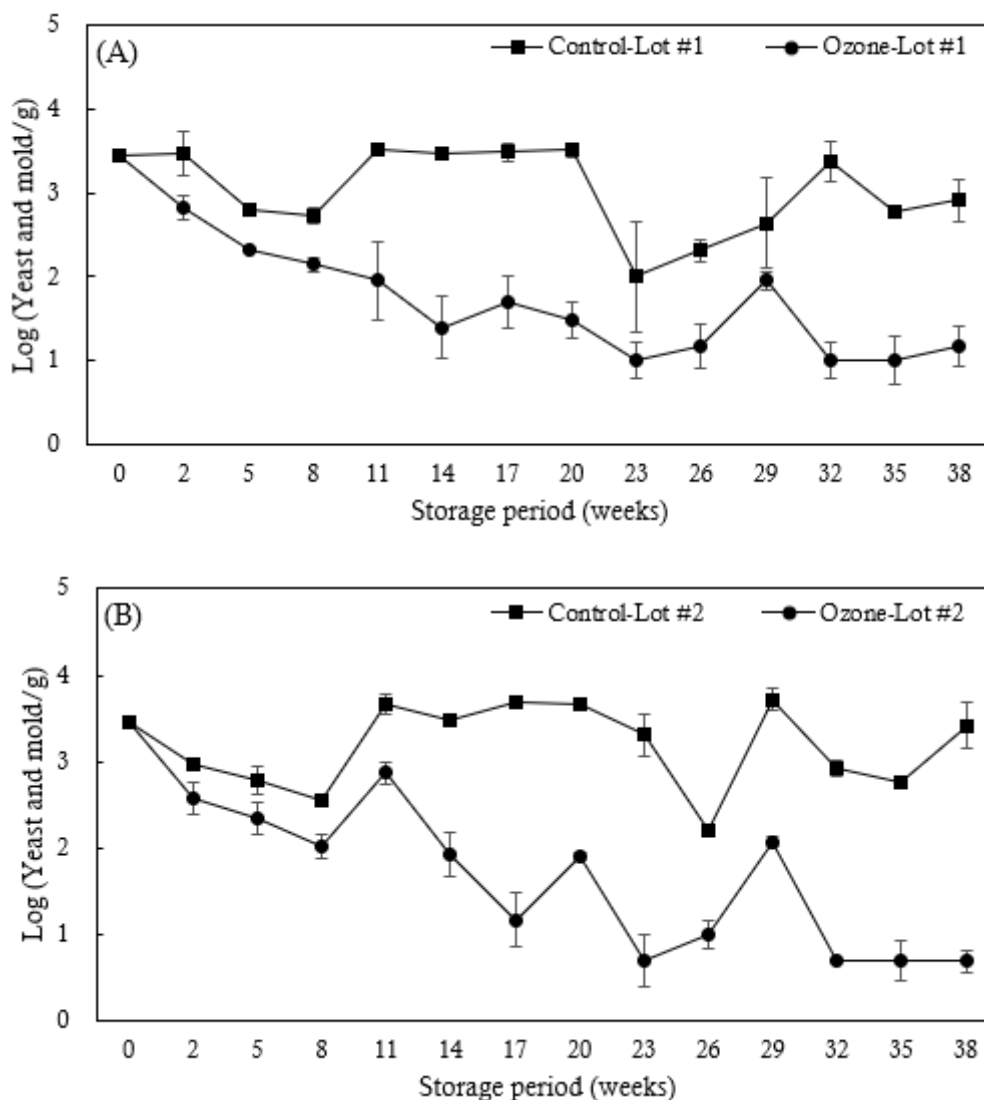


Table 9. Eumycetes reduction effect of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #1, CFU/g)

| Cultivar   | Storage(weeks) | technology             |                        |
|------------|----------------|------------------------|------------------------|
|            |                | Control                | Ozone                  |
| Green kiwi | 0              | 2.85 × 10 <sup>3</sup> |                        |
|            | 2              | 3.00 × 10 <sup>3</sup> | 6.60 × 10 <sup>2</sup> |
|            | 5              | 6.30 × 10 <sup>2</sup> | 2.10 × 10 <sup>2</sup> |
|            | 8              | 5.35 × 10 <sup>2</sup> | 1.40 × 10 <sup>2</sup> |
|            | 11             | 3.35 × 10 <sup>3</sup> | 9.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 14             | 2.95 × 10 <sup>3</sup> | 2.50 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 17             | 3.10 × 10 <sup>3</sup> | 5.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 20             | 3.30 × 10 <sup>3</sup> | 3.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 23             | 1.00 × 10 <sup>2</sup> | 1.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 26             | 2.05 × 10 <sup>2</sup> | 1.50 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 29             | 4.35 × 10 <sup>2</sup> | 9.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 32             | 2.40 × 10 <sup>3</sup> | 1.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 35             | 5.85 × 10 <sup>2</sup> | 1.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 38             | 8.15 × 10 <sup>2</sup> | 1.50 × 10 <sup>1</sup> |

Table 10. Eumycetes reduction effect of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #2, CFU/g)

| Cultivar   | Storage(weeks) | technology             |                        |
|------------|----------------|------------------------|------------------------|
|            |                | Control                | Ozone                  |
| Green kiwi | 0              | 2.90 × 10 <sup>3</sup> |                        |
|            | 2              | 9.15 × 10 <sup>2</sup> | 3.75 × 10 <sup>2</sup> |
|            | 5              | 6.15 × 10 <sup>2</sup> | 2.20 × 10 <sup>2</sup> |
|            | 8              | 3.50 × 10 <sup>2</sup> | 1.05 × 10 <sup>2</sup> |
|            | 11             | 4.55 × 10 <sup>3</sup> | 7.45 × 10 <sup>2</sup> |
|            | 14             | 3.05 × 10 <sup>3</sup> | 8.50 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 17             | 4.80 × 10 <sup>3</sup> | 1.50 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 20             | 4.65 × 10 <sup>3</sup> | 8.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 23             | 2.06 × 10 <sup>3</sup> | 5.00 × 10 <sup>0</sup> |
|            | 26             | 1.60 × 10 <sup>2</sup> | 1.00 × 10 <sup>1</sup> |
|            | 29             | 5.25 × 10 <sup>3</sup> | 1.20 × 10 <sup>2</sup> |
|            | 32             | 8.50 × 10 <sup>2</sup> | 5.00 × 10 <sup>0</sup> |
|            | 35             | 5.65 × 10 <sup>2</sup> | 5.00 × 10 <sup>0</sup> |
|            | 38             | 2.60 × 10 <sup>3</sup> | 5.00 × 10 <sup>0</sup> |

### 3) 제주산 골드키위

제주산 골드키위의 진균류 측정 결과는 Figure 6, Table 11, 12와 같다. 제주산 골드키위 Lot #1, Lot #2의 0주 차 진균수는 각각  $6.60 \times 10^3$  CFU/g,  $3.05 \times 10^4$  CFU/g 이었다. 저장창고에서 28주 저장되는 동안 Lot #1과 #2의 대조구는 0주 차 시료와 비교하면 Lot #1은 1.03 log 증가하였고, Lot #2는 0.59 log의 진균수가 감소하였다. 대조구는 저장 기간이 늘어남에 따라 대체적으로 진균수가 증가하거나 유지되었다. 일반세균수와는 달리 저온의 영향으로 생육의 저해를 받거나 포자를 형성하고 휴지기로 변환한 것으로 판단된다. 반면에 28주 차의 Lot #1과 #2의 오존 처리구는 0주 차 시료와 비교하면 각각 2.42 log (99.62%), 3.31 log (99.99%)으로 진균수가 감소하였다. 이것은 플라즈마 오존처리가 키위 표면의 미생물 생육을 지속해서 억제하고 증가하는 것을 방해한 것으로 판단된다.

Figure 6. Eumycetes reduction effect of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

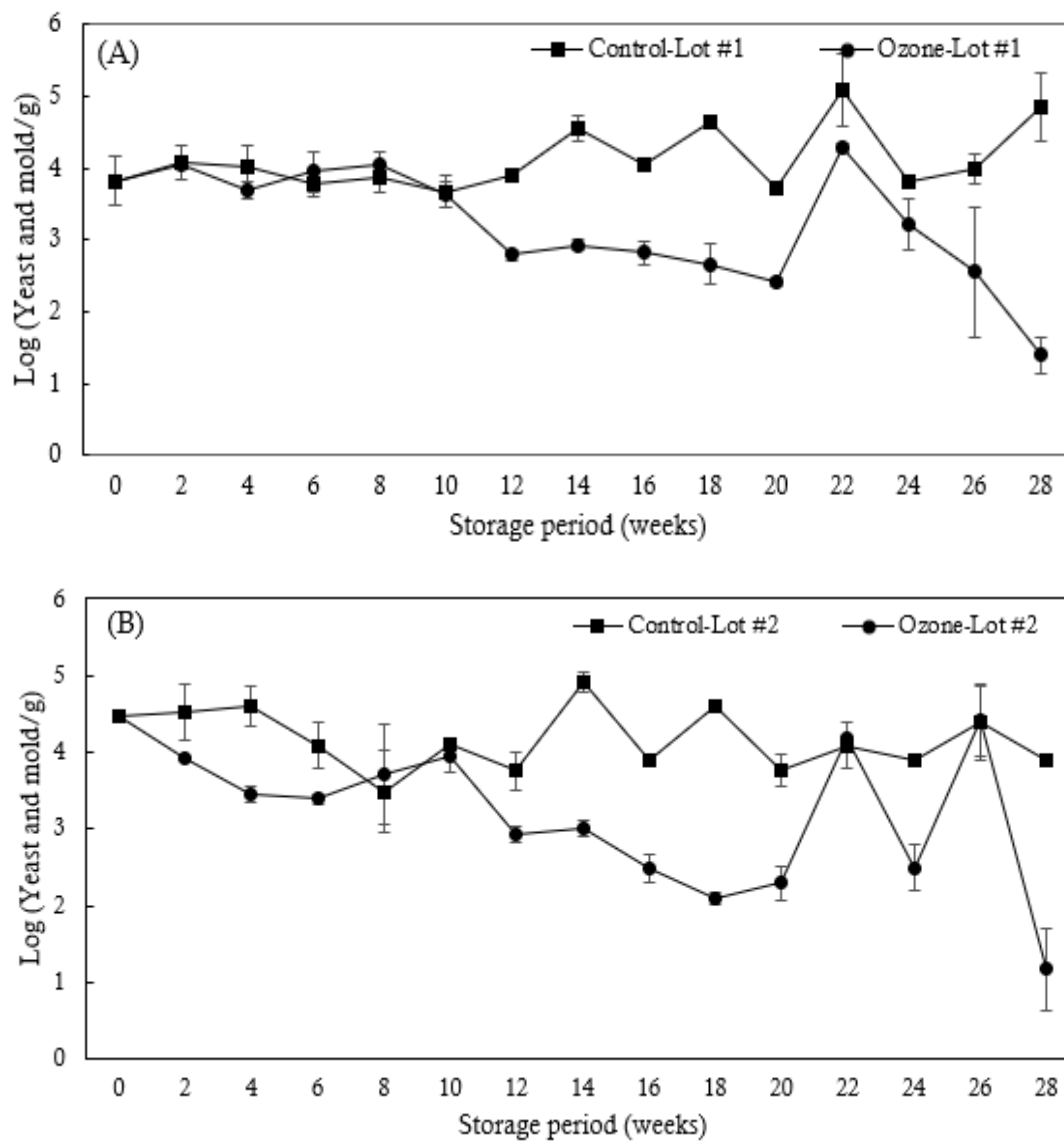




Table 11. Eumycetes reduction effect of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #1, CFU/g)

| Cultivar  | Storage(weeks)         | technology             |                        |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
|           |                        | Control                | Ozone                  |
| Gold kiwi | 0                      | 6.60 × 10 <sup>3</sup> |                        |
|           | 2                      | 1.19 × 10 <sup>4</sup> | 1.12 × 10 <sup>4</sup> |
|           | 4                      | 1.02 × 10 <sup>4</sup> | 4.90 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 6                      | 5.85 × 10 <sup>3</sup> | 9.00 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 8                      | 7.25 × 10 <sup>3</sup> | 1.14 × 10 <sup>4</sup> |
|           | 10                     | 4.70 × 10 <sup>3</sup> | 4.20 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 12                     | 7.75 × 10 <sup>3</sup> | 6.25 × 10 <sup>2</sup> |
|           | 14                     | 3.65 × 10 <sup>4</sup> | 8.45 × 10 <sup>2</sup> |
|           | 16                     | 1.10 × 10 <sup>4</sup> | 6.55 × 10 <sup>2</sup> |
|           | 18                     | 4.25 × 10 <sup>4</sup> | 4.55 × 10 <sup>2</sup> |
|           | 20                     | 5.20 × 10 <sup>3</sup> | 2.55 × 10 <sup>2</sup> |
|           | 22                     | 1.21 × 10 <sup>4</sup> | 1.92 × 10 <sup>4</sup> |
|           | 24                     | 6.56 × 10 <sup>3</sup> | 1.63 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 26                     | 9.75 × 10 <sup>3</sup> | 3.58 × 10 <sup>2</sup> |
| 28        | 7.05 × 10 <sup>4</sup> | 2.50 × 10 <sup>1</sup> |                        |

Table 12. Eumycetes reduction effect of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #2, CFU/g)

| Cultivar  | Storage(weeks)         | technology             |                        |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
|           |                        | Control                | Ozone                  |
| Gold kiwi | 0                      | 3.05 × 10 <sup>4</sup> |                        |
|           | 2                      | 3.35 × 10 <sup>4</sup> | 8.45 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 4                      | 4.05 × 10 <sup>4</sup> | 2.90 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 6                      | 1.22 × 10 <sup>4</sup> | 2.47 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 8                      | 3.05 × 10 <sup>3</sup> | 5.10 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 10                     | 1.24 × 10 <sup>3</sup> | 9.00 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 12                     | 5.75 × 10 <sup>3</sup> | 8.70 × 10 <sup>2</sup> |
|           | 14                     | 8.25 × 10 <sup>4</sup> | 1.02 × 10 <sup>3</sup> |
|           | 16                     | 7.75 × 10 <sup>3</sup> | 3.14 × 10 <sup>2</sup> |
|           | 18                     | 3.90 × 10 <sup>4</sup> | 1.25 × 10 <sup>2</sup> |
|           | 20                     | 5.80 × 10 <sup>3</sup> | 2.00 × 10 <sup>2</sup> |
|           | 22                     | 1.22 × 10 <sup>4</sup> | 1.48 × 10 <sup>4</sup> |
|           | 24                     | 8.05 × 10 <sup>3</sup> | 3.15 × 10 <sup>2</sup> |
|           | 26                     | 2.45 × 10 <sup>4</sup> | 2.55 × 10 <sup>4</sup> |
| 28        | 7.90 × 10 <sup>3</sup> | 1.50 × 10 <sup>1</sup> |                        |

### 3. 물성 측정 결과

#### 1) 제주산 레드키위

저온 플라즈마 오존 처리에 의한 2018년 생산된 제주산 레드키위의 상품성에 영향을 미치는 경도를 확인하여 저장 과일에 대한 저장 안정성을 확인하였다 (Figure 7, Table 13, 14). 2018년에 생산되어 별도의 선별과정과 세척공정 없이 저장된 레드키위의 저장 초기 Hardness 1은  $31,233.79 \pm 5,550.75$  g-force였다. Hardness 1은 저장 2주 차 때 경도 감소율이 가장 높았으며 8주 차까지 급격히 감소하다가 그 이후로는 점진적으로 감소하였다. Hardness 2는 Hardness 1과 마찬가지로 2주 차 때 감소율이 가장 높았으며 8주 차까지 급격히 감소하다가 그 이후로는 완만하게 감소하는 경향을 보였다. 이상의 결과를 보면 대조구와 오존처리구 모두 저장 기간이 증가하면서 전체적으로 낮아지는 경향을 나타내었다. Hardness 1과 2 모두 대조구와 오존처리구 간의 유의적인 차이는 보이지 않았다 ( $p < 0.05$ ). 전 구간에서 대조구에 비해 오존처리구의 경도가 낮아지지 않은 것으로 보아 저온 플라즈마 오존 처리는 경도에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

Figure 7. Hardness change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

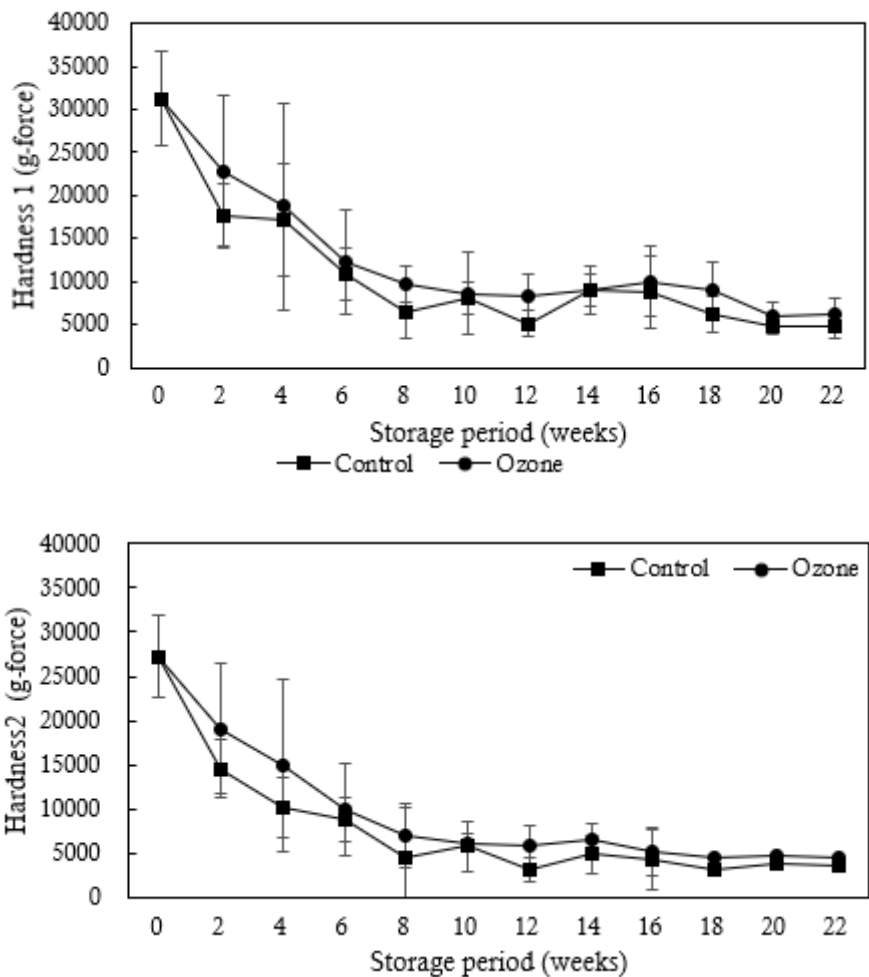


Table 13. Hardness change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #1, g-force)

| Cultivar | Storage(weeks) | technology |           |
|----------|----------------|------------|-----------|
|          |                | Control    | Ozone     |
| Red kiwi | 0              | 31233.79   |           |
|          | 2              | 17,730.17  | 22,757.71 |
|          | 4              | 17,164.27  | 18,715.13 |
|          | 6              | 10,849.62  | 12,348.99 |
|          | 8              | 6,455.60   | 9,678.44  |
|          | 10             | 8,010.17   | 8,577.51  |
|          | 12             | 5,134.10   | 8,330.31  |
|          | 14             | 9,069.90   | 9,072.84  |
|          | 16             | 8,741.26   | 10,029.61 |
|          | 18             | 6,263.08   | 9,105.82  |
|          | 20             | 4,884.52   | 6,029.43  |
|          | 22             | 4,842.46   | 6,246.99  |

Table 14. Hardness change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Lot #2, g-force)

| Cultivar | Storage(weeks) | technology |           |
|----------|----------------|------------|-----------|
|          |                | Control    | Ozone     |
| Red kiwi | 0              | 27182.32   |           |
|          | 2              | 14,500.67  | 19,079.51 |
|          | 4              | 10,039.29  | 14,978.39 |
|          | 6              | 8,669.26   | 9,838.44  |
|          | 8              | 4,486.14   | 6,950.69  |
|          | 10             | 5,709.41   | 6,094.59  |
|          | 12             | 3,086.83   | 5,885.26  |
|          | 14             | 4,821.10   | 6,552.73  |
|          | 16             | 4,290.65   | 5,178.51  |
|          | 18             | 3,042.01   | 4,477.31  |
|          | 20             | 3,769.43   | 4,763.77  |
|          | 22             | 3,488.63   | 4,378.72  |

## 2) 제주산 그린키위

저온 플라즈마 오존 처리에 의한 2018년 생산된 제주산 그린키위의 상품성에 영향을 미치는 경도를 확인하여 저장 과일에 대한 저장 안정성을 확인하였다 (Figure 8, Table 15). 2018년에 생산되어 별도의 선별과정과 세척공정 없이 저장된 그린키위의 저장 초기 Hardness는  $21,187.86 \pm 3,410.69$  g-force 였다. 대조구와 오존처리구의 Hardness는 저장 8주 차 때 경도 감소율이 가장 높았으며 17주 차까지 급격히 감소하다가 그 이후로는 점진적으로 감소하였다. 대조구와 오존처리구의 Hardness는 17주 차까지는 비슷하다가 20주 차에서부터 점차 유의미한 차이를 보이기 시작했다 ( $p < 0.05$ ). 이상의 결과로 볼 때 저온 플라즈마 처리가 그린키위의 중장기적인 저장에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

Figure 8. Hardness change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

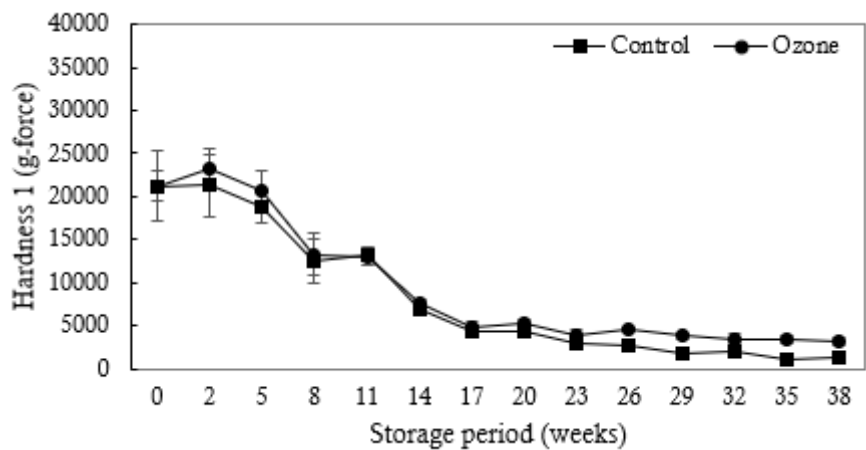




Table 15. Hardness change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (g-force)

| Cultivar   | Storage(weeks) | technology |           |
|------------|----------------|------------|-----------|
|            |                | Control    | Ozone     |
| Green kiwi | 0              | 21,187.86  |           |
|            | 2              | 21,306.79  | 23,282.17 |
|            | 5              | 18,765.20  | 20,638.05 |
|            | 8              | 12,526.94  | 13,240.20 |
|            | 11             | 13,105.96  | 13,054.99 |
|            | 14             | 6,930      | 7,670     |
|            | 17             | 4,210      | 4,830     |
|            | 20             | 4,290      | 5,280     |
|            | 23             | 2,870      | 3,800     |
|            | 26             | 2,740      | 4,560     |
|            | 29             | 1,850      | 3,780     |
|            | 32             | 2,090      | 3,460     |
|            | 35             | 1,020      | 3,290     |
|            | 38             | 1,180      | 3,240     |

### 3) 제주산 골드키위

저온 플라즈마 오존 처리에 의한 2018년 생산된 제주산 골드키위의 상품성에 영향을 미치는 경도를 확인하여 저장 과일에 대한 저장 안정성을 확인하였다 (Figure 9, Table 16). 2018년에 생산되어 별도의 선별과정과 세척공정 없이 저장된 골드키위의 저장 초기 Hardness는  $25,439.37 \pm 12,719.69$  g-force 였다. 대조구와 오존처리구는 28주간 저장 기간이 증가하면서 전체적으로 낮아지는 경향을 나타내었다. 저장 초기부터 8주까지는 오존처리구가 대조구에 비해 높은 값을 나타냈지만 그 이후로 부터는 대조구와 차이가 없거나 대조구가 더 높은 경도를 나타내었다. 이상의 결과를 보아 저온 플라즈마 오존처리가 골드키위 정도에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

Figure 9. Hardness change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

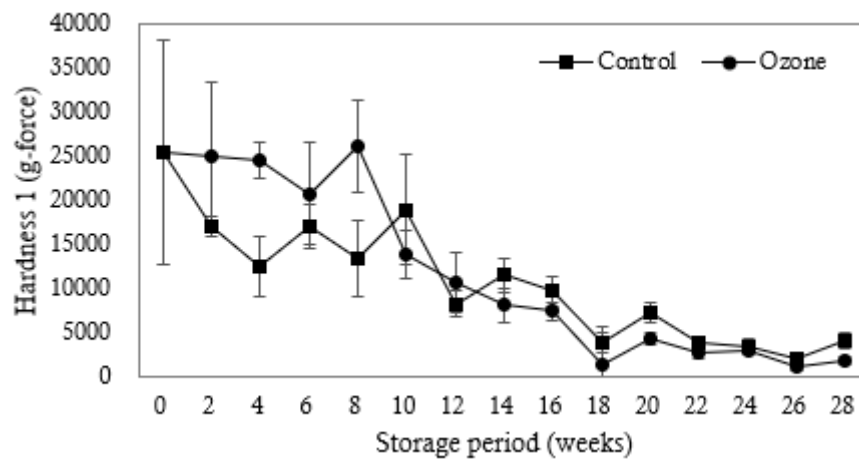


Table 16. Hardness change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (g-force)

| Cultivar  | Storage(weeks) | technology |           |
|-----------|----------------|------------|-----------|
|           |                | Control    | Ozone     |
| Gold kiwi | 0              |            | 25,439.37 |
|           | 2              | 17,033.00  | 25,128.59 |
|           | 4              | 12,563.65  | 24,636.72 |
|           | 6              | 17,074.39  | 20,796.24 |
|           | 8              | 13,448.31  | 26,243.5  |
|           | 10             | 19,027.10  | 13,935.59 |
|           | 12             | 8,298.26   | 10,760.40 |
|           | 14             | 11,557.55  | 8,141.78  |
|           | 16             | 9,728.05   | 7,459.87  |
|           | 18             | 3,900      | 1,470     |
|           | 20             | 7,260      | 4,350     |
|           | 22             | 3,820      | 2,670     |
|           | 24             | 3,530      | 3,050     |
|           | 26             | 2,150      | 1,170     |
| 28        | 4,190          | 1,900      |           |

#### 4. 당도 측정 결과

##### 1) 제주산 레드키위

2018년에 생산된 제주산 레드키위의 상품성에 영향을 미치는 수용성 고형분 (Brix) 변화를 확인하여 과일의 저장 안정성을 확인하였다 (Figure 10, Table 17). 수확 후 별도의 선별과정이나 세척공정 없이 저장된 레드키위의 저장 초기의 수용성 고형분 함량은  $11.4 \pm 1.1$  Brix였다. 22주간 저장되면서 대조구와 오존처리구의 수용성 고형분 함량은 대체적으로 증가되는 경향을 보였다. 동일 날짜별로 구분해 보면 저장 기간이 증가할수록 대조구가 오존처리구에 비하여 상대적으로 높은 수용성 고형분 함량을 보였다. 저온 플라즈마 오존 처리가 대조구에 비해서 낮은 것은 숙성의 정도가 대조구보다 낮은 것으로 이러한 차이는 저온 플라즈마 오존 처리가 과일의 숙성을 지연시키는 효과가 있는 것으로 판단된다.

Figure 10. Brix change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

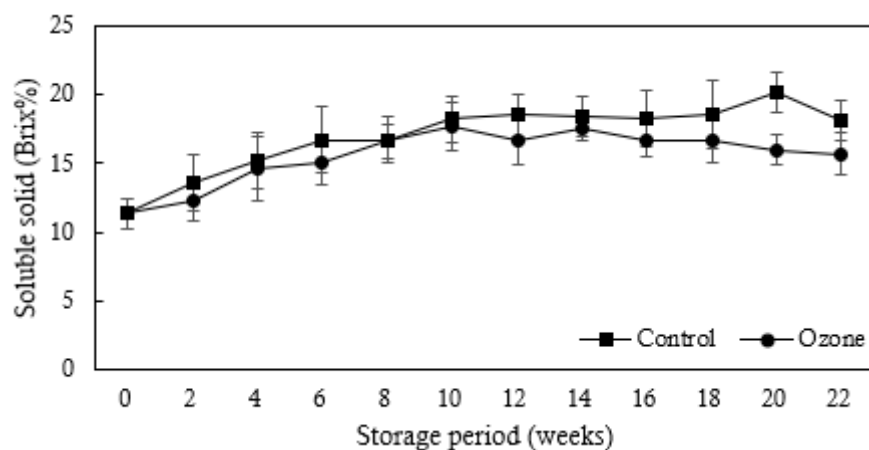


Table 17. Brix change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Brix%)

| Cultivar | Storage(weeks) | technology |       |
|----------|----------------|------------|-------|
|          |                | Control    | Ozone |
| Red kiwi | 0              | 11.4       |       |
|          | 2              | 13.6       | 12.3  |
|          | 4              | 15.2       | 14.6  |
|          | 6              | 16.7       | 15.0  |
|          | 8              | 16.7       | 16.6  |
|          | 10             | 18.2       | 17.7  |
|          | 12             | 18.5       | 16.6  |
|          | 14             | 18.4       | 17.5  |
|          | 16             | 18.3       | 16.7  |
|          | 18             | 18.6       | 16.7  |
|          | 20             | 20.2       | 16.0  |
| 22       | 18.1           | 15.7       |       |

## 2) 제주산 그린키위

2018년에 생산된 제주산 그린키위의 상품성에 영향을 미치는 수용성 고형분 (Brix) 변화를 확인하여 과일의 저장 안정성을 확인하였다 (Figure 11, Table 18). 수확 후 별도의 선별과정이나 세척공정 없이 저장된 그린키위의 저장 초기의 수용성 고형분 함량은  $13.3 \pm 0.6$  Brix였다. 38주간 저장되면서 대조구와 오존처리구의 수용성 고형분 함량은 저장 기간에 따라 증가하였다. 저장 초기에는 대조구와 오존처리구의 수형성 고형분 함량이 비슷했으나 23주 차 이후로는 오존처리구에 비해 대조구가 수용성 고형분 함량이 높았다. 이상의 결과를 보아 마이크로 플라즈마 오존처리가 그린키위 저장 시 숙성을 지연시켜주는 것으로 판단된다.

Figure 11. Brix change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

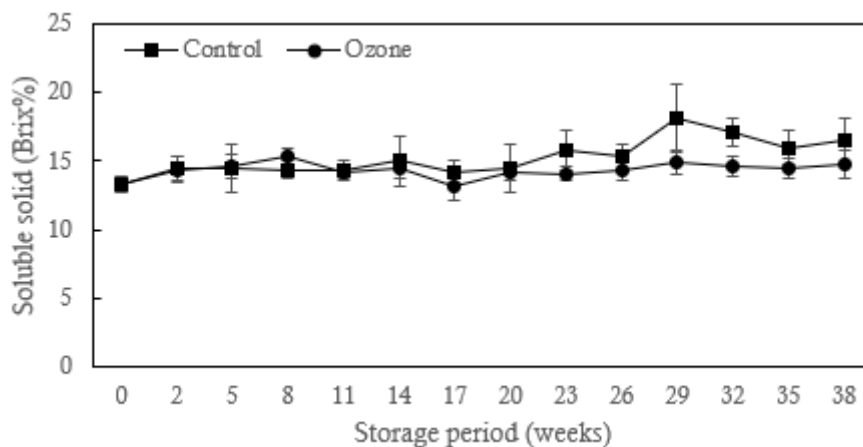


Table 18. Brix change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Brix%)

| Cultivar   | Storage(weeks) | technology |       |
|------------|----------------|------------|-------|
|            |                | Control    | Ozone |
| Green kiwi | 0              | 13.3       |       |
|            | 2              | 14.5       | 14.4  |
|            | 5              | 14.5       | 14.6  |
|            | 8              | 14.4       | 15.3  |
|            | 11             | 14.4       | 14.2  |
|            | 14             | 15.0       | 14.5  |
|            | 17             | 14.2       | 13.2  |
|            | 20             | 14.5       | 14.2  |
|            | 23             | 15.8       | 14.1  |
|            | 26             | 15.3       | 14.3  |
|            | 29             | 18.1       | 14.9  |
|            | 32             | 17.1       | 14.6  |
|            | 35             | 16.0       | 14.5  |
|            | 38             | 16.5       | 14.8  |



### 3) 제주산 골드키위

2018년에 생산된 제주산 골드키위의 상품성에 영향을 미치는 수용성 고형분 (Brix) 변화를 확인하여 과일의 저장 안정성을 확인하였다 (Figure 12, Table 19). 수확 후 별도의 선별과정이나 세척공정 없이 저장된 골드키위의 저장 초기의 수용성 고형분 함량은  $15.2 \pm 1.1$  Brix였다. 24주간 저장되면서 대조구의 수용성 고형분 함량은 유지되거나 증가하였다. 저온 플라즈마 오존저장의 수용성 고형분 함량은 대체로 유지되거나 감소하였다. 동일 날짜별로 구분해보면 대조구가 저온 플라즈마 오존처리구보다 상대적으로 높은 수용성 고형분 함량을 나타내었다. 전체적으로 자연숙성이 진행되지만 저온 플라즈마 오존 처리된 시료의 당도가 상대적으로 낮은 것은 숙성의 정도가 대조구보다 지연된 것으로 판단된다.

Figure 12. Brix change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

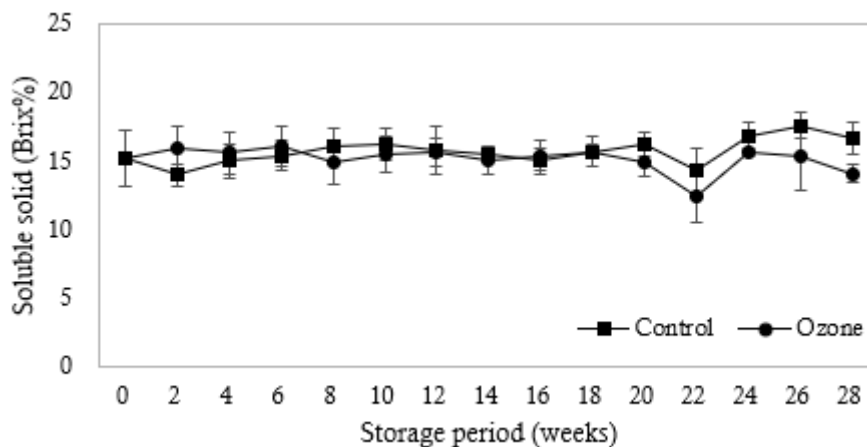


Table 19. Brix change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology (Brix%)

| Cultivar  | Storage(weeks) | technology |       |
|-----------|----------------|------------|-------|
|           |                | Control    | Ozone |
| Gold kiwi | 0              | 15.2       |       |
|           | 2              | 14.0       | 15.9  |
|           | 4              | 15.0       | 15.6  |
|           | 6              | 15.4       | 16.1  |
|           | 8              | 16.1       | 14.9  |
|           | 10             | 16.2       | 15.5  |
|           | 12             | 15.8       | 15.6  |
|           | 14             | 15.5       | 15.1  |
|           | 16             | 15.0       | 15.4  |
|           | 18             | 15.7       | 15.7  |
|           | 20             | 16.2       | 14.9  |
|           | 22             | 14.3       | 12.4  |
|           | 24             | 16.8       | 15.6  |
| 26        | 17.6           | 15.3       |       |
| 28        | 16.7           | 14.1       |       |

## 5. 산도 측정 결과

### 1) 제주산 레드키위

2018년 제주산 레드키위의 상품성에 영향을 미치는 산도 변화를 확인하여 과일의 저장 안정성을 확인하였다 (Figure 13, Table 20). 저장 초기 산도는  $1.06 \pm 0.09\%$  였다. 22주간 저장되면서 대조구와 오존처리구의 산도는 저장 기간에 따른 변화는 없었다. 동일 날짜별로 대조구와 오존처리구의 산도를 비교해본 결과 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 이상의 결과를 보아 마이크로 플라즈마 오존처리는 레드키위를 저장함에 있어서 산도에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

Figure 13. Acidity change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

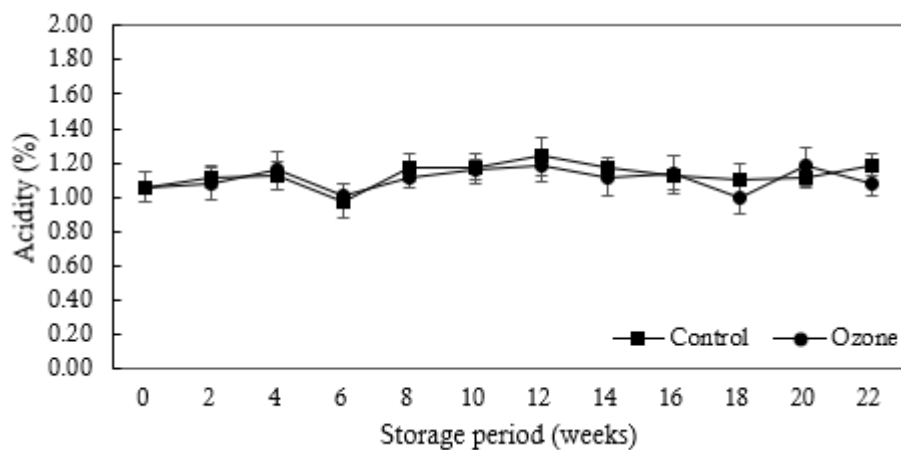


Table 20. Acidity change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

| Cultivar | Storage(weeks) | technology |       |
|----------|----------------|------------|-------|
|          |                | Control    | Ozone |
| Red kiwi | 0              | 1.06       |       |
|          | 2              | 1.12       | 1.08  |
|          | 4              | 1.13       | 1.16  |
|          | 6              | 0.98       | 1.01  |
|          | 8              | 1.17       | 1.12  |
|          | 10             | 1.17       | 1.16  |
|          | 12             | 1.24       | 1.18  |
|          | 14             | 1.17       | 1.11  |
|          | 16             | 1.13       | 1.14  |
|          | 18             | 1.10       | 1.00  |
|          | 20             | 1.12       | 1.18  |
|          | 22             | 1.19       | 1.08  |

## 2) 제주산 그린키위

2018년 제주산 레드키위의 상품성에 영향을 미치는 산도 변화를 확인하여 키위의 저장 안정성을 확인하였다 (Figure 14, Table 21). 저장 초기 산도는  $1.51 \pm 0.09\%$  였다. 38주간 저장되면서 대조구와 오존처리구의 산도는 저장 초기에서 중기까지는 유지하다가 29주 차를 지나면서 감소하는 양상을 보였다. 동일 날짜별로 대조구와 오존처리구의 산도를 비교해본 결과 대체적으로 29주 차 이후에 대조구에 비해 오존처리구가 낮았다. 하지만 과일의 특성상 개체의 차이일 가능성도 있기 때문에 정확한 판단에는 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Figure 14. Acidity change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

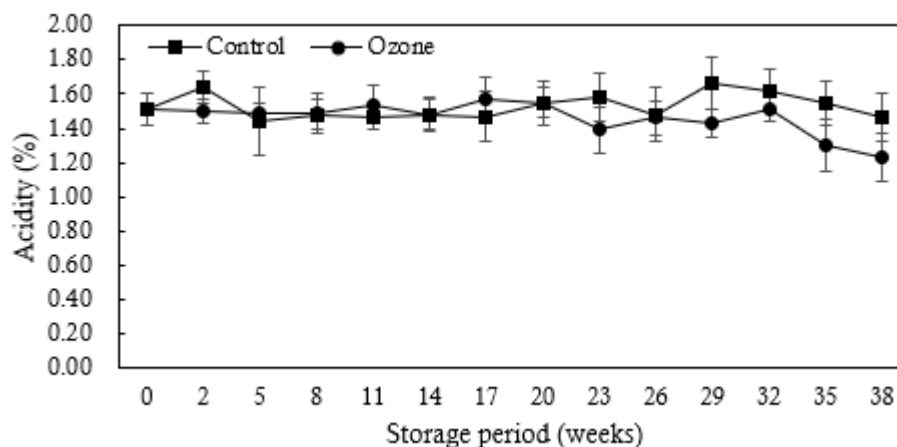


Table 21. Acidity change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

| Cultivar   | Storage(weeks) | technology |       |
|------------|----------------|------------|-------|
|            |                | Control    | Ozone |
| Green kiwi | 0              | 1.51       |       |
|            | 2              | 1.64       | 1.50  |
|            | 5              | 1.44       | 1.49  |
|            | 8              | 1.48       | 1.49  |
|            | 11             | 1.47       | 1.54  |
|            | 14             | 1.48       | 1.48  |
|            | 17             | 1.47       | 1.57  |
|            | 20             | 1.55       | 1.55  |
|            | 23             | 1.58       | 1.39  |
|            | 26             | 1.48       | 1.46  |
|            | 29             | 1.66       | 1.43  |
|            | 32             | 1.62       | 1.51  |
|            | 35             | 1.55       | 1.30  |
| 38         | 1.47           | 1.23       |       |

### 3) 제주산 골드키위

2018년 제주산 골드키위의 상품성에 영향을 미치는 산도 변화를 확인하여 과일의 저장 안정성을 확인하였다. (Figure 15, Table 22). 저장 초기 산도는  $0.90 \pm 0.12\%$ 였다. 28주간 저장되면서 대조구의 산도는 유지되거나 감소되었다. 저온 플라즈마 오존저장의 산도는 점차 감소하는 경향이 있었다. 대조구와 오존처리구를 비교하였을 때 20주 차부터 조금씩 산도의 차이가 발생하였다. 하지만 과일 특성상 개체의 차이일 수도 있어 저온 플라즈마 오존처리가 골드키위 저장에 있어서 영향을 끼치지 않는다고 판단된다.

Figure 15. Acidity change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

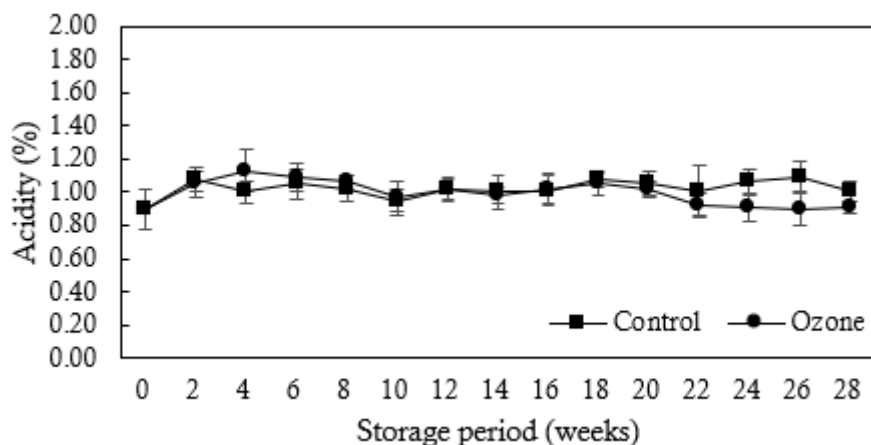


Table 22. Acidity change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

| Cultivar  | Storage(weeks) | technology |       |
|-----------|----------------|------------|-------|
|           |                | Control    | Ozone |
| Gold kiwi | 0              | 0.90       |       |
|           | 2              | 1.08       | 1.05  |
|           | 4              | 1.00       | 1.13  |
|           | 6              | 1.05       | 1.09  |
|           | 8              | 1.02       | 1.06  |
|           | 10             | 0.94       | 0.97  |
|           | 12             | 1.02       | 1.02  |
|           | 14             | 1.00       | 0.98  |
|           | 16             | 1.01       | 1.02  |
|           | 18             | 1.08       | 1.05  |
|           | 20             | 1.05       | 1.02  |
|           | 22             | 1.01       | 0.92  |
|           | 24             | 1.06       | 0.91  |
|           | 26             | 1.09       | 0.90  |
| 28        | 1.01           | 0.91       |       |



## 6. pH 측정 결과

### 1) 제주산 레드키위

2018년 제주산 레드키위의 상품성에 영향을 미치는 pH 변화를 확인하여 과일의 저장 안정성을 확인하였다 (Figure 16, Table 23). 저장 초기 pH는  $3.84 \pm 0.06$  였다. 22주간 저장되면서 대조구와 오존처리구의 pH는 대체로 증가하는 양상을 나타내었다. 또한, 대조구와 오존처리구를 동일 날짜별로 비교해본 결과 유의미한 차이를 나타내지 않았다 ( $p < 0.05$ ). 이것은 마이크로 플라즈마 오존처리가 레드키위 저장 시 pH에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

Figure 16. Hydrogen ion concentration change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

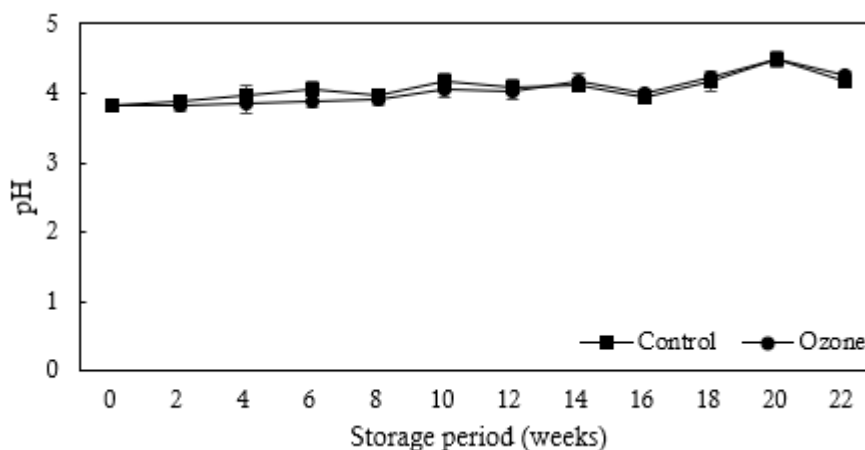


Table 23. Hydrogen ion concentration change of red kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

| Cultivar | Storage(weeks) | technology |       |
|----------|----------------|------------|-------|
|          |                | Control    | Ozone |
| Red kiwi | 0              | 3.84       |       |
|          | 2              | 3.88       | 3.82  |
|          | 4              | 3.98       | 3.85  |
|          | 6              | 4.07       | 3.89  |
|          | 8              | 3.96       | 3.90  |
|          | 10             | 4.16       | 4.05  |
|          | 12             | 4.09       | 4.03  |
|          | 14             | 4.11       | 4.18  |
|          | 16             | 3.95       | 3.99  |
|          | 18             | 4.16       | 4.23  |
|          | 20             | 4.50       | 4.48  |
| 22       | 4.17           | 4.26       |       |

## 2) 제주산 그린키위

2018년 제주산 그린키위의 상품성에 영향을 미치는 pH 변화를 확인하여 과일의 저장 안정성을 확인하였다 (Figure 17, Table 24). 저장 초기 pH는  $3.70 \pm 0.09$  였다. 38주간 저장되면서 대조구와 오존처리구의 pH는 저장 기간에 따라 증가하는 것을 확인하였다. 동일날짜별로 대조구와 오존처리구를 비교하였을 때, 유의미한 차이는 나타나지 않았다 ( $p < 0.05$ ). 이상의 결과로 마이크로 플라즈마 오존으로 제주산 그린키위를 저장 시 pH에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

Figure 17. Hydrogen ion concentration change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

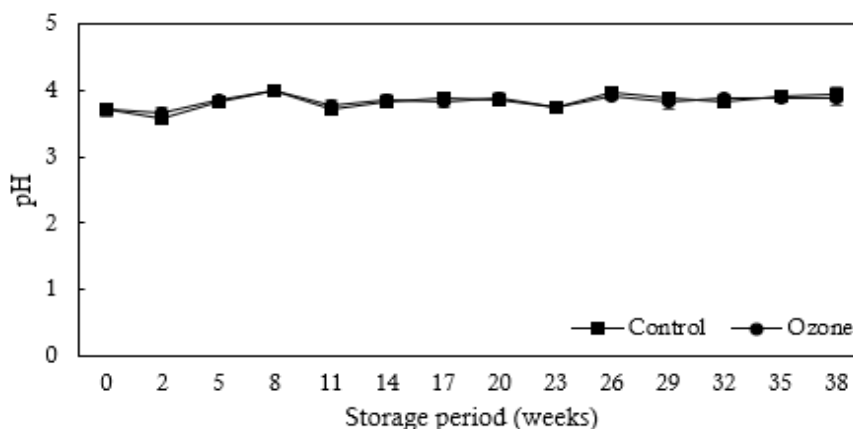


Table 24. Hydrogen ion concentration change of green kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

| Cultivar   | Storage(weeks) | technology |       |
|------------|----------------|------------|-------|
|            |                | Control    | Ozone |
| Green kiwi | 0              | 3.70       |       |
|            | 2              | 3.58       | 3.66  |
|            | 5              | 3.83       | 3.85  |
|            | 8              | 3.99       | 3.99  |
|            | 11             | 3.70       | 3.77  |
|            | 14             | 3.83       | 3.86  |
|            | 17             | 3.87       | 3.83  |
|            | 20             | 3.86       | 3.87  |
|            | 23             | 3.75       | 3.75  |
|            | 26             | 3.96       | 3.90  |
|            | 29             | 3.88       | 3.81  |
|            | 32             | 3.82       | 3.87  |
|            | 35             | 3.91       | 3.87  |
| 38         | 3.93           | 3.88       |       |

### 3) 제주산 골드키위

2018년 제주산 골드키위의 상품성에 영향을 미치는 pH 변화를 확인하여 과일의 저장 안정성을 확인하였다 (Figure 18, Table 25). 저장 초기 pH는  $3.70 \pm 0.09$  였다. 28주간 저장되면서 대조구와 오존처리구의 pH는 저장 기간에 따라 점차로 증가하는 경향이 나타났다. 동일 날짜별로 대조구와 오존처리구를 비교해 본 결과 대체로 유의미한 차이가 나타나지 않았다 ( $p < 0.05$ ). 이상의 결과로 저온 플라즈마 오존 기술을 이용하여 제주산 골드키위를 저장할 경우 pH에는 영향을 미치지 않는다고 판단된다.

Figure 18. Hydrogen ion concentration change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

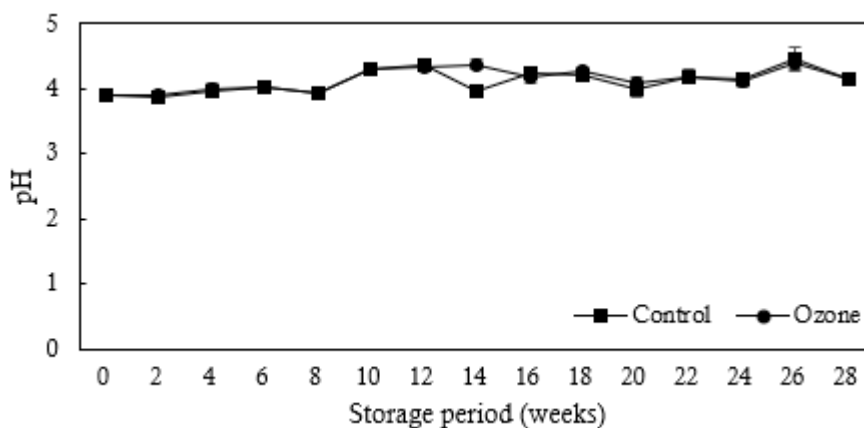


Table 25. Hydrogen ion concentration change of gold kiwi from Jeju in 2018 by low temperature plasma ozone technology

| Cultivar  | Storage(weeks) | technology |       |
|-----------|----------------|------------|-------|
|           |                | Control    | Ozone |
| Gold kiwi | 0              | 3.90       |       |
|           | 2              | 3.86       | 3.89  |
|           | 4              | 3.97       | 4.00  |
|           | 6              | 4.04       | 4.04  |
|           | 8              | 3.93       | 3.92  |
|           | 10             | 4.31       | 4.29  |
|           | 12             | 4.37       | 4.32  |
|           | 14             | 3.95       | 4.38  |
|           | 16             | 4.23       | 4.18  |
|           | 18             | 4.21       | 4.28  |
|           | 20             | 3.99       | 4.08  |
|           | 22             | 4.19       | 4.19  |
|           | 24             | 4.14       | 4.13  |
| 26        | 4.47           | 4.41       |       |
| 28        | 4.16           | 4.14       |       |

## IV. 결론 및 제언

본 실험은 제주산 키위의 저온 플라즈마 처리에 의한 저장 중 미생물, 물리 및 이화학적 변화를 비교하고 저장안정성을 확인하기 위하여 수행하였다.

대조구 키위 종류별로 저온 저장고( $1\pm 0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 상대습도  $90\pm 5\%$ ) 40피트 컨테이너( $12,035\times 2,336\times 2,283\text{ MM}$ )에 각각 저장하였다. 저온 플라즈마 오존처리한 키위는 종류별로 저온저장고( $1\pm 0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 상대습도  $90\pm 5\%$ ) 20피트 컨테이너( $5,899\times 2,336\times 2,278\text{ MM}$ )에 각각 저장하였다. 각 키위는 플라스틱 박스에 25 kg씩 담고 부직포로 감싸 보관하였다. 오존처리구의 경우 키위가 들어있는 각 컨테이너마다 오존발생기(Ozonaid, MOS 1001, MOS 1001T,  $0.3\text{ g/hr}$ )를 이용하여 오존농도는 평균  $0.70\pm 0.30\text{ ppm}$ 을 유지하였다. 키위 종류별, 처리구별로 일반세균수, 진균수, 경도, 당도, 산도, pH를 측정하였다.

제주산 레드키위의 일반세균의 경우 Lot #1과 Lot #2의 대조구는 0주 차에 비하여  $0.46\text{ log}$ ,  $0.53\text{ log}$ 가 증가하였다. 반면 Lot #1과 Lot #2의 오존처리구는  $2.66(99.78\%)\text{ log}$ ,  $2.25(99.44\%)\text{ log}$ 의 감소하였다. 진균류의 경우는 Lot #1과 #2의 대조구의 경우 0주 차에 비해 각각  $0.16\text{ log}$ ,  $0.40\text{ log}$ 의 증가가 나타났으나 오존처리구의 경우에는 각각  $1.42\text{ log}(96.23\%)$ ,  $1.63\text{ log}(97.63\%)$ 의 감소가 나타났다. 당도는 오존처리구가 노화지연으로 대조구에 비하여 낮은 경향이 나타났고 산도의 경우에는 대조구가 오존처리구에 비해 높게 나타났으나 시료차이의 따른 결과로 판단된다. pH의 경우 대조구보다 오존처리구에서 높게 나타났다.

제주산 그린키위의 일반세균의 경우 Lot #1의 대조구는 0주 차에 비하여  $0.17\text{ log}$  감소하였고 Lot #2의 대조구는  $0.05\text{ log}$  증가하였다, 반면 Lot #1과 Lot #2의 오존처리구는 0주 차에 비해  $3.19(100.00\%)\text{ log}$ ,  $1.91(98.76\%)\text{ log}$ 의 감소가 나타났다. 진균류의 경우는 Lot #1과 Lot#2의 대조구의 경우 0주 차에 비하여 각각  $0.54\text{ log}$ ,  $0.04\text{ log}$  감소하였다. 오존처리구의 경우에는 각각  $2.28\text{ log}(65.96\%)$ ,  $2.76\text{ log}(79.81\%)$ 의 감소가 나타났다. 당도의 경우에는 오존처리구가 노화지연으로 대조구에 비하여 낮은 경향이 나타났고 산도와 pH의 경우에는 대조구와 오존처리구의

유의미한 차이를 나타내지 않았다.

제주산 골드키위의 일반세균의 경우 대조구의 Lot #1과 Lot #2는 0.46 log, 0.53 log가 증가하였다. 반면 Lot #1과 Lot #2의 오존처리구는 0주 차에 비해 2.66(99.78%) log, 2.25(99.44%) log의 감소가 나타났다. 진균류의 경우는 Lot #1의 대조구의 경우 0주 차에 비하여 1.03 log의 증가가 나타났고 Lot #2의 대조구는 0.59 log 감소하였다. 오존처리구의 경우에는 각각 2.42 log(99.62%), 3.31 log(99.99%)의 감소가 나타났다. 당도는 오존처리구가 노화지연으로 대조구에 비하여 낮은 경향이 나타났고 산도와 pH는 대조구와 오존처리구의 유의미한 차이를 나타내지 않았다.

본 실험은 실제 키위 저장과정과는 달리 별도의 선과나 세척공정 없이 저장하여 초기 미생물을 제어하지 못하였다. 그러나 오존처리구의 미생물 수치가 시간에 따라 감소하는 것을 보아 저장 전 초기 미생물 제어를 하고 저장을 한다면 저장성을 향상시킬 것이라고 사료된다. 향후 수확 전 또는 저장 전 세척공정을 통한 초기 미생물 수를 제어한 품종별 키위의 저온 플라즈마 오존 기술을 이용한 저장 연구가 추후에 필요할 것으로 판단된다. 또한, 저온 플라즈마 오존에 의한 키위 저장은 경도, 당도, 산도, pH 같은 품질면에서는 영향을 미치지 않는 것을 확인하였다. 저온 플라즈마 오존 저장이 품질에 영향을 끼치지 않고 미생물 제어에 유익하므로 키위의 저장방법으로서 저온 플라즈마 오존 처리방법이 널리 사용될 것이라고 판단된다.



## V. 참고문헌

1. Lee AY. Postharvest characteristics of golden kiwifruit and storability as influenced by pre- and postharvest technologies, VOL.- NO.- (2015)
2. Lee CH et al., Post-storage Softening and Physiological Changes of 'Hayward'Kiwifruit Stored under Low Temperature and Controlled Atmosphere, Journal of the Korean Society for Horticultural science, vol.42, No.1, pp. 87-90, 2001
3. Yang Y J, Lim B S, Effects of high carbon dioxide and ethylene technology on postharvest ripening regulation of red kiwifruit(*Actinidia melanandra* Franch) during cold storage, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society Vol. 18, No. 6 pp. 478-485, 2017
4. Shin M H et al., Storage temperature affects the ripening characteristics of 'Gamrok', 'Hayward', 'Goldone', and 'Jecy Gold' Kiwifruit treated with exogenous ethylene, HORTICULTURAL SCIENCE and TECHNOLOGY, 36(5):730-740, 2018
5. S. Lim, S. H. Han, J. Kim, H. J. Lee, J. G. Lee, and E. J. Lee, "Inhibition of hardy kiwifruit ( *Actinidia aruguta* ) ripening by 1-methylcyclopropene during cold storage and anticancer properties of the fruit extract," Food Chemistry, vol. 190, pp. 150 - 157, Jan. 2016.
6. H M Kang, I L Choi, J P Baek. (2013). Identification of Suitable Film Type and Temperature for Green and Gold Kiwifruit MA Condition Using Non-Perforated Film. Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences,

25(2), 65-70.

7. An Hyun Joo, Park Kyung Jin, Kim Sang Suk. Preservatory effect of stored 'Setoka'(Citrus sp.) using the noncontacted low temperature atmospheric pressure surface discharged plasma. *Korean J Food Preserv* 2016;23(6):772-777.

8. Agar, I. T., R. Massantini, B. Hess-Pierce and A.A. Kader. 1999. Postharvest CO<sub>2</sub> and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices. *J. Food Sci* 64:433-440

9. Marsh, K., S. Attanayake, S. Walker, A. Gunson, H. Boldingh and E. MacRae. 2004. Acidity and taste in kiwifruit. *Postharvest Biol. Technol.* 32:159-168

10. I. S. Minas et al., "Ozone-induced inhibition of kiwifruit ripening is amplified by 1-methylcyclopropene and reversed by exogenous ethylene," *BMC Plant Biology*, vol. 18, no. 1, Dec. 2018.

11. YS Park, Storability of Fresh-cut Kiwifruit Slices Influenced by Storage Temperature, *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43(6):728-732. 2002.

12. I. S. Minas, G. S. Karaoglanidis, G. A. Manganaris, and M. Vasilakakis, "Effect of ozone application during cold storage of kiwifruit on the development of stem-end rot caused by *Botrytis cinerea*," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 58, no. 3, pp. 203 - 210, Dec. 2010.

13. A. Koukounaras and E. Sfakiotakis, "Effect of 1-MCP prestorage technology on ethylene and CO<sub>2</sub> production and quality of 'Hayward' kiwifruit during shelf-life after short, medium and long term cold storage," *Postharvest Biology*

and Technology, vol. 46, no. 2, pp. 174 - 180, Nov. 2007

14. C. Chen et al., "Effect of ozone technology on the phenylpropanoid biosynthesis of postharvest strawberries," RSC Advances, vol. 9, no. 44, pp. 25429 - 25438, 2019.

15. Kim S, Kim C, Lim CK, Song E. 'Sweet Gold', A Kiwifruit Variety with High Firmness. Korean J. Breed. Sci. 2018;50:245-248.

16. Yang Y J, Lim B S, Temperature and length of cold storage affect the Quality Maintenance of fresh kiwifruit(*Actinidia chinensis* Planch), Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 18, No.1, pp. 256~261, 2017

Abstract

## Abstract

### A study on the storage stability of Jeju kiwi using low temperature plasma ozone technology

Myung-Ki Hong

Department of Food Science and Nutrition, Graduate School  
Jeju National University, Jeju, Korea

This study was conducted to study the storage stability of Jeju kiwi by low temperature plasma ozone treatment. The kiwi fruits used in the experiment are Jeju red, green and gold kiwi. The control group was stored in a 40-foot container in a cold refrigerator ( $1\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ ,  $90\pm 5\%$  relative humidity). The Ozone treatment group was stored in a 20-foot container at a low temperature refrigerator ( $1\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ ,  $90\pm 5\%$  relative humidity) with a concentration of  $0.7\pm 0.03$  ppm using an ozone generator(Ozonaid, MOS 1001, MOS 1001T, 0.3g/hr). Each Kiwi measured general bacteria, eumycetes, hardness, soluble solid, acidity, pH every 3 weeks(green kiwi) and 2 weeks(gold and red kiwi). In the results of the general bacteria of red kiwi, the control group tend to increase but the ozone treatment group decreased. In the case of green kiwi, the control group was increased or maintained, but the ozone treatment group tended to decrease. In the case of gold kiwi, the control group increased or maintained, but ozone treatment group decreased. In the results of eumycetes, red kiwi's control group increased or maintained, and the ozone treatment group decreased. Green kiwi's control group increased or maintained and the ozone treatment group decreased.

Gold kiwi's control group increased or maintained and the ozone treatment group decreased. The hardness showed a tendency that the hardness of red, green, and gold kiwi gradually decreased with storage period. However, the hardness of green and gold kiwi excluding red kiwi showed a significant difference between the control and ozone treatment group. The soluble solid of red, green, and gold kiwi gradually increased with storage period. Also, in all treatment groups, ozone treatment groups tended to have lower soluble solid than control groups. The acidity of red, green, and gold kiwi was higher in the control than in the ozone treatment, but the range was not affected. As for the pH of red, ozone treatment was generally high, but it was not a level that affected quality. There was no significant difference between green kiwi and gold kiwi between control and ozone treatment.