



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](#)

韓 英 淑 教授指導

博士學位 請求論文

다양한 처리방법에 따른  
신선편이 양배추의 미생물 제어

2010

誠信女子大學校 大學院

食品營養學科

李 賢 姬

다양한 처리방법에 따른  
신선편이 양배추의 미생물 제어

韓 英 淑 教授指導

이 論文을 博士學位 論文으로 提出함

2009年 10月

誠信女子大學校 大學院

食品營養學科

李 賢 姬

# 認 准 書

李賢姬의 博士學位 論文으로 認准함.

審査委員 \_\_\_\_\_ 印

審査委員 \_\_\_\_\_ 印

審査委員 \_\_\_\_\_ 印

審査委員 \_\_\_\_\_ 印

審査委員 \_\_\_\_\_ 印

誠信女子大學校 大學院

## 감사의 글

항상 큰 격려와 따뜻한 마음으로 지도해 주신 한영숙 지도교수님께 깊은 감사를 드립니다. 아울러 깊은 사랑과 관심으로 소중한 가르침과 본이 되어주신 김혜영 교수님, 안홍석 교수님, 이명숙 교수님, 표영희 교수님께 존경과 감사의 마음을 전합니다. 이 논문이 완성되기까지 지도해 주시고 많은 배려와 도움을 주신 저의 또 다른 지도교수님인 한국식품연구원의 홍석인 박사님께 진심으로 감사드리며 물심양면 많은 관심과 격려를 아끼지 않으신 김동만 박사님께도 감사의 말씀 드립니다. 바쁘신 중에도 자상하고 꼼꼼하게 논문심사를 해 주시고 부족한 점을 일깨워 주신 박종현 교수님과 윤현근 교수님께도 감사드립니다.

항상 바쁘고 부족한 선배였지만 많은 도움을 주었던 선미, 원석이, 수경이, 지영이, 소라, 은숙이, 옆 실험실의 조우리, 그리고 성신여대 식영과 후배들에게 고마운 마음을 전하며, 무사히 졸업할 수 있도록 많은 도움을 준 내 유일한 대학동기 경연이에게 고마움을 전합니다. 일과 공부 모두 열심히 함께 해내고 있는 광석이와 미영이에게도 고마운 마음과 자랑스럽게 생각하고 있다는 말을 전하고 싶습니다. 저에게 다른 분야의 호기심을 가지게 해준 이현숙 박사님과 여러 차 전공 박사님들, 그리고 피부전공 박사님들에게도 즐겁고 유쾌한 수업을 함께 할 수 있어 감사드립니다.

근무하면서 대학원을 다니고 논문을 쓰는 것이 쉬운 일은 아니었지만, 함께 일하면서 여러 가지 많은 도움을 준 난희, 희수 그리고 그 이전에 같이 일했던 동료들과 한국식품연구원 유통연구단의 박사님들, 연구원들에게도 고마운 마음을 전하고 싶습니다. 또한 부족함이 많은 저를 항상 다독거리 주신 구경형 박사님과 여러 박사님들께 감사의 말씀 드리고 싶습니다.

끝으로 한결같은 모습으로 언제나 힘이 되어 준 큰언니, 작은 언니, 오빠, 새언니, 귀염둥이 조카 동은이, 성민이와 지금의 제가 될 수 있도록 변함없는 사랑과 관심으로 보살펴 주신 부모님께 진심으로 감사드립니다. 이제까지 해 온 일보다 앞으로 해 나가야 할 일들이 더 많은 저에게 이 논문은 하나의 마침표가 아닌 다른 일의 초석으로 생각하고, 이 과정을 기억하고 매순간을 소중히 여기며 살아가겠습니다.

## 논문개요

생과일이나 채소를 주원료로 하여 가열처리 없이 단순 절단과 세척과정만 거친 후 포장, 유통되는 신선편이 채소식품은 절단면이 그대로 공기에 노출된다. 아울러 pH가 높고 수분함량이 높은 원료의 성분특성 때문에 절단하지 않은 원 재료보다 미생물 오염 및 증식이 쉽게 일어날 수 있고 냉장 보관 및 유통 중 저온성 병원균이 증식할 수 있는 가능성을 내포하고 있다. 따라서 본 연구에서는 신선편이 채소의 제조, 유통, 판매과정 중 미생물학적인 안전성을 확보하고 품질을 유지하고자 2종의 부패균과 4종의 병원성균을 세절 양배추에 접종한 다음 5℃에서 10일간 저장하면서 균주들의 생균수와 양배추 외관품질에 영향을 미치는 전처리 및 포장처리의 효과를 검토하였다.

식품의 미생물 억제용도로 사용되는 유기산 가운데 초산(acetic acid)과 구연산(citric acid)을 산의 형태와 나트륨염의 형태로 구분하여 세절 양배추를 침지 처리한 결과 나트륨염의 경우 감균 효과가 없었고 산 용액의 경우 모든 균종에서 1-2 log scale 감소하였다. 또한 탄산나트륨(sodium carbonate)과 중탄산나트륨(sodium bicarbonate)의 식품첨가물을 이용하여 침지 처리한 결과 양배추 내의 모든 미생물은 탄산염 농도가 높을수록 1 log scale 이상 감소하였으나 중탄산염 처리에서는 감균 효과가 전혀 없었다. 살균소독제 처리로 사용되는 차아염소산나트륨(sodium hypochlorite), 과산화수소(hydrogen peroxide), 과산화초산(peroxyacetic acid)용액에 농도별로 침지 처리한 결과 양배추에 접종한 모든 미생물은 차아염소산나트륨 100 ppm 농도와 과산화수소 2% 농도, 과산화초산 50 ppm 농도에서 1 log 이상 생균수가 감소하였다. 차아염소산(hypochlorous acid)의 살균효과를 높이기 위해 차아염소산나트륨 용액의 pH를 약산성(pH 5.0)으로 조절한 산성화 차

아염소산나트륨 용액처리에서는 단순 차아염소산나트륨 용액처리와 비교하여 유의적인 생균수 차이를 볼 수 없었다. 차아염소산나트륨의 대체재로 사용이 늘고 있는 전해수 처리는 산성(pH 2.7), 알칼리성(pH 10.4), 약알칼리성(pH 8.4)의 전해수 물성에 관계없이 1 log 이상 생균수를 감소시켰다. 반면 1.5, 3.0, 5.0 ppm 농도의 오존수 처리에서는 물로 세척한 대조구와 비교하여 생균수 차이를 전혀 구분할 수 없었다.

신선편이 채소의 미생물 제어에 효과적일 것으로 판단되는 여러 가지 포장처리를 적용한 결과 필름종류별로는 기체 투과율이 낮은 Ny/PE film 포장이 기체 투과율이 높은 LDPE film 포장에 비해 전반적으로 좋은 외관을 유지하였다. 포장방법별로는 포장재질에 관계없이 고O<sub>2</sub>/고CO<sub>2</sub> 조건의 MAP 처리구에서 세절 양배추의 모든 접종 미생물들이 비교적 낮은 생균수를 유지하였다. 반면에 저O<sub>2</sub>/고CO<sub>2</sub> 조건의 MAP 처리구에서는 대조구에 비해 미생물이 억제되지 않았으며, 오히려 O<sub>2</sub> 분압이 낮은 진공조건의 MVP 처리구에서는 증식이 촉진되거나 그대로 유지되는 경향이였다.

세절 양배추에 혼합 접종된 6종의 균주의 저감효과와 관능적 품질을 종합적으로 고려하여 선정된 100 ppm 차아염소산나트륨과 약알칼리(pH 8.4) 전해수의 2가지 적정 전처리와 Ny/PE film을 이용한 MAP를 병행처리한 결과 전처리 종류에 따른 생균수의 유의적인 차이는 구분되지 않았다. 포장방법별로는 전반적으로 저O<sub>2</sub>/고CO<sub>2</sub> 조건의 MAP 포장은 미생물 제어에 적합하지 않았으며, 진공포장의 경우 상품의 외관품질이 우수하게 유지되더라도 오히려 *L. monocytogenes*와 같은 혐기성 또는 미세 호기성 병원균의 급격한 증식을 확인할 수 있었다. 그러나 고O<sub>2</sub>/고CO<sub>2</sub> 조건의 MAP 포장은 저장 중 비교적 외관품질을 양호하게 유지하였고 전반적으로 유해미생물의 생균수를 낮게 조절하였다.

전처리와 포장처리의 개별적인 효과와 병용처리 효과를 비교해 본 결과,

전처리만 적용한 경우에는 외관품질 변화 없이 초기 미생물 생균수를 1 log 이상 감소시킬 수 있었다. 포장처리만 적용한 경우에는 초기 감균효과는 볼 수 없었지만 필름 투과성에 관계없이 고O<sub>2</sub>/고CO<sub>2</sub> 조건의 MAP 조건이 저온저장 중 세절 양배추의 미생물 증식을 억제하였고 초기와 비슷한 외관 품질을 유지하였다. 전처리와 포장병용처리에서는 전처리 후 초기 미생물 균체량이 1 log 이상 감소되었고 고O<sub>2</sub>/고CO<sub>2</sub> 조건의 MAP 포장조건에서 전처리 없이 포장처리만 한 경우에 비해 미생물 생균수가 더 적었으며 시료 초기의 외관품질이 유지되어 전처리와 포장 병용처리의 추가적인 효과를 얻을 수 있었다.

이러한 결과를 종합하여 볼 때, 외관품질에 영향을 주지 않으면서 원료의 초기 미생물수를 조절하는 차아염소산나트륨 용액과 약알칼리 전해수 전처리 방법과 유통 중 품질변화 및 위해균의 증식을 억제할 수 있는 고O<sub>2</sub>/고CO<sub>2</sub> 조건의 MAP 포장을 통해 신선편이 채소제품의 미생물학적 안전성 및 품질유지 효과를 기대할 수 있다.

# 목 차

## 논문개요

I. 서론 .....	1
1. 신선편이식품 .....	1
2. 신선편이식품의 미생물 제어를 위한 전처리 방법 .....	4
2.1. 유기산 .....	5
2.2. 탄산나트륨과 중탄산나트륨 .....	6
2.3. 살균소독제 .....	7
2.3.1. 염소 .....	8
2.3.2. 과산화수소와 과산화초산 .....	10
2.4. 염소수 대체제 .....	12
2.4.1. 전해수 .....	13
2.4.2. 오존수 .....	16
3. 신선편이식품의 미생물 제어를 위한 환경기체조절포장 방법 .....	18
3.1. 환경기체조절포장 .....	19
4. 연구목적 .....	20
II. 실험재료 및 방법 .....	21
1. 채소 시료 및 화학 약제 .....	21
2. 미생물 균주 및 선택배지 .....	21
3. 미생물 배양 및 접종 혼합액 .....	22
4. 시료 준비 및 접종 .....	22

5. 전처리 및 포장처리 .....	23
5.1. 전처리 .....	23
5.2. 포장처리 .....	24
5.3. 전처리 및 포장 병용처리 .....	24
6. 미생물 생균수 및 특성 분석 .....	25
6.1. 미생물 생균수 .....	25
6.2. 전처리 용액 특성 .....	25
6.3. 포장내부 기체조성 .....	28
6.4. 관능검사 .....	28
<b>Ⅲ. 연구결과 및 고찰 .....</b>	<b>29</b>
1. 전처리방법에 의한 표준 유해미생물의 제어효과 .....	29
1.1. 유기산의 영향 .....	29
1.2. 탄산 염류의 영향 .....	37
1.3. 살균소독제의 영향 .....	37
1.3.1. 염소처리 .....	41
1.3.2. 산성화 차아염소산나트륨 용액처리 .....	41
1.3.3. 과산화수소 및 과산화초산 .....	56
1.4. 염소수 대체재의 영향 .....	57
1.4.1. 전해수 및 오존수 처리 .....	57
2. 포장방법에 의한 표준 유해미생물의 제어효과 .....	71
2.1. 포장재내 가스조성 변화 .....	71
2.2. 미생물 생균수 변화 .....	74

3. 전처리 및 포장비용에 의한 표준 유해미생물의 제어효과 .....	87
3.1. 전처리 용액의 선정 .....	87
3.2. 차아염소산나트륨 전처리 및 포장비용 처리 .....	96
3.3. 약알칼리성 전해수 전처리 및 포장비용 처리 .....	118
4. 전처리와 포장처리의 개별효과와 비용효과 비교 .....	140
<b>IV. 결론</b> .....	141

**References**

**Abstract**

## List of Tables

Table 1. Some bacterial foodborne diseases associated fresh produce .....	3
Table 2. Physicochemical properties of tested solutions .....	26
Table 3. Physicochemical properties of tested solutions .....	27
Table 4. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following sodium acetate and sodium citrate treatments on shredded cabbage stored at 5°C for 10 days .....	35
Table 5. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following acetic acid and citric acid treatments on shredded cabbage stored at 5°C. ....	36
Table 6. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following sodium carbonate and sodium bicarbonate treatments on shredded cabbage stored at 5°C. ....	40
Table 7. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following Sodium hypochlorite treatments on shredded cabbage stored at 5°C. ....	44
Table 8. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following acidified hypochlorite treatments on shredded cabbage stored at 5°C ....	48
Table 9. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following hydrogen peroxide treatments on shredded cabbage stored at 5°C .....	51
Table 10. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following peroxyacetic acid treatments on shredded cabbage stored at 5°C .....	54
Table 11. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following electrolyzed water treatments on shredded cabbage stored at 5°C .....	61
Table 12. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following ozonized water treatments on shredded cabbage stored at 5°C .....	62
Table 13. Sensory characteristics of shredded cabbage with various acidified	

hypochlorite treatments during storage at 5°C .....	66
Table 14. Sensory characteristics of shredded cabbage with peroxyacetic acid treatments during storage at 5°C .....	67
Table 15. Sensory characteristics of shredded cabbage with various electrolyzed water treatments during storage at 5°C .....	68
Table 16. Sensory characteristics of shredded cabbage with ozonized water treatments during storage at 5°C .....	69
Table 17. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following various package treatments on shredded cabbage stored at 5°C for 5 days .....	77
Table 18. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following various package treatments on shredded cabbage stored at 5°C for 10 days .....	78
Table 19. Sensory characteristics of shredded cabbage with various packaging treatments during storage at 5°C .....	85
Table 20. Initial population of spoilage and pathogenic microorganisms following various chemical treatments on shredded cabbage .....	92
Table 21. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following various chemical treatments on shredded cabbage stored at 5°C for 10 days .....	93
Table 22. Sensory characteristics of shredded cabbage with various chemical treatments during storage at 5°C for 10 days .....	94
Table 23. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following hypochlorite dipping and MAP treatments on shredded cabbage stored at 5°C for 5 days .....	101
Table 24. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following hypochlorite dipping and MAP treatments on shredded cabbage	

stored at 5°C for 10 days .....	102
Table 25. Sensory characteristics of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C for 10 days .....	115
Table 26. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following weak electrolyzed alkaline water dipping and MAP treatments on shredded cabbage stored at 5°C for 5 days .....	122
Table 27. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following weak electrolyzed alkaline water dipping and MAP treatments on shredded cabbage stored at 5°C for 10 days .....	123
Table 28. Sensory characteristics of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C for 10 days .....	136
Table 29. Changes in cell ratio( $N/N_0$ ) of spoilage and pathogenic microorganisms treated with individual or combination treatments during storage at 5°C. .....	140
Table 30. Changes in cell ratio( $N/N_0$ ) of spoilage and pathogenic microorganisms treated with individual or combination treatments during storage at 5°C. .....	141

## List of figures

Figure 1. Inhibition by CO <sub>2</sub> of the growth and metabolism of microorganisms. .....	7
Figure 2. Schematic of electrolyzed water generation .....	14
Figure 3. Effects of organic salt treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment .....	31
Figure 4. Effects of organic salt treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C .....	32
Figure 5. Effects of organic acid treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment. ....	33
Figure 6. Effects of organic acid treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C. .....	34
Figure 7. Effects of carbonate treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment. ....	38
Figure 8. Effects of carbonate treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C. .....	39
Figure 9. Effects of hypochlorite treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment. ....	42
Figure 10. Effects of hypochlorite treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C. .....	43
Figure 11. Effects of acidified sodium hypochlorite treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment .....	46
Figure 12. Effects of acidified sodium hypochlorite treatment on spoilage	

and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C. ....	47
Figure 13. Effects of hydrogen peroxide treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment. ....	49
Figure 14. Effects of hydrogen peroxide treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C. ....	50
Figure 15. Effects of peracetic acid treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment. ....	52
Figure 16. Effects of peracetic acid treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C. ....	53
Figure 17. Effects of various electrolyzed water treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment. ....	57
Figure 18. Effects of various electrolyzed water treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C. ....	58
Figure 19. Effects of various ozonized water treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment. ....	59
Figure 20. Effects of various ozonized water treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C. ....	60
Figure 21. Changes in gas composition within the packages of shredded cabbage inoculated with spoilage and pathogen bacteria during storage at 5°C. ....	71
Figure 22. Initial viable cell counts of respective spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage prior to various packaging treatments. ....	72
Figure 23. Effects of packaging treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 5 days storage at 5°C. ....	75

Figure 24. Effects of packaging treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C. ....	76
Figure 25. Changes in <i>P. fluorescens</i> cells of shredded cabbage during storage at 5°C. ....	79
Figure 26. Changes in <i>E. coli</i> cells of shredded cabbage during storage at 5°C. ....	80
Figure 27. Changes in <i>E. coli</i> O157:H7 cells of shredded cabbage during storage at 5°C. ....	81
Figure 28. Changes in <i>S. Typhimurium</i> cells of shredded cabbage during storage at 5°C. ....	82
Figure 29. Changes in <i>S. aureus</i> cells of shredded cabbage during storage at 5°C. ....	83
Figure 30. Changes in <i>L. monocytogenes</i> cells of shredded cabbage during storage at 5°C. ....	84
Figure 31. Effects of some chemical treatments on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment. ....	88
Figure 32. Effects of some chemical treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C. ....	89
Figure 33. Effects of some chemical treatments on microbial reduction ratio of the bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment. ....	90
Figure 34. Effects of some chemical treatments on microbial reduction ratio of the bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5. ....	91
Figure 35. Changes in gas composition within the packages of shredded cabbage inoculated with selected bacteria and treated with hypochlorite solution dipping during storage at 5°C. ....	97
Figure 36. Initial viable cell counts and microbial reduction ratio of selected bacteria inoculated on shredded cabbage by hypochlorite solution dipping prior to various packaging treatment. ....	98

Figure 37. Combination effects of hypochlorite solution dipping and various packaging treatments on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after 5 days storage at 5°C..	99
Figure 38. Combination effects of hypochlorite solution dipping and various packaging treatments on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after 10 days storage at 5°C..	100
Figure 39. Changes in <i>P. fluorescens</i> cell counts of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.	103
Figure 40. Changes in <i>P. fluorescens</i> cell ratio of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.	104
Figure 41. Changes in <i>E. coli</i> cell counts of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.	105
Figure 42. Changes in <i>E. coli</i> cell ratio of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.	106
Figure 43. Changes in <i>E. coli</i> O157:H7 cell counts of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.	107
Figure 44. Changes in <i>E. coli</i> O157:H7 cell ratio of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.	108
Figure 45. Changes in <i>S. Typhimurium</i> cell counts of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.	109
Figure 46. Changes in <i>S. Typhimurium</i> cell ratio of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.	110

Figure 47. Changes in <i>S. aureus</i> cell counts of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	111
Figure 48. Changes in <i>S. aureus</i> cell ratio of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	112
Figure 49. Changes in <i>L. monocytogenes</i> cell counts of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	113
Figure 50. Changes in <i>L. monocytogenes</i> cell ratio of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	114
Figure 51. Appearance of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	116
Figure 52. Changes in gas composition within the packages of shredded cabbage inoculated with selected bacteria and treated with electrolyzed alkaline water dipping during storage at 5°C. ....	118
Figure 53. Initial viable cell counts and microbial reduction ratio of selected bacteria inoculated on shredded cabbage by electrolyzed alkaline water dipping prior to various packaging treatment. ....	119
Figure 54. Combination effects of electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after 5 days storage at 5°C. ....	120
Figure 55. Combination effects of electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after 10 days storage at 5°C. ....	121
Figure 56. Changes in <i>P. fluorescens</i> cell counts of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments	

during storage at 5°C. ....	124
Figure 57. Changes in <i>P. fluorescens</i> cell ratio of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	125
Figure 58. Changes in <i>E. coli</i> cell counts of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	126
Figure 59. Changes in <i>E. coli</i> cell ratio of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	127
Figure 60. Changes in <i>E. coli</i> O157:H7 cell counts of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	128
Figure 61. Changes in <i>E. coli</i> O157:H7 cell ratio of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	129
Figure 62. Changes in <i>S. Typhimurium</i> cell counts of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	130
Figure 63. Changes in <i>S. Typhimurium</i> cell ratio of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	131
Figure 64. Changes in <i>S. aureus</i> cell counts of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	132
Figure 65. Changes in <i>S. aureus</i> cell ratio of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	133
Figure 66. Changes in <i>L. monocytogenes</i> cell counts of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments	

during storage at 5°C. ....	134
Figure 67. Changes in <i>L. monocytogenes</i> cell ratio of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	135
Figure 68. Appearance of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. ....	137

# I. 서론

## 1. 신선편이식품

신선편이식품이란 과일이나 채소 등의 농산물을 원료로 특유의 신선함을 유지하면서 박피와 세척, 절단 등의 공정을 거쳐 원형을 물리적으로 변형하여 포장한 제품으로 100% 사용이 가능한 식품을 말한다(Mayen *et al.*, 2005). 이들의 형태는 원료 소재의 특성과 용도에 따라 매우 다양하지만 가열과정을 거치지 않기 때문에 조직의 세포가 살아있거나(fresh) 생것과 유사한(fresh-like) 특성을 갖고 있다. 신선편이식품은 1980년대 미국에서 패스트푸드 업체의 포장용 샐러드에 사용되는 신선편이 식재료를 시작으로 시장이 형성된 후 소득수준의 향상, 여성의 사회진출 증대, 식품관련 정보 증가 등의 환경요인과 과거 영양 섭취 위주에서 건강과 편의성을 고려하는 소비자들의 인식변화로 그 소비가 증가하였다(Ragaert *et al.*, 2004). 또한 단체급식이나 외식 업계에서도 원료의 손질비용과 노동력 절감 그리고 위생적인 이유로 신선편이 식재료의 채소나 과일의 구입을 선호하여 그 시장이 폭발적으로 증가하고 있다. 이러한 식품소비경향의 변화로 미국의 신선편이식품 시장 규모는 2005년 기준 12조원으로 11년간 연평균 14.8%의 성장을 기록하고 있고, 일본의 경우 2005년 기준 약 2조 5천억원 규모를 이루고 있다. 영국은 약 1.1조원의 신선편이시장을 확보하고 있으며 휴대가 간편한 스낵 개념의 상품도 개발되고 있다. 우리나라의 경우에는 엽채류, 근채류, 조미채소류, 서류, 과일류 등이 신선편이식품의 주원료로 이용되고 있으며 대형할인점과 백화점 및 단체급식업체, 패스트푸드점, 패밀리레스토랑과 같은 외식업체를 통해 대량으로 소비되고, 시장규모는 2006년 기준 약 5,000억원에 이르고 있다(곽창근 외, 2008, ((사) 한국신선편이농산물협회 2006.)).

신선편이식품은 반드시 천연재료만 들어있고 가공처리를 거치지 않은 듯

한 고유의 풍미와 외관을 유지하는 신선한 상태이어야만 상품으로서의 가치를 지닌다(Rico *et al.*, 2007., Lund *et al.*, 1989). 따라서 신선편이식품 제조에는 가열과정 없이 단순 세척 및 절단 등의 완만한 기술만 적용될 수밖에 없고 이러한 가공단계를 거치는 동안 증식에 있어 경쟁적 우위에 있는 일반 미생물의 양이 감소하기 때문에 병원성 미생물이 오염될 경우 더욱 쉽게 증식할 수 있다. 또한 절단면이 그대로 공기에 노출되는 제조 형태와 pH가 높고 수분함량이 높은 원료의 성분특성 때문에 절단하지 않은 원재료보다 품질이 쉽게 열화될 수 있다. 그러므로 유통기간이 저온에서 불과 1-2일 정도 밖에 되지 못하고 유통 중 변질, 부패의 위험성이 매우 높아지게 되는 문제점을 가지게 된다(Hong *et al.*, 2000).

채소류, 특별히 유기 농산물은 다양한 종류의 미생물을 함유하고 있으며 일반적으로  $10^5$ - $10^7$  CFU/g 가량 오염 되어 있다(Brackett *et al.*, 1996, Francis *et al.*, 1999). 이 중 80-90% 정도가 Gram 음성 간균으로서 *Pseudomonas*, *Enterobacter* 및 *Erwinia* 종이 대부분이다(Manvell *et al.*, 1986, Marchetti *et al.*, 1992). *Listeria*, *Yersinia*, *Salmonella*, *Aeromonas* 와 같은 일부 병원균은 저온에서 생육할 수 있으므로 냉장 유통되는 신선편이 식품에 이들 병원성 미생물이 존재할 수 있으며, 실제로 이들에 의한 식중독 발생 사례도 보고된 바 있다(Table 1). 그 예로 1981년 캐나다 마리타임 주에서 일어난 리스테리아 사고의 경우, 세절 양배추 샐러드가 원인이었으며 41명의 환자가 발생하여 17명이 사망하였다(Schlech *et al.*, 1983). 1979년 미국 보스톤에서는 샐러리, 토마토, 상추 등의 채소로 인하여 20건의 리스테리아증이 발생하였다. 또한 1982년부터 1994년 사이 미국에서 발생한 *E. coli* O157:H7 식중독 사고는 소고기가 주요 식품 오염원이었으며(약 32%) 채소나 샐러드에 의해서도 발생되었다(약 6%)(Doyle *et al.*, 1990).

Table 1. Some bacterial foodborne diseases associated fresh produce  
(Hurst, 1995)

Disease	Bacterial cause	Outbreak country	Commodity
Gastroenteritis	<i>Staphylococcus aureus</i>	USA	Import, canned mushrooms
Shigellosis	<i>Shigella sonnei</i>	USA	Shredded lettuce
Listeriosis	<i>Listeria monocytogenes</i>	Canada	Shredded cabbage in Coleslaw
Diarrhea	<i>Enterotoxigenic</i> <i>Escherichia coli</i>	Mexico	Salad of law vegetables
Botulism	<i>Clostridium botulinum</i>	USA	Coleslaw(MA-packaged)
	<i>Clostridium botulinum</i>	USA	Chopped garlic in oil
Salmonellosis	<i>Salmonella javiana</i>	USA	Sliced/whole raw tomatoes
	<i>Salmonella chester</i>	USA	Cut and served muskmelon
	<i>Salmonella poona</i>	USA	Salad-bar cut mushmelon
	<i>Vibrio cholera</i>	USA	cabbage
	<i>Bacillus cereus</i>	USA	Bean sprouts
	<i>Virus hepatitis</i>	USA	Lettuce

또한 무에서 커다란 식중독 사고가 발생하였는데, 이는 오염된 용수 또는 거름으로 재배된 채소류와 부적절한 세척과정에 기인한 것으로 밝혀졌다 (Como *et al.*, 1997). 최근 2006년에는 생 시금치를 섭취한 후 *E. coli* O157:H7 식중독이 발생하여 200명의 환자가 발생하고 3명이 사망하는 사고가 있었다(CDC, 2006). 한편 *Salmonella*는 위장염을 유발하는 균주로서 채소 섭취 후 식중독 발생 사례가 빈번하였다. 1988년 영국에서는 콩나물을 섭취한 후 대규모로 salmonella 식중독에 감염된 사례가 있었는데, 역학적인 연구결과 토마토, 양배추 샐러드 등을 섭취한 환자의 분변에서도 같은 균이 분리되었다(O'Mahony *et al.*, 1990; Francis *et al.*, 1999). 미국에서도 연간

140만건의 Salmonella 식중독이 보고되고 있는데(Li *et al.*, 2002), 최근 2004에서 2007년 사이 보고된 토마토에 의한 salmonella 식중독 사건 중에는 수확 후 유통단계에서 오염된 토마토를 외식 식당에서 사용하여 미국 21개주에서 대량의 식중독 사고가 일어나기도 하였다(CDC 2004; CDC, 2007). 2009년 1월과 4월 사이에는 미국전역에서 234명이 salmonella 식중독을 일으켰으며 알파파 새싹이 그 원인식품으로 밝혀졌다(CDC, 2009). 일반적으로 신선편이 채소제품에서 유해 미생물의 검출원인은 수확전과 수확 후로 나눌 수 있다. 수확전 요인의 경우, 분변, 토양, 관개수, 미숙성 또는 부적절한 퇴비, 야생동물이나 작업자로부터 오염될 수 있다(Francis *et al.*, 1999). 수확 후의 오염 경로로는 주로 세척, 절단, 선별, 포장 등의 가공 장치, 얼음, 수송 차량, 부적합한 저장 온도 및 포장, 부적절한 취급 등이라고 말할 수 있다(King *et al.*, 1991; Velani *et al.*, 1991). 이러한 신선 채소류에 의한 미생물학적인 사고를 방지하기 위하여 독일 위생협회의 미생물 기준 지침서에서는 혼합샐러드 포장제품의 호기균수는  $7.7 \log (5 \times 10^7 \text{ CFU/g})$ 을 넘지 말아야 하고 유통기한은 6일을 경과하지 않아야 하며  $6^\circ\text{C}$  이하로 저장하는 지침서를 내놓았고, 우리나라의 경우 신선편이 식품의 미생물 기준으로 황색포도상구균은 100/g이하이어야 하며 살모넬라, 대장균은 음성이어야 하는 기준을 마련해 놓고 있다(식품공전 고시 제 2008-15호).

## 2. 신선편이 제품의 미생물 제어를 위한 전처리 방법

신선편이 식품이 시장에 이미 일반화된 선진국에서는 이들 제품의 보존성 연장 및 안전성 확보를 위한 가공 포장기술이 기본적으로 일정 수준에 도달되어 있다(Kader *et al.*, 1996). 최근에는 한 가지 처리방법에 의존하여 미생물의 사멸 또는 변패 방지를 추구하기보다는 몇 가지 개별공정을 복합 적용함으로써 미생물의 점진적 감소 및 품질변화 억제를 지향하는 hurdle

concept이 도입되고 있으며(Gould *et al.*, 1995), 비가열 살균, 중온처리 등의 각종 물리화학적 처리 기술에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 그러나 초고압, PEF등으로 대표되는 비가열 처리기술이 식품산업현장에 도입되기에는 경제적 측면과 식품적용 범위의 한계 등 상당히 많은 걸림돌들이 존재하고 있기 때문에 비교적 저렴하고 사용하기 편리한 식품 첨가물, 살균제 및 살균소독제를 이용하여 과채류나 식품원재료로부터 기인하는 미생물을 제거하는 화학적 제어방법을 선호하고 있다(Rico *et al.* 2007).

## 2.1. 유기산

유기산은 식품에 직접 첨가하거나 미생물 발효작용의 생성물을 이용하여 식품보존에 이용되어온 항미생물학적 산성 물질이다(Davidson *et al.*, 1993). 많은 병원균들은 일반적으로 pH 4.5이하에서는 증식하기 어렵기 때문에 식품을 산성화하여 미생물의 증식을 방지하거나 사멸 시킬 수 있다. 유기산의 항균작용은 세포주변의 pH를 낮추어 세포막 물질의 이동이나 투과를 파괴하고, 산(acid)의 수소이온의 해리로 세포 내 pH가 저하되고 전하를 띠는 음이온이 축적되어 발생된다(Beuchat *et al.*, 2001) 과일은 그 자체에 유기산을 함유하고 있어 미생물 오염과 증식이 쉽지 않지만 채소의 경우 상대적으로 pH가 높기 때문에 (pH 5.8-6) 유해 미생물의 증식이 쉽게 일어날 수 있다(Hong *et al.*, 2000). 유기산은(젖산, 구연산, 초산, 주석산) 신선편이 과채류의 저온성, 중온성 미생물에 대한 강한 항균제로 이용되어 왔다(Bari *et al.*, 2005). 레몬즙의 형태로 citric acid처리를 했을 경우 papaya 조각에 접종한 Salmonella Typi의 균체량이 감소하였고(Fernandez *et al.* 1989), watermelon과 papaya 조각을 상온에서 레몬즙으로 처리한 후 *Campylobacter jejuni*의 생균수를 확인한 결과 6시간이 경과한 후 *C. jejuni*의 균체량이 초기균체량에 비해 레몬즙 처리구에서 0에서 14.3%이었고 레몬즙을 처리하지 않은 경우 7.7에서 61.8%에 이르렀

다(Castillo *et al.*, 1994). Karapinar와 Gonul (1992)은 파슬리 잎에 *Y. enterocolitica*를 접종한 후 2% acetic acid나 40% 식초에 15분간 세척하였을 때 7 log cycle이상 균체량이 감소하는 것을 확인하였다. Wu(2000)등은 파슬리 잎을 5% acetic acid로 30분간 처리했을 때는 호기성균이 거의 사멸한 반면 식초로 처리한 경우 호기성균이 3에서 6 log 정도 감소하는 것을 확인하였다. 또한 통 파슬리 잎을 21°C에서 식초(7.6% acetic acid)로 처리했을 때 *S. sonnei*의 생균수가 7 log/g 이상 감소하였다는 연구결과도 있었다. 이러한 유기산처리는 다른 살균소독제에 비해 가정 내에서도 손쉽게 사용할 수 있는 방법이지만 제품의 관능에 부정적인 영향을 줄 수 있다.

## 2.2. 탄산나트륨과 중탄산나트륨

탄산염류, 즉 탄산나트륨(SC)와 중탄산나트륨(SBC)는 다양한 용도로 사용되는 식품첨가물로서 식품의 풍미, pH 조절, 맛과 질감을 바꾸거나 육류와 생선, 과채류의 살균소독제로 사용되고 있다(Corral *et al.*, 1988; Davidson *et al.*, 1993). 이들은 대부분의 국가에서 규제를 거의 받지 않고 있어 그 사용범위가 넓은 편이며, 미국의 경우 FDA는 sodium bicarbonate를 GRAS 등급으로 분류하고 있고 EPA에서는 모든 농산물의 잔류 제한물질로부터 제외하고 있다. 또한 USDA에서는 SC와 SBC를 유기농 제품에 사용할 수 있는 식품첨가물로 인정하고 있고 수확작물의 부패를 방지하기 위해 사용하기도 한다. Palou (2001)등은 감귤류의 부패방지를 위하여 *Penicillium* spp.에 SC와 SBC를 적용한 결과 in vitro에서는 SC가 SBC보다 더 효과적으로 곰팡이의 생육을 억제하였으나 in vivo에서는 억제효과가 동일하였다는 연구결과를 보고하였다. 그러나 SC와 SBC는 화학살균제가 아닌 식품첨가물이라는 한계 때문에 그 효과도 초기 감균 효과에 그치고 일반적인 화학 살균제와 같이 계속 증식하는 포자를 억제시키지 못하는 단점

을 가지고 있다. 중탄산나트륨은 강염기(sodium hydroxide)와 약산(carbonic acid)이 결합된 염으로 탄산나트륨과 물, 그리고 이산화탄소로 만들어진다. 성분은 알칼리이며 용액상에서는 이온화하여 bicarbonate 이온( $\text{HCO}_3^-$ )과 양이온을 생성한다. Bicarbonate 이온( $\text{HCO}_3^-$ )은  $\text{H}^+$ 과 반응하여 새로운 염과 carbonic acid( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )를 형성하고 carbonic acid는 해리되어 이산화탄소와 물을 생성한다(Neil *et al.*, 1989). 이렇게 형성된  $\text{CO}_2$ 는 제빵 시 팽창효과를 주기도 하지만 살균작용의 측면에서 보면 세포막을 쉽게 투과한  $\text{CO}_2$ 는 세포 내에서 다시 bicarbonate와 수소이온으로 해리되고 세포내 pH를 저하시켜 세포의 항상성을 파괴하고 세포사멸을 유발한다. 또한 이러한 작용을 기초로 bicarbonate는 세포막의 투과성을 변형하거나 미토콘드리아의 ATPase를 자극하여 산화적 인산화를 해제하기도 한다(Corral *et al.*, 1988).

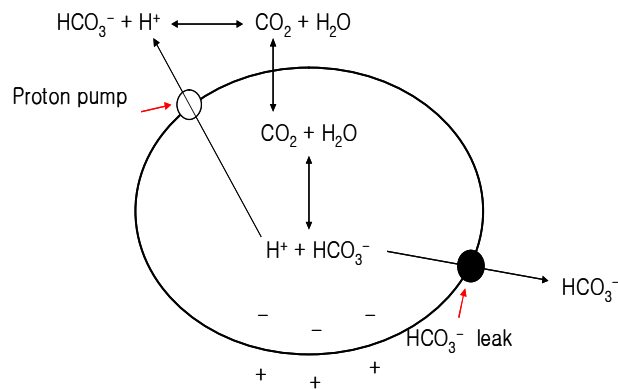


Fig. 1. Inhibition by  $\text{CO}_2$  of the growth and metabolism of microorganisms. (Dixon *et al.* 1989)

### 2.3. 살균소독제

제품으로부터 병원균들을 제거하는 가장 최선의 방법은 초기 장소에서 오염

되는 것을 방지하는 것이다. 그러나 이 방법이 항상 가능한 것이 아니기 때문에 질병 발생을 방지하기 위하여 매우 다양한 형태의 제품을 세척하고 살균소독해야 할 필요성이 있다. 세척과 살균소독 방법은 제품이 오염이 된 후에는 모든 병원균을 완전하게 제거하지는 못한다. 그러므로 효율적인 세척과 살균소독 방법을 사용하는 것이 중요하다(Parish *et al*, 2003). 미국의 경우 식품의약품안전청(Food Drug Administration, FDA)에서는 염소계(chlorine), 요오드계(iodophors), 4급 암모늄계(quaternary ammonium compounds), 산음이온계(acid anionic sanitizers), 카복실산계(carboxylic acid sanitizer) 및 과초산계(peroxyacetic acid sanitizer)의 6가지로 구분하여 살균소독제를 사용하고 있다(Grab LA *et al*. 2001). 국내 식품분야에서 식품에 직접 사용할 수 있는 살균제로는 차아염소산수, 오존수, 이산화염소수의 사용이 허가(식품의약품안전청 고시 제2007-74호, 2007. 11. 09)되어 있으며, 차아염소산나트륨(수)는 차아염소산나트륨에 추가개정(식품의약품안전청 고시 제2008-62호, 2008. 08. 27)되면서 식품 등의 살균을 목적으로 사용할 수 있다. 또한 교차오염을 방지하기 위해 식품접촉표면의 살균, 소독을 목적으로 과산화수소(CAS No. 7722-84-1) 등 총 114개의 성분이 positive list되어 있고, 이중에 탄올, 4급 암모늄(2종), 이염화이소시아눌산나트륨, 차아염소산나트륨, 차아염소산수, PHMB 등 7개의 식품산업현장에서 주로 사용되는 기구 등의 살균소독제의 유효성분에 대해서는 식품첨가물 공전 제3. 품목별 규격 및 기준을 별도로 사용용도별 기준이 설정되어 있다(KFDA, 2008)

### 2.3.1. 염소

염소수는 사용이 간편하고 가격이 저렴하여 식품업계에서도 가장 널리 사용되고 있는 살균소독 세척제이다(Kang *et al*. 2005). 염소계 화학제는 가공시설의 표면과 제품을 살균 소독하는데 주로 쓰였을 뿐 아니라 세척과 포장

작업 중에 쓰이는 수용액(물, 관개수)의 미생물 생균수를 감소시키는데 사용되어 왔다. 미국의 경우 과일과 채소의 수확 후 미생물 안전성을 유지하기 위하여 통상 50-200 ppm의 농도로 사용하고 있고, 대부분의 중온성 세균을 1-2 log cycles 이상 감균시키는 것으로 알려져 있다(Suslow, 2009; Kim *et al.* 2005). 현재 미국 환경청(EPA)에서는 최대 20,000 mg/L 농도의 염소를 새싹채소 재배용 종자 세척에 사용하도록 허용하고 있다(FDA, 2009.). 염소수 안에는 염소 가스( $\text{Cl}_2$ ), 차아염소산( $\text{HOCl}$ ), 차아염소산 이온( $\text{OCl}^-$ )이 수용액의 pH에 따라 다양한 농도로 존재한다. 이들 화합물 중 살균소독력을 발휘하는 가장 큰 역할을 수행하는 성분이 바로 차아염소산( $\text{HOCl}$ )이다. 차아염소산나트륨 용액의 살균효과는 비 이온화형태의  $\text{HOCl}$ 의 농도에 의존적이며  $\text{HOCl}$ 은  $\text{O}_2^-$ 과  $\cdot\text{OH}$ 와 같은 radical을 생성하여 미생물에 치명적인 손상을 준다(Suslow, 2009.).

제품에 병원균을 접종한 후 염소수 처리를 한 결과는 매우 다양하여 세절 양상추에 *E. coli* O157:H7을 접종한 후 20과 50°C의 200 ppm 염소수에 90초간 침지한 경우 염소처리를 하지 않은 경우와 유의적인 차이가 있지 않았다(Li *et al.* 2001). 200 ppm의 염소수를 양상추에 분무한 경우 증류수처리에 비해 *E. coli* O157:H7 제거에 효과적이지 않았다(Beuchat 1999). 또한 1분에서 5분까지 노출시간이 늘어나더라도 사멸효과가 높아지지 않았다. 그러나 adams (1989)등은 100 ppm의 염소수처리가 수돗물 단독처리보다는 살균효과가 다소 높아지는 양상추의 표준세척공정을 제시하였다. 염소수의 pH가 4.5~5.0으로 낮아지면 살균력이 4배 증가하지만 세척시간(5분에서 30분)이 증가하더라도 미생물 제거가 높아지는 않았다. Nguyen-the and Carlin(1994)은 채소류의 *L. monocytogenes*를 염소로 불활성화하는 데에는 한계가 있다고 보고하였나, Zang and Farber(1996)는 세절 양상추와 양배추를 200 ppm염소로 10분간 처리했을 때 *L. monocytogenes*를 각각 1.7과 1.2

log CFU/g 정도 감소시켰다고 보고하였다. 노출시간을 1분에서 10분으로 늘었을 때 눈에 띄는 감소효과가 나왔다.

염소 용액은 수용액의 pH에 따라 유효염소의 형태가 달라져 살균 소독력에 차이가 있는데, pH 8이상의 알칼리 영역에서는 대부분의 염소가 차아염소산 이온( $\text{ClO}^-$ )으로 존재하고, pH 2-3 이하의 산성 영역에서는 유리 염소( $\text{Cl}_2$ )의 함량이 가장 높으며, pH 4-7의 약산성 및 중성 영역에서 살균력이 가장 높은 차아염소산( $\text{HOCl}$ ) 형태로 존재한다. 따라서 비교적 저농도의 염소약제를 사용하더라도 pH를 조절하여 차아염소산 함량을 극대화하면 안전성뿐만 아니라 화학약제 사용 효과 측면에서도 매우 유리할 수 있다 (Suslow, 2009). 현재 보편적으로 사용되는 차아염소산나트륨(염소)은 유기물을 불안정하게 산화하여 클로로포름( $\text{CHCl}_3$ )이나 발암물질인 trihalomethanes을 생성하고 pH가 높은 경우 질소성분의 유기물과 반응하여 chloramines을 생성하는 등 안정성 측면에서 많은 문제점을 안고 있다. 그러나 살균소독제로써의 염소의 장점은 이러한 문제점보다 더 중요하게 여겨지고 있다.

### 2.3.2. 과산화수소와 과산화초산

과산화수소와 과산화초산은 식품의 표백제, 산화/환원제, 항균제로 주로 사용되며, 과일 채소류 표면에 오염된 미생물을 저감시키기 위한 목적으로도 사용되어 포도의 부패 방지제, 버섯 세척제, 샐러드용 채소 및 신선편이 식품의 보존제로 사용되고 있다. 과산화초산은 과산화수소와 초산을 반응시켜 제조한 과산화화합물로 살균 소독 유효 온도 및 pH 범위가 넓고, 유기물에 대한 내성이 강하며 산성 세척효과를 겸할 수 있는 장점이 있다. 이들 과산화수소와 과산화초산의 사용상 큰 장점은 분해산물이 물, 산소 또는 초산으로 환경 친화적인 물질이라는 것이다. 국내에서도 과산화수소와 과산화초산

은 식품첨가물로 등록되어 있으며, 기구, 용기, 포장재 등의 살균 소독용으로 사용을 허용한다. 또한 과일 채소류의 소독을 위해 사용되기도 하며 건포도의 미생물 오염을 방지하기 위해서도 사용된다(Parish *et al.*, 2003).

과산화수소는 hydroxyl radical과 같은 독성을 지닌 산소를 생성하는 능력 때문에 산화력을 가지게 되고 이러한 작용으로 미생물 살균작용과 증식 억제력을 가진다(Juven *et al.*, 1996). 특히 채소 오염 세균과 곰팡이의 DNA에 손상을 입히는 것으로 알려져 있다(Brul and Coote, 1999). 오이, 청피망, 호박 등을 5-10% 과산화수소수에 2분간 침지하면 연부현상을 방지할 수 있었고, 신선편이 멜론을 5% 과산화수소수로 처리했을 때 저장성이 향상되었다(Gerald *et al.*, 1998). 신선편이 호박의 경우 과산화수소수 처리가 염소수 세척보다 효과적이었고, 버섯, 호박, 멜론에 대해서 과산화수소수 처리로 *Pseudomonas* 균을 90%까지 감소시킬 수 있었으며 처리효과가 4℃에서 5일간 지속되었다. 또한 양상추를 22℃의 2% 과산화수소수에 5분간 침지하면 외관이나 색 변화없이 *E. coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, *L. monocytogenes*를 효과적으로 감소시켰다(Lin *et al.*, 2002). 반면에 통 cantaloupe, honeydew melons, asparagus spears에 1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 처리 후 접종 *Salmonella*와 *E. coli* O157:H7의 감소수준이 염소, acidified sodium chlorite, 또는 과산화초산 살균소독제처리에 비해 효과적이지 못한 결과도 있었다(Park *et al.* 1999). 미생물 살균을 위해 과도한 농도로 사용한 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 원재료의 품질이 손상되기도 하는데, *Pseudomonas tolaasii*를 제어하는데 필요한 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> vapor 농도에서는 버섯의 갈변이 유발되고 strawberries와 raspberries에서는 anthocyanin이 표백되는 현상이 일어났으며 세절 양상추의 경우에도 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 침지처리로 심한 갈변이 일어났다(Sapers *et al.* 1998). 한편 과산화초산을 40과 80 ppm으로 사용하였을 때, peracetic acid가 함유된 살균소독제처리로 cantaloupe와 honeydew melon의 표면에 존재하는

*Salmonellae*와 *E. coli* O157:H7의 균체량을 유의적으로 감소시켰으나(Park *et al.*, 1999) 아스파라거스 싹(spear)에는 덜 효과적이었다는 연구보고도 있다. 또한 90 ppm 과산화초산을 100 ppm chlorine과 개별적으로 또는 병용하여 세절 샐러드 혼합물에 처리를 하였을 때 총균수와 대장균군의 균체량이 거의 100배 정도 감소하였고 잔존하는 과산화초산으로 인해 저장 중에도 미생물 균체량이 지속적으로 감소하였다(Masson *et al.*, 1992). 오렌지를 물에서 brush-washing을 한 후 200 ppm 과산화초산에 15초간 침지하였을 때 표면 미생물 수가 85% 정도 감소한 반면 brush-washing 후 수돗물에 침지한 후에는 60% 정도 감소하였다(Winniczuk 1994). 균이 접종된 토마토를 계면활성제와 60 ppm 과산화초산이 혼합된 살균소독제로 2분간 지속적으로 처리하였을 때 일반 증류수 처리와 비교하여 *Salmonella* Javiana, *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7의 생균수를 각각 96%, 99.96%, 99.5% 정도 감소시켰다(Parish ME *et al.*, 2003). 즉석 샐러드 제품이 미생물 제거용으로 90 ppm의 과산화초산을 사용한 결과, 총균수와 대장균수가 거의 2 log cycle 정도 감소하여 100 ppm 염소수를 사용했을 때와 비슷한 효과를 나타내었다(Masson, 1990). 특히 저장기간 중 세균수가 감소하는 경향을 보였는데 이는 과산화초산이 분해되어 초산으로 잔류하기 때문에 가능한 것으로 이해된다. 그러나 실제 신선편이 식품의 생산 공정에서는 세정 소독처리 후 수세과정을 거치는 것이 일반적이므로 소독 세정제의 잔류 효과를 이용하여 미생물 증식을 조절하기란 거의 불가능할 것으로 판단되었다.

#### 2.4. 염소수 대체재

근래 미국 및 유럽에서 과채류에 기인한 병원성 미생물에 의한 식중독이 광범위하게 발생하였고, 이들 제품으로부터 미생물을 제거하기 위하여 가장 많이 사용되고 있는 염소계 살균소독제(Chlorine releasing agents)의 안전

성이 CAC(Codex Alimentari염소계Commission)에서 2002년부터 논의가 시작되면서 염소계 살균소독제를 대체할 수 있는 새로운 성분 혹은 제품에 대한 요구가 늘어나고 있다. 전해산화수 및 오존(Khadre *et al.*, 2001)은 염소계 살균소독제의 단점을 해결할 수 있는 대체 성분으로 살균소독력 이외에 다양한 장점들을 가지고 있다. 오존은 부산물이 없어 염소수의 대체물질로 여겨지고 있고 식품가공에 항균제로 안전하게 사용될 수 있다(USCFR. 2003). 이러한 이유로 국내에서도 2007년부터 제도적으로 이들 성분들을 과일과 야채 등의 살균을 목적으로 사용이 허가하고 있다(식품의약품안전청 고시 제2007-74호, 2007. 11. 09).

#### 2.4.1. 전해수

전해수란 음극과 양극으로 분리된 diaphragm이 장착된 전기분해 cell 장치 내에서 NaCl이나 KCl-MgCl<sub>2</sub> 희석액이 전기분해되어 생성된 생성물이다. 전기 분해되는 동안 물에 용해된 NaCl은 음전하를 띠는 Cl<sup>-</sup>과 양전하를 띠는 Na<sup>+</sup>이온으로 해리되고 이와 동시에 수산화이온(OH<sup>-</sup>)과 수소이온(H<sup>+</sup>)도 형성된다. 음전하를 띠는 Cl<sup>-</sup>과 OH<sup>-</sup>이온은 anode로 이동하여 전자를 주면서 산소가스(O<sub>2</sub>), 염소가스(Cl<sub>2</sub>), hypochlorite ion(OCl<sup>-</sup>), hypochlorous acid(HOCl), hydrochloric acid(HCl)를 생성한다. 반면에 Na<sup>+</sup>과 H<sup>+</sup>과 같은 양이온은 cathode로 이동하여 전자를 얻고 수소가스와 염화나트륨(NaOH)로 된다. 따라서 이 용액은 anode에서 pH 2-3, 1,100 mV이상의 ORP, 유효염소량 10-90 ppm의 산성 용액과 cathode에서 pH 10-13, -800~-900 mV의 ORP의 염기성 용액으로 해리된다. Anode에서 나온 용액을 전해산화수라고 하며, cathode에서 나온 용액을 전해알칼리수라고 말한다. pH 7-8, 750mV의 ORP농도를 가진 전해 중성수는 anode 용액과 OH<sup>-</sup> ion을 혼합하거나 single-cell chamber에서 만들어진다(Fig. 2).

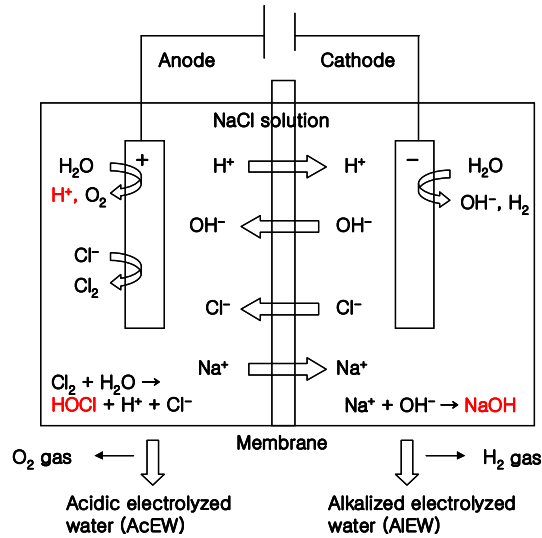


Fig. 2. Schematic of electrolyzed water generation  
(Hricova *et al.*, 2008)

전해 알칼리수는 free radicals을 환원시킬 수 있는 강한 환원력을 가지고 있다(Al-Haq *et al.*, 2005). 전해 알칼리수는 일반적으로 살균소독제 처리전 cleanser나 기름제거제로 사용된다(Ayebah *et al.*, 2005; Bosilevac *et al.*, 2005.; Fabrizio *et al.*, 2002. Koseki *et al.*, 2000. Koseki *et al.*, 2004). 중성 pH(~7)의 전해수 살균효과는 Izumi(1999)에 의해 알려졌다. 전해중성수는 전해산화수보다는 자주 사용되지는 않지만 부식을 덜 시키고 신선편이 채소류의 외관, pH, 표면색에 부정적인 영향을 주지 않아 유통기한이 더 늘어나는 효과를 가지고 있다(Deza *et al.*, 2005. Nagamatsu *et al.*, 2002). 전해산화수는 다양한 미생물에 대해 강한 항균력을 가지고 있기 때문에 상처의 치료나 수술기구의 살균과 같은 의학부분과 치과학부분, 농업, 축산업, 양식업, 식품 산업 등 다양한 분야에 사용되고 있다(Hricova *et al.*, 2008). 전해산화수의 살균작용은 낮은 pH, 고농도의 유효염소와 높은 ORP에 의한 것으로 보고 있다. 전해산화수의 낮은 pH는 미생물의 증식을 억제하고 HOCl 분자

가 침투될 수 있도록 미생물 세포외막을 자극하여 미생물 세포가 유효염소에 좀더 민감해지도록 만든다(Park *et al.*, 2004). 여러 연구를 통해 가장 활성이 높은 염소성분으로 알려져 있는 HOCl은 세포막을 침투하여 hydroxyl radical을 생성하고 이 radical은 주요 대사 system을 산화시켜 살균작용을 유발한다(Koseki *et al.*, 2001). 유효염소성분이 미생물 세포막을 직접 파괴할 수 있으나 염소성분의 다른 작용(즉, 아미노산의 decarboxylation, 핵산과의 반응, 주요 효소들이 파괴된 후 일어나는 불균형한 대사작용)들도 세포 사멸의 한 요인으로 제안되고 있다(Kiura *et al.*, 2002; Koseki *et al.*, 2000; Mahmoud. 2007; Mahmoud *et al.*, 2004). 전해산화수의 미생물 불활성화에 미치는 HOCl이 가장 많은 농도와 최대의 효율은 약 pH 4.0-5.0으로 알려져 있다. 또한 전해산화수의 높은 ORP가 살균작용의 한 요소가 될 수 있는데 Al-Haq (2005)등은 *E. coli*가 잔류 염소가 아닌 ORP 농도에 따라 완전히 사멸되었다고 발표하였다. 용액안의 ORP는 산화력과 환원력의 지표로 ORP 값이 높으면 산화력이 더 높다는 것을 의미한다. 전해수의 높은 ORP는 hydroxy와 chloric radicals 사이의 불안정하고 약한 결합이 깨져서 생성된 산소 때문이다. 높은 ORP는 세포내 전자의 흐름을 변형시키고 산화작용으로 세포막에 손상을 주고, 세포 표면의 sulfhydryl compounds의 산화를 일으키며, 세포대사과정을 파괴하여 결국에는 미생물 세포의 불활성화를 야기한다. 결과적으로 전해산화수의 높은 ORP와 낮은 pH는 HOCl과 시너지 작용을 하여 미생물을 불활성화시키는 것으로 여겨진다(Hricova *et al.*, 2008). 전해산화수는 전기분해에 의해 H<sup>+</sup>, HOCl, Cl<sub>2</sub>를 지속적으로 공급받지 못하면 항균활성이 빠르게 감소하는 단점을 지니고 있지만 강한 산성용액임에도 불구하고 염산이나 황산과는 다르게 피부, 점막, 또는 유기물질에 자극을 주지 않는다는 점에서 구별되고 있다(Kiura *et al.*, 2002). 반면에 차아염소산 나트륨은 피부자극, 점막자극, 급성 독성과 같은 강한 독성을 지니고 있는

것으로 밝혀졌다(Mori *et al.*, 1997; Sekiya *et al.*, 1997; Shigeto *et al.*, 2000). 또한 전해산화수는 물과 희석한 소금용액의 전기분해로 얻어지고 유기물질과 접촉하거나 수돗물에 희석이 되면 원래의 일반 물이 된다는 점에서 환경 친화적인 살균소독수로 알려져 있다(Hricova *et al.*, 2008). 게다가, 다른 전통적인 살균소독기술과 비교하여 전해산화수는 다루기 쉬우며 부작용이 거의 없고 상대적으로 가격이 저렴한 장점을 가지고 있다(Tanaka *et al.*, 1999). 전해산화수의 비 선택적인 항균특성으로 인해 전해산화수는 미생물의 내성을 발달시키지 않는다.

#### 2.4.2. 오존수

오존(O<sub>3</sub>)은 산소(O<sub>2</sub>)의 동소체로서 분자기호 O<sub>3</sub>, 분자량 48, 비중 1.7인 담청색 기체이며 불소(F) 다음가는 강한 산화력을 가지고 있어 유기물을 분해하고 살균, 탈색, 탈취 및 BOD, COD를 제거하는 능력을 가지고 있다(Khadre *et al.*, 2001). 따라서 가공수, 음료수, 수영장 물과 같은 각종 수처리의 살균소독에 이용되고 있다. 유기물이나 토사물이 없는 물에서는 0.5-2 ppm의 농도에서도 매우 높은 살균효과를 낼 수 있고 4 ppm 이상의 농도에서는 노출시간이 길어질수록 기계를 부식시키거나 인체에 치명적일 수 있다. 그러나 0.01-0.04 ppm에서도 독특한 자극취를 가지므로 후각에 의해 감지가 가능한 기체이다. 일본에서 오존은 1998년 식품제조용으로 식품첨가물에 기존 식품첨가물로 등재되어 있으며(Khadre *et al.*, 2001), 미국 FDA에서는 1982년 오존을 GRAS로 지정하여 음용수의 살균소독을 위해 사용을 승인하였고, 2001년 6월 26일 21CFR 173.368로 식품의 저장 및 제조, 가공육과 식육 등 식품에 대하여 가스 또는 액상의 오존을 미생물 살균 목적으로 사용할 것을 허용하고 있다(CFR. Part 184.1. 2007). 국내에서도 오존수를 오존발생기에서 생성된 오존기체를 용존시켜 얻어지는 것으로 오존을 주성

분으로 하는 수용액으로 규정하는 등 함량, 배오존 농도 등의 개별 기준을 정하고 있다(식품의약품안전청 고시 제2007-74호, 2007. 11. 09). 오존은 분해되면 산소(O<sub>2</sub>)와 발생기 산소를 생성하는데 이 발생기 산소가 세포벽과 세포막에 존재하는 지질의 이중결합과 반응함으로써 세포막을 파괴하고 sulfur hydroxyl group 효소를 파괴하고 세포내의 deoxyribonucleic acid(DNA)에 손상을 주어 세포를 사멸시킨다. 이러한 원리로 그람음성균이 대부분인 병원균이나 *E. coli*는 10 ppm의 저 농도 오존수에서 1분간의 접촉에 의해서도 급속히 사멸한다. 그러나 그람 양성세균, 특히 내열성 포자형성균은 오존에 대한 저항력이 높고, 효모의 경우 효모가 생산하는 주요 효소들이 불활성화된다. 또한 바이러스의 경우 외피 단백질을 손상시켜 바이러스가 세포에 흡착되는 것을 저해함으로써 불활성화시키는 작용을 하며 DNA 또는 RNA 손상의 경우는 바이러스의 증식기능을 상실하는 작용을 한다(Khadre *et al.*, 2001; Kim *et al.*,1999.). 오존수의 살균력은 차아염소산의 25배, hypochlorite(OCl)의 2,500배, 클로르아민(chloramine)의 5,000배 강하다. 오존의 살균효과에 영향을 주는 인자는 온도, 습도, pH로써 10℃ 이하, 고농도, 낮은 pH에서 높은 살균효과를 나타낸다. 오존수는 수중에 오존이 존재하기 때문에 반감기가 짧고 대기 개방상태에서는 10-20분 정도로 더 짧아진다. 밀폐된 상태에서는 반감 시간이 길어져 0.3 Mpa에서는 10시간 까지 늘어나지만, 수중에 유기물 등이 존재하면 반감시간은 더욱 짧아진다. 오존수는 반감기가 짧아 독성이 오래 잔류하지 않는다는 장점과 소독의 잔류효과가 지속되지 않는다는 단점도 아울러 지니게 된다. 오존은 산화력이 매우 강해 거의 모든 분야에 적용할 수 있으며, 산소로부터 생성, 분해되어 염소계 또는 다른 화학약품과 달리 유해한 반응 생성물을 잔류시키지 않는다. 또한 산소만을 원료로 하고 있어 전력만 충족되면 제조, 관리가 용이하다. 다른 요소들을 살펴볼 때 처리 후 맛을 유발시키지 않으며, 타 물질과의 반

응으로 인한 부영양화가 없다. 오존수 처리 후에 호기성 세균 및 물고기의 생존성이 우수하며 병원성미생물과 바이러스 및 결핵균 등에 살균효과가 우수하다는 연구결과가 있다. 오존은 반응성과 침투력이 높은 강한 살균제로 비독성물질로 자연스럽게 분해된다(Guzel-Seydim *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 1999). 오존처리가 신선한 채소류, 즉 브로컬리, 호박, 사과, 포도, 오렌지, 배, 딸기류의 미생물 수를 줄이고 에틸렌을 산화시켜 유통기한을 연장하는 것으로 알려져 있다(Beuchat *et al.*, 1998; Kim *et al.* 1999, Skog *et al.*, 2001). 또한 신선편이 제품의 미생물 수를 감소시키고 유통기한을 연장하는 살균목적으로 사용되어 왔다(Beltran *et al.*, 2005; Beltran *et al.*, 2005). 오존은 유기물과 접촉하면 aldehyde, ketones, carboxylic acids등을 생성하여 염소보다는 규제를 덜 받는다(Gruzel-Seydim *et al.*, 2004). 염소와 비교하였을 때 오존은 특정 미생물에 대해 더 효과적으로 작용하며 빠르게 산소로 분해되기 때문에 잔류되지 않는다. 그러나 염소수에 비해 부식성이 강하고 초기 기기장치 비용이 높다는 단점을 가지고 있다(Smilanick *et al.*, 1999).

### 3. 신선편이 제품의 미생물 제어를 위한 환경기제조절포장 방법

신선편이 제품의 미생물학적 안전성은 반드시 외관품질을 유지하면서 이루어져야 한다. 현재 적용되고 있는 미생물 제어 방법은 제조 단계에서 전처리수로 세척하는 방법과 환경기제조절포장방법이 일반적이고 유통 중에는 4℃이하로 보관되어지고 있다(Zagory. 1999). 살균소독제를 이용한 전처리 방법은 제품의 초기 미생물 균체량을 줄일 수는 있지만, 제품의 관능적 품질이 변질되거나 채소류의 표면이 매끄럽지 못해 약제의 효과가 없을 수도 있고 전처리 후 제품에 화학약제가 남아있을 수도 있다(Gómez-López *et al.*, 2008; Francis *et al.*,1999). 또한 살균소독제 처리 후 부패균의 감소로 위해균의 증식이 더 활발해 질 수 있다. Bennik (1996)등의 연구에서 10% 과산화수소로 2

분간 침지처리 후 부패균의 균체량은 단순 물처리에 비해 1-2 log 더 감소한 반면 *L. monocytogenes*의 균체량이 증가하는 것을 알 수 있었다. 이러한 살균소독제의 단점을 보완하기 위하여 환경기체조절포장방법이 식품보존의 새로운 방법으로 적용될 수 있다(Ahvenainen. 1996).

### 3.1. 환경기체조절포장

환경기체조절포장은 제품의 신선도를 잃게 만드는 가열처리나 잔존물질이 있는 화학 살균제 처리와는 다르게 제품포장내의 가스조성을 일반대기와 다르게 변형하여 품질을 유지하는 기술로 지난 20 여 년 동안 신선편이과채류의 품질을 유지하고 유통기한을 연장하는 환경친화적인 기술로 인정받아 왔다(Ahvenainen. 1996; Nguyen-the C *et al.*, 1994). 신선편이 식품에 적용되고 있는 포장기술로서는 선택적 기체투과성이 있는 플라스틱 필름을 이용하여 포장내부 이산화탄소 농도를 높이고 산소의 농도를 낮추어줌으로서 부패의 원인균인 호기성 미생물 증식과 호흡관련 생리대사 작용을 억제시키는 환경기체조절포장기법(Modified atmosphere packaging, MAP)이 주로 사용되고 있다. 특히 플라스틱 필름의 산소 및 이산화탄소 투과도는 필름의 종류와 재질, 밀도, 면적, 두께, 공기압, 온도 등에 의해 영향을 받는데 신선편이식품의 포장에는 산소에 대한 이산화탄소 투과 비율이 약 2-6배 정도 높은 재질을 사용하며, 이러한 필름으로는 LDPE, HDPE, PP, EVA 등이 있다(Parry RT. 1993). 일반적으로 많이 쓰이는 수동형 MAP는 적절한 투과성을 가진 필름을 선택하여 3-5% O<sub>2</sub>와 3-10% CO<sub>2</sub>를 형성하고 유지하도록 하는 것이 중요하나 시료의 호흡작용과 높은 온도에 노출될 경우 혐기적인 환경(2% O<sub>2</sub>이하, 20% CO<sub>2</sub>이상)이 조성되어 발효에 의한 이취나 변색이 일어나고 병원성 미생물이 쉽게 증식하게 된다. 특히 유통 중 온도유지가 되지 않는 기간이 있을 수 있기 때문에 수동형 MAP의 여러 가지 문제점들에

대한 새로운 방안이 필요하게 되었다(Church *et al.*, 1995; Jacxsens *et al.*, 1999; Farber JM *et al.*, 1998). 더군다나, 저온에서 유통하는 동안 *L. monocytogenes*와 같은 저온성 병원성균이 증식할 수 있는 가능성도 가지고 있다(Aytac *et al.*, 1994). 이렇듯이 저산소/고이산화탄소 조건의 MAP 포장의 문제점인 포장재내부의 산소가 고갈되는 것을 방지 위하여 일반대기압(21 kPa)이상의 산소를 단독 또는 고이산화탄소와 병합하여 MAP에 적용하려는 시도가 많이 이루어지고 있다(Kader *et al.*, 2000). 고산소 MAP는 효소 반응에 의한 변색을 방지하고, 혐기적 발효작용과 미생물의 증식이 억제되는 효과를 주는 것으로 밝혀졌다(Day B. 1996; Amantidou *et al.*, 1999). 그러나 고산소 처리의 미생물 증식억제효과는 배지상태에서의 실험과 원재료에서의 실험 결과가 매우 다양하고 고이산화탄소와 함께 처리했을 때 더 효과적이라는 연구결과가 나오고 있다(Geyssen *et al.*, 2005a; 2005b; 2006).

#### 4. 연구목적

본 실험은 fresh-cut 채소의 제조, 유통, 판매과정 중 미생물학적인 안전성을 획득하고자 2종의 부패균과 4종의 병원성균을 세절양배추에 접종한 다음 적절한 전처리 및 포장처리를 한 후 5℃에서 10일간 저장하면서 미생물 생균수를 확인하였다. 세절 양배추의 전처리 침지수로는 유기산, 식품보존제, 살균소독제를 희석한 용액과 전해수, 오존수 등을 사용하였고 포장방법으로는 필름종류를 달리하여 고산소, 고이산화탄소, 진공 조건을 적용하였다. 이 중 최종적으로 외관품질에 큰 영향을 주지 않으면서 미생물 저감효과가 있는 전처리 침지수와 포장방법을 선택한 후 이 두 가지 방법을 병행하여 세절 양배추의 미생물 저감을 확인하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 채소 시료 및 화학 약제

신선편이 채소제품의 원료로서 양배추(*Brassica oleracea* var. *capitata*)를 사용하였으며, 겨울철에는 제주도 북제주군, 여름철에는 강원도 평창군에서 주로 재배된 약 2 kg 중량의 사계왕 품종으로 서울시 가락동 농수산물 도매시장에서 구입하였다. 구입한 양배추는 망대포장을 제거하지 않은 채로  $5\pm 2^{\circ}\text{C}$  (85~90% RH)로 유지되는 저장고에 일시 보관하고 구입일로부터 1일 이내에 시료로 사용하였다. 전처리 및 분석 실험에 사용된 모든 화학약품은 Sigma Chem., Junsei 또는 Showa 사의 GR 등급 제품을 구입하여 사용하였다.

### 2. 미생물 균주 및 선택배지

시료에 집중할 표준 미생물 균주로서 부패균으로는 *Pseudomonas fluorescens* (ATCC-21541), *Escherichia coli* (ATCC-11775)를, 병원성균으로는 *E. coli* O157:H7 (ATCC-43895), *Salmonella* Typhimurium (ATCC-14028), *Staphylococcus aureus* (ATCC-14458), *Listeria monocytogenes* (ATCC-19111)를 한국식품연구원 미생물 균주은행에서 분양받아 실험에 사용하였으며 개별 균주의 분리 및 배양을 위해 공인 선택배지로서, *P.fluorescens*는 보조제가 첨가된 *Pseudomonas* selective agar (Oxoid), *E. coli*는 Chromocult agar (Merck), *E. coli* O157:H7은 sorbitol MacConkey agar (Difco Lab.), *S. Typhimurium*은 보조제가 0.46% 첨가된 XLT4 agar (Merck), *S. aureus*는 egg york tellulite emulsion이 0.05% 첨가된 Baird-Parker medium (Oxoid), *L. monocytogenes*는 보조제가 0.01%

첨가된 Oxford Listeria selective agar (Merck)를 사용하였다.

### 3. 미생물 배양 및 접종 혼합액

표준 미생물 균주 가운데 *P. fluorescens*는 nutrient broth (Difco Lab.), 그 밖의 다른 균주들은 tryptic soy broth (Difco Lab.) 배지 30 mL에 slant 상태의 보관 균주를 백금으로 1-2회 채취하여 접종하고, 24시간 간격으로 37°C에서 2회 연속 배양한 다음 이를 접종 모용액으로 사용하였다. 개별 균주의 모용액을 액상 영양배지에 일정량씩 접종한 후 *P. fluorescens*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*는 37°C, *E. coli*, *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*은 30°C에서 16시간씩 배양하여 대수증식 후반기에 도달하도록 조절하였다. 접종 미생물 혼합액은 Yang (2003)등의 방법에 따라 실시하였다. 즉, 위의 순수 배양시킨 표준 미생물 균주를 별도의 세척과정을 거치지 않고 각각  $10^8$ - $10^9$  또는  $10^5$ - $10^6$  CFU/mL 수준으로 부패균과 병원균으로 분리하여 서로 혼합한 후 세절 양배추 시료의 미생물 접종 용액으로 사용하였다.

### 4. 시료 준비 및 접종

양배추는 겉잎을 충분히 떼어내고 속심을 사전에 멸균시킨 예리한 식도로 제거한 다음, 약 5 mm 두께로 세절하여 고르게 혼합한 후 멸균 플라스틱 필름봉투(NASCO, B01195WA, sterile sampling bag)에 50 g씩 나누어 담아 미생물 접종 시료로 사용하였다. 시료 내 미생물 접종은 Koseki (2003)등의 방법에 따라 실시하였다. 미리 준비한 균주 혼합액 0.5 mL을 clean bench 안에서 세절 양배추에 흩뿌리기 접종(sprinkle inoculation)방법으로  $10^5$ - $10^6$  또는  $10^3$ - $10^4$  CFU/g 수준이 되도록 접종한 다음,  $5\pm 2^\circ\text{C}$  (85-90% RH)로 유지되는 냉장고에서 12-15시간 정도 보관하여 균체 액이 양배추 조직에 고르

게 스며들도록 준비하였다(Zhang *et al.* 1996).

## 5. 전처리 및 포장처리

혼합 균주가 접종된 양배추 시료를 플라스틱 그물망대에 50 g씩 담은 후 전처리 용액 500 mL에 1분간 침지하였다. 전처리를 마친 양배추 시료는 clean bench 안에서 물기가 제거되도록 약 5분 동안 건조한 다음, 다시 멸균 플라스틱 필름봉투에 담고 전처리 직후의 미생물 생균수와  $5\pm 2^{\circ}\text{C}$  (85-90% RH)로 유지되는 냉장고에서 10일간 저장한 후의 미생물 생균수를 측정하였다. 전처리 방법별로 1회 처리할 때 50 g들이 양배추 시료 2봉투씩을 사용하였으며 각 처리마다 최소 3회 반복 실험하였다. 모든 물리화학적 전처리의 대조구로는 수돗물( $10-15^{\circ}\text{C}$ )에 1분간 침지한 것을 기준으로 정하였으며, 포장처리의 대조구는 멸균 플라스틱 필름봉투에 상압 밀봉한 것을 기준으로 정하였다.

### 5.1. 전처리

신선편이 채소제품에 적용 가능한 화학적 전처리방법으로서, 적정 농도의 acetic acid (0.5, 1.0%), citric acid (0.5, 1.0%), acetic acid + citric acid (1.0%), sodium acetate (0.5, 1.0%), sodium citrate (0.5, 1.0%), sodium acetate + sodium citrate (1.0%), sodium carbonate (1.0, 2.0%), sodium bicarbonate (1.0, 2.0%) 용액에 양배추 시료를 1분간 침지하였다가 탈수 후 회수하는 유기산 처리, 또는 sodium hypochlorite (100, 200, 450 ppm), hydrogen peroxide (0.25, 0.5, 1, 2.0%), peroxyacetic acid (50, 100, 150 ppm), pH 5.0으로 조절된 산성화 hypochlorite [sodium hypochlorite 100 ppm 용액에 10% hydrochloric, acetic, citric acid 용액을 소량 첨가하여 pH 조절], 전해수 [NaCl 0.13% 농도의 염수를 전기분해수 생성기(Boin

International Co., Acera 2000)를 사용하여 산성(pH 2.5), 약알칼리(pH 8.5), 알칼리(pH 10.5)의 전해수 제조], 오존수[ozone generator (Ozone Tech., 1202RS)를 사용하여 1.5, 3.0, 5.0 ppm 농도의 오존수 제조] 용액에 양배추 시료를 1분간 침지하였다가 탈수 후 회수하는 소독제 처리 등을 사용하여 세절 양배추에 접종된 혼합 미생물 균주의 저감/억제효과를 측정 비교하였다.

## 5.2. 포장처리

신선편이 채소제품에 적용 가능한 포장방법으로서, 포장내부의 초기 기체 조성 조절측면에서 유해미생물 제어에 적용 가능한 혼합기체(MAP1: 70% O<sub>2</sub>/15%, CO<sub>2</sub>, MAP2: 5% O<sub>2</sub>/15% CO<sub>2</sub>)를 투과성(40 μm LDPE, O<sub>2</sub> TR: 1277±159 mL/m<sup>2</sup>·day·atm @10°C) 또는 차단성(65 μm Ny/PE, O<sub>2</sub> TR: 54.8±0.7 mL/m<sup>2</sup>·day·atm @22°C) 필름 포장재(20×27 cm)에 충전 밀봉하는 능동형 MAP 방법과 동일한 포장재에 저 분압 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>를 조성하고자 약 0.1 atm 수준의 진공/감압을 적용한 MVP 방법으로 포장내부 환경조건을 달리 하여 세절 양배추에 접종된 미생물 제어효과를 측정하였다. 시험 균주가 혼합 접종된 양배추 시료 일정량(50 g)을 포장재질과 방법을 달리하여 밀봉한 후 5°C에서 10일간 저장하면서 생균수를 측정하여 유해미생물의 생육지연 및 증식억제 효과를 확인하였다.

## 5.3. 전처리 및 포장 병용처리

신선편이 채소제품에 적용 가능한 전처리 및 포장 병용 처리방법으로서, 각각 적정 농도의 sodium hypochlorite (100 ppm), 약알칼리성 전해수(pH 8.5) 용액에 양배추 시료를 1분간 침지하였다가 탈수 후 회수하는 전처리를 실시한 다음, 위에서 언급한 투과성(40 μm LDPE) 또는 차단성(65 μm

Ny/PE) 필름 포장재(20×27 cm)에 양배추 시료를 충전하고 상압 밀봉 포장하는 PE와 Ny 처리구, 동일한 차단성 필름 포장재에 유해미생물 제어에 적용 가능한 혼합기체(MAP1: 70% O<sub>2</sub>/15% CO<sub>2</sub>, MAP2: 5% O<sub>2</sub>/15% CO<sub>2</sub>)를 충전하고 밀봉하는 능동형 MAP 처리구, 약 0.1 atm 수준의 진공/감압을 적용한 MVP 처리구로 구분하여 양배추 시료의 포장방법을 다르게 하였으며, 그에 따른 미생물 제어효과를 측정하였다. 시험 균주가 혼합 접종된 양배추 시료 일정량(50 g)을 전처리 및 포장방법을 달리하여 밀봉한 후 5℃에서 10일간 저장하면서 생균수를 측정하여 유해미생물의 생육지연 및 증식억제 효과를 확인하였다.

## 6. 미생물 생균수 및 특성 분석

### 6.1. 미생물 생균수

양배추 시료의 미생물 생균수를 측정하기 위하여 세절 양배추(50 g)가 들어 있는 멸균 플라스틱 필름봉투에 0.85% 멸균 식염수 100 mL을 넣고 stomacher (Bagmixer<sup>®</sup> 400, Interscience, Bretèche, France)를 사용하여 60초간 균질화한 후 0.1% 멸균 peptone 수에 단계적으로 희석하였다. 실험에 사용한 개별 미생물의 분리 배양에 적합한 공인 선택배지에 시료 희석액 0.1 mL씩을 분주하여 도달한 다음, 37℃에서 24시간 평판배양한 후 형성된 각 균주의 균집수를 계수하였다. 한편 원재료의 초기 생균수는 균주 혼합액을 접종하지 않은 양배추를 대상으로 측정하였고, 미생물 접종 후 아무런 전처리를 하지 않은 양배추 시료에 대해서도 생균수를 측정하여 대조구로 확인하였다.

### 6.2. 전처리 용액 특성

양배추 시료의 전처리 용액에 대한 특성을 파악하고자, 다양한 전처리 용

액의 pH를 pH meter (Fisher Scientific, UK)로 측정하였고, sodium hypochlorite 용액 및 전해수의 유리 염소 또는 차아염소산(HOCl) 함량을 요오드 환원 적정법에 의거하여 측정하였다(APHA, 1995). 즉, 전해수 50 mL에 요오드화칼륨 2 g, 초산 10 mL과 전분 지시약 0.5 mL을 첨가하여 흑갈색이 되도록 한 후 표준 티오황산나트륨 용액 10 mL로 흑갈색의 용액이 투명해질 때까지 적정하였다. 또한 전해수의 산화-환원 전위차는 ORP meter (TOA Electronics, RM-12P, Japan)를 사용하여 실온에서 측정하였다.

Table 2. Physicochemical properties of tested solutions<sup>a</sup>

Solution	pH
Acetic acid 0.5%	2.71
Acetic acid 1%	2.53
Citric acid 0.5%	2.15
Citric acid 1%	1.98
Sodium acetate 0.5%	7.68
Sodium acetate 1%	8.45
Sodium citrate 0.5%	7.89
Sodium citrate 1%	8.17
Sodium carbonate 1%	11.45
Sodium carbonate 2%	11.51
Sodium bicarbonate 1%	8.41
Sodium bicarbonate 2%	8.26

<sup>a</sup> Values are means  $\pm$  standard deviation; n = 6

Table 3. Physicochemical properties of tested solutions<sup>a</sup>

Solution	pH	ORP (mV) <sup>b</sup>	ACC (ppm) <sup>c</sup>
Tap water	7.2±0.1	291±25	0.25±0.1
NaOCl 90 ppm	9.73	479±18	104
NaOCl 180 ppm	10.25	459	149
NaOCl 450 ppm	10.83	423	174
Cl + HA	5.05	890	11.23
Cl + AA	5.04	883	11.26
Cl + CA	5.02	861	11.21
AcEW	2.71±0.19	1151.67±2.08	111.56±15.70
AIEW	10.43±0.42	211±13.42	52.9±13.82
weak-AIEW	8.43±0.02	669.75±22.51	99.63±7.36
Ozone 1.5 ppm	6.1±0.18	707.5±61.52	-
Ozone 3 ppm	6.4±0.06	553±67.88	-
Ozone 5 ppm	6.8±0.14	470.5±16.26	-

<sup>a</sup> Values are means ± standard deviation; n = 6

<sup>b</sup> Oxidation reduction potential

<sup>c</sup> ACC : available chlorine concentration

### 6.3. 포장내부 기체조성

밀봉포장 처리된 양배추 시료의 포장내부 기체조성은 gas-tight syringe (Hamilton, #1001, USA)를 사용하여 포장재 필름을 통해 내부기체를 천천히 200  $\mu$ l씩 채취한 후 GC에 주입하고, 이로부터 얻은 크로마토그램으로 기체 조성을 분석하였다. 이때 사용된 GC 분석조건은 detector: TCD, column: Alltech CTR I, column temp.: 35°C, injection temp.: 60°C, detector temp.: 60°C, carrier gas: 50 mL He/min이었다.

### 6.4. 관능검사

채소류의 외관품질 평가에 경험이 많고 잘 훈련된 관능검사 요원 10명을 대상으로 저장 중 세절 양배추의 변색, 시듦, 부패, 외관품질 등의 평가항목에 대해 9점 척도의 차이식별 검사를 실시하였다(Kader *et al.*, 1973). 이때 변색, 시듦, 부패 항목은 평가점수가 높을수록 변화 정도가 심한 것을 의미하며, 외관품질 항목은 점수가 낮을수록 종합적 품질이 저하된 것을 의미한다. 이러한 관능검사 결과는 ANOVA (Duncan's multiple range test) 분석으로 통계 처리하여 유의차( $p < 0.05$ )를 검증하였다.

### Ⅲ. 연구결과 및 고찰

#### 1. 전처리방법에 의한 표준 유해미생물의 제어효과

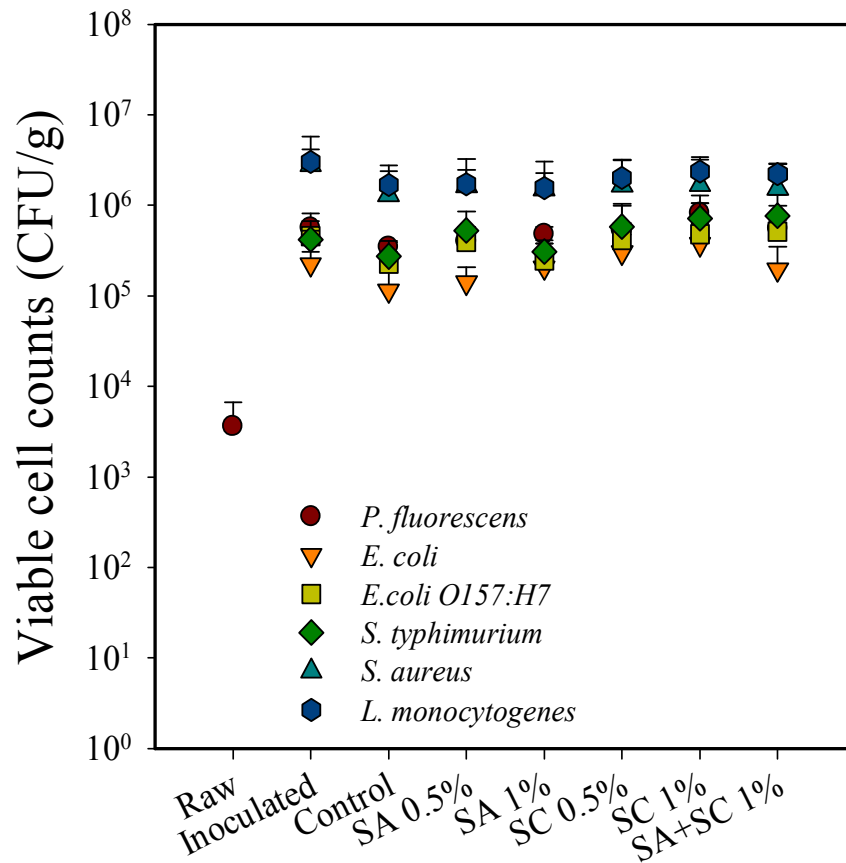
냉장유통 fresh-cut 채소제품의 미생물 제어에 이용할 수 있는 화학적 전처리방법으로서 여러 연구자들에 의해 빈도 높게 검토된 바 있는 유기산과 소독제 처리효과를 비교 평가하였다. 양배추 원료자체의 미생물 오염정도는 호기성 총균수 기준으로 약  $5 \times 10^3$  CFU/g 수준이었으며, 계절(12월 중순-2월말) 요인으로 인해 병원성 균주는 전혀 발견되지 않았다. 미생물 균종별로는 초기 접종량은  $2.0 \times 10^5$ - $3.0 \times 10^6$  CFU/g로 다소 차이가 있었으나 원료 양배추 자체의 총균수보다 50배 이상 높은 수준이었으므로 처리효과를 확인하는데 있어 원료의 오염문제를 배제할 수 있었다.

##### 1.1. 유기산의 영향

초산과 구연산을 산의 형태와 나트륨 염의 형태로 구분하여 각 농도별 침지수에 시험 미생물이 접종된 세절 양배추를 침지처리한 후 생균수를 측정하였다(Fig. 3-6, Table 4 & 5). 초산과 구연산의 나트륨 염을 사용한 경우 시험균주의 균종 및 접종량에 관계없이 감균효과가 거의 없었으나, 산 용액을 사용하였을 때는 모든 균종에서 1-2 log cycle 정도 생균수가 감소되었으며 구연산에 비해 초산의 미생물 제어효과가 약 0.5 log cycle 정도 크게 나타났다. 미생물 균종별로는 초기 접종량의 차이에도 불구하고 병원성 균종인 *L. monocytogenes*가 유기산 처리에 의해 다소 더 민감하게 억제되었으나, 다른 균주에서는 유의적인 감수성 차이를 확인할 수 없었다. 더욱이 이러한 유기산처리에 따른 양배추 시료의 미생물 억제효과는 5℃ 저온에서

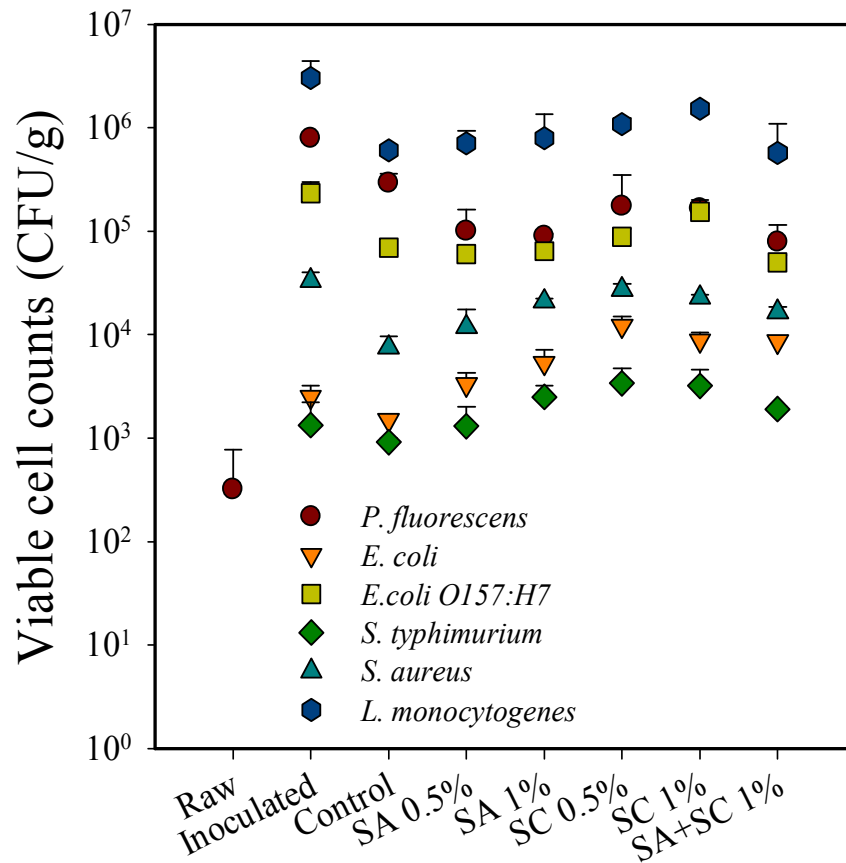
10일간 저장한 후에도 그대로 유지되어 1% 초산용액으로 침지처리한 경우 모든 균주에 있어 약  $2 \times 10^4$  CFU/g이하로 생균수가 저하되었다. 초산과 구연산의 혼합용액에 침지처리한 경우 1% 초산용액 처리조건보다 더 낮은 생균수를 보여주지 않았다. 특히 유기산의 나트륨 염처리에서 저장 10일 후 세절 양배추에 접종한 접종균의 생균수가 균종별로  $10^3$ - $10^6$  CFU/g범위까지 다양하게 분포되어 있는 것을 확인할 수 있었는데 이는 저온에서 10일 동안 저장하는 중 접종균의 생리적 상태에 따라 균체량의 감소가 일어나는 것으로 여겨지며 저장 10일 후에도 나트륨 염 형태의 유기산은 접종 미생물의 생균수에 유의적인 영향을 주지 않았다.

Akbas(2007)등은 신선편이 양상추를 여러 가지 유기산과 염소수 용액에 2분 또는 5분 동안 침지하여 접종 *E. coli*와 *L. monocytogenes*의 생균수를 비교한 결과 침지시간에 상관없이 0.5, 1% citric acid처리는 *E. coli*를 2.0-2.1 log, *L. monocytogenes*를 0.9-1.0 log 감소시켰고 동일한 농도의 acetic acid처리는 *E. coli*를 1.3-1.5 log, *L. monocytogenes*를 0.8-0.9 log 감소시켰다. 또한 그람음성균이 그람양성균에 비해 낮은 pH에 좀 더 민감하게 반응하는 것을 보고하였다. 그러나 사용농도에 따라 다양한 결과가 나타나는 유기산 처리로는 신선편이 채소의 미생물 오염방지 효과를 크게 기대하기 어려우며, 고농도 처리시 감균효과는 향상되더라도 제품의 외관품질이 현저하게 저하되는 문제가 있어 사용상 많은 제약이 따른다.



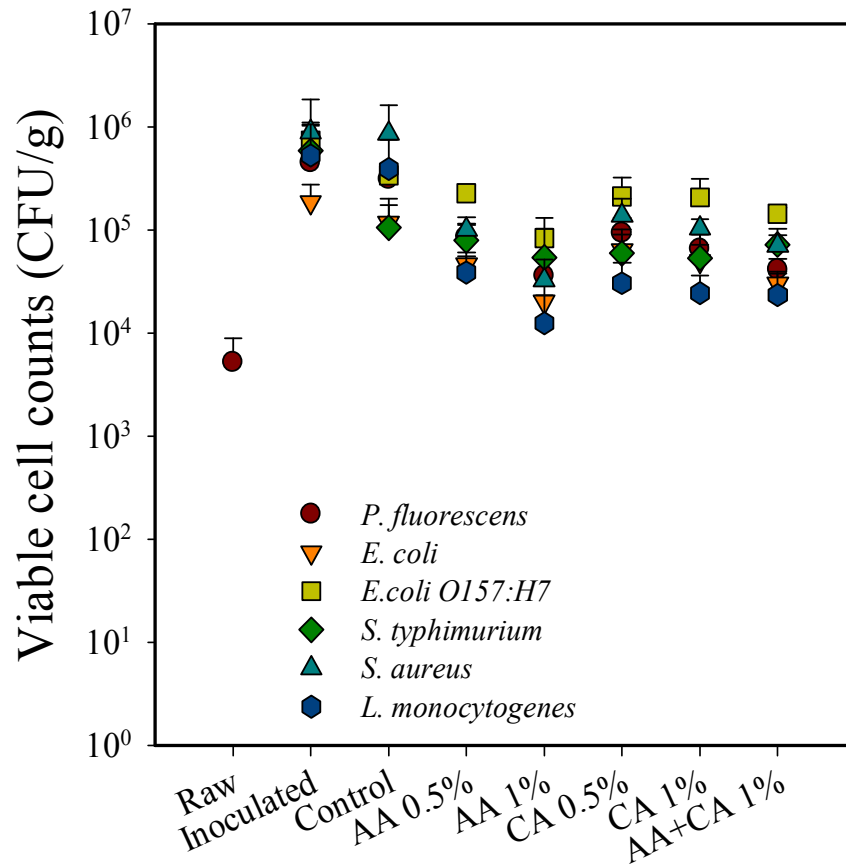
### Organic acid treatment

Fig. 3. Effects of organic salt treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment. SA: sodium acetate, SC: sodium citrate.



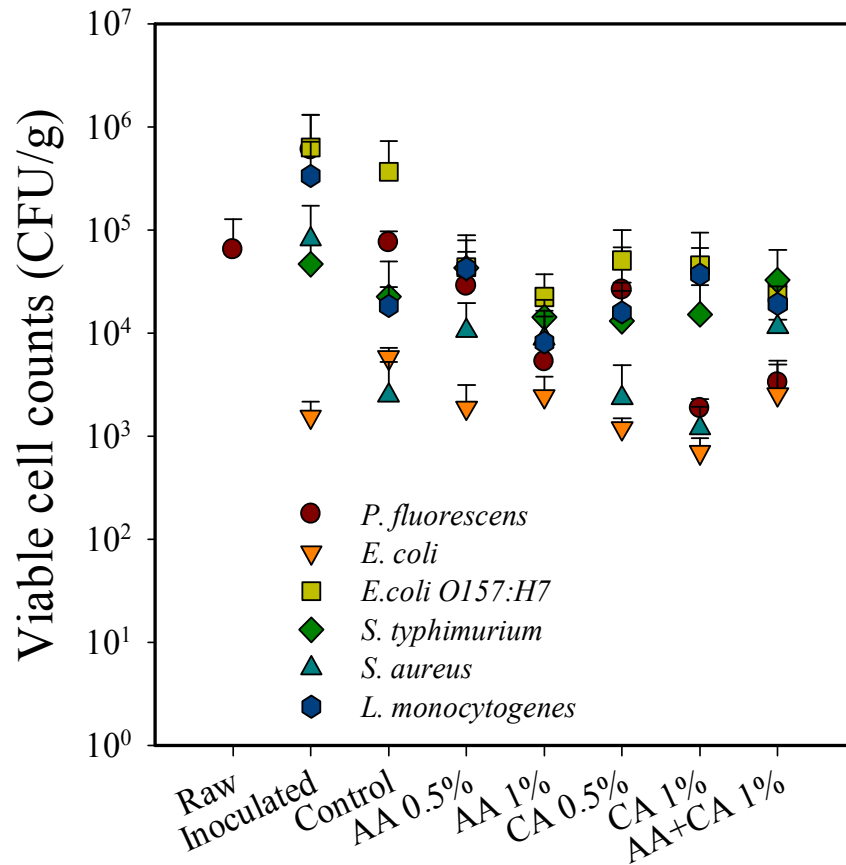
### Organic acid treatment

Fig. 4. Effects of organic salt treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C. SA: sodium acetate, SC: sodium citrate.



### Organic acid treatment

Fig. 5. Effects of organic acid treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment. AA: acetic acid, CA: citric acid.



### Organic acid treatment

Fig. 6. Effects of organic acid treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C.. AA: acetic acid, CA: citric acid.

Table 4. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following Sodium acetate and Sodium citrate treatments on shredded cabbage stored at 5°C

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
0	Inoculated	5.7±0.3b	5.3±0.4b	5.7±0.4a	5.6±0.6ab	6.4±0.1a	6.5±0.5a
	Control	5.5±0.8c	5.1±0.1c	5.4±0.5b	5.4±0.3b	6.1±0.1a	6.2±0.2b
	SA 0.5%	5.6±0.5bc	5.1±0.3c	5.6±0.3ab	5.7±0.2ab	6.2±0a	6.2±0.3b
	SA 1%	5.7±0.7b	5.3±0.1b	5.4±0.2b	5.5±0.7b	6.2±0a	6.2±0.3b
	SC 0.5%	5.7±0.7b	5.5±0.3a	5.6±0.2ab	5.8±0.2a	6.2±0a	6.3±0.3ab
	SC 1%	5.9±0.5a	5.6±0.2a	5.7±0.1a	5.9±0.1a	6.2±0a	6.4±0.4ab
	SA+SC 1%	5.7±0.6b	5.3±0.1b	5.7±0a	5.9±0.2a	6.2±0.1a	6.3±0.5ab
	F value	5.29***	3.95**	1.49**	2.11***	0.52**	2.35***
10	Inoculated	5.9±1.9a	3.4±0.6e	5.4±0.6a	3.1±0.1b	4.5±0.7a	6.5±0.3a
	Control	5.5±0.7b	3.2±1.0f	4.8±0.9bc	3.0±1.1b	3.9±0.6f	5.8±1.4cd
	SA 0.5%	5.0±0.2cd	3.5±0.5d	4.8±1.1bc	3.1±0.3b	4.1±0.4e	5.8±0.4c
	SA 1%	5.0±1.3cd	3.7±0.4c	4.8±0.7bc	3.4±0.6ab	4.3±1.2c	5.9±0.2c
	SC 0.5%	5.2±0c	4.1±0.6a	4.9±0.7b	3.5±0.4a	4.4±0.8a	6.0±0.8b
	SC 1%	5.2±1.6c	3.9±0.7b	5.2±0.5a	3.5±0.4a	4.4±1.3a	6.2±1.2b
	SA+SC 1%	4.9±0.3d	3.9±1.0b	4.7±0.8c	3.3±1.1ab	4.2±0.9d	5.8±0.1d
	F value	32.24***	134.14***	297.76***	36.48***	67.75***	18.59***

Means with different superscripts are significantly different ( $p \leq 0.05$ ).

Table 5. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following acetic acid and citric acid treatments of

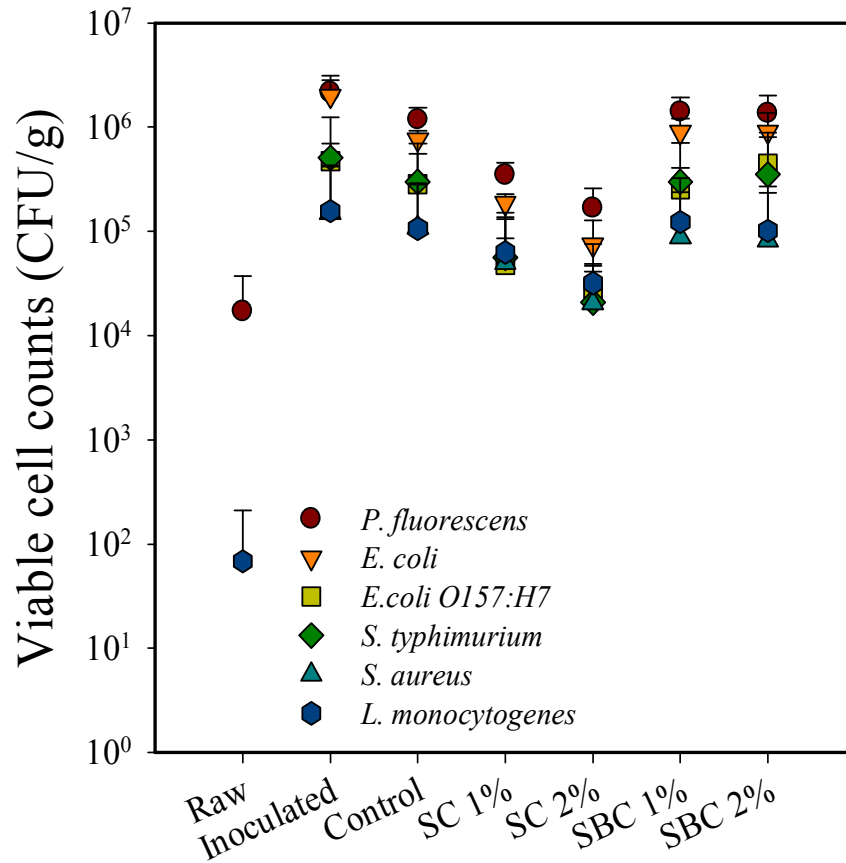
Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>
0	Inoculated	5.7±0.5a	5.3±0.3a	5.9±0.3a	5.8±0.2a	6.1±0.2a
	Control	5.5±0.7a	5.1±0.3a	5.5±0.7b	5.0±0b	5.0±0.3b
	AA 0.5%	4.9±0.5b	4.7±0.7bc	5.4±0.8bc	4.9±0.3b	5.0±0.3b
	AA 1%	4.6±0.4c	4.3±0.3d	4.9±0.2c	4.7±0b	4.5±0.1b
	CA 0.5%	5.0±0.4b	4.8±0.4b	5.3±0.2bc	4.8±0.2b	5.1±0.2b
	CA 1%	4.8±0.4bc	4.7±0.4bc	5.3±0.3bc	4.7±0.1b	5.0±0.3b
	AA+CA 1%	4.6±0.6c	4.5±0.6c	5.2±0.9bc	4.9±0.4b	4.8±0.2b
	F value	15.75**	18.55***	10.19***	3.50**	2.17*
10	Inoculated	5.8±0a	3.2±0.4ab	5.8±0a	5.6±0a	4.9±0.3a
	Control	4.9±0.6b	3.8±0.7a	5.6±0a	4.6±0.3b	4.4±0ab
	AA 0.5%	4.5±0.4b	3.3±0.2ab	4.6±0b	4.6±0.1a	4.0±0.1a
	AA 1%	4.4±0.3b	3.4±0.3ab	4.3±0.1c	4.1±0.1c	4.2±0.4b
	CA 0.5%	4.4±0.2b	3.1±0.6ab	4.7±0b	4.5±0.3b	4.1±0b
	CA 1%	3.3±0.7c	2.8±0.4b	4.7±0b	4.2±0.1b	3.1±0.1b
	AA+CA 1%	3.5±0.2c	3.4±0ab	4.4±0.9c	4.4±0.3b	4.5±0ab
		F value	100.71***	11.17***	6.15***	4.4±0.2b
Means with different superscripts are significantly different ( $p \leq 0.05$ ).					1.67**	
					5.5±0.1a	
					4.3±0.3bc	
					4.6±0.3b	
					3.9±0.1c	
					4.2±0bc	
					4.6±0.1b	
					4.3±0.3bc	
					3.22**	

## 1.2. 탄산 염류의 영향

식품의 미생물 억제용도로 사용되는 유기산 가운데 초산이나 구연산만큼 그 처리효과가 잘 알려져 있지는 않으나, 세척보조제로서 실질적인 활용도가 높으며 향후 신선편이 식품에도 적용가능성이 높은 탄산염류를 사용하여 세절 양배추의 미생물 제어효과를 측정하였다(Fig. 7 & 8, Table 6). 탄산나트륨과 중탄산나트륨을 각기 1%, 2%로 한 수용액으로 처리했을 때 중탄산염 처리구는 양배추 시료를 단순히 수돗물로 세척한 대조구와 비교하여 거의 동일한 수준의 생균수를 나타내므로 전혀 감균효과를 볼 수 없었으나, 탄산염 처리구는 농도가 높을수록 1 log cycle 이상의 분명한 생균수 감소를 나타내었다. 균종별로는 균체량이 더 많았던 *P. fluorescens*, *E. coli* 나 균체량이 더 적은 *S. aureus*, *L. monocytogenes* 간에 탄산염처리에 의한 유의적인 감균효과 차이는 없었다.

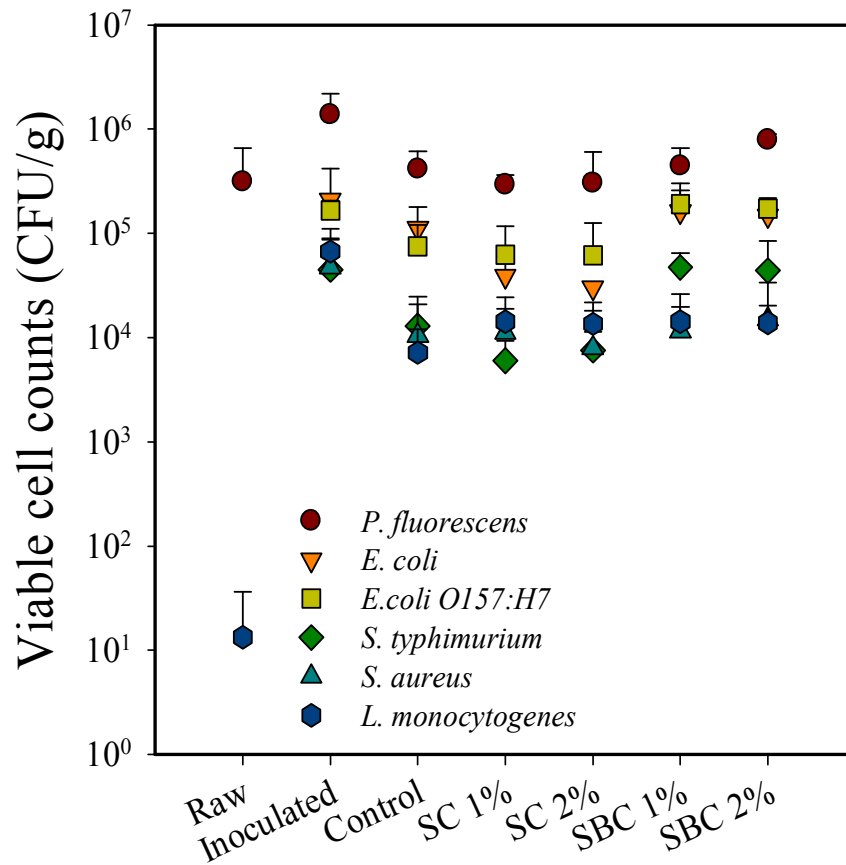
## 1.3. 살균소독제의 영향

신선편이 식품에 가장 경제적으로 사용할 수 있는 대표적인 소독제로서 차아염소산나트륨( $\text{NaOCl}$ )과 과산화수소( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), 과산화초산( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$ ) 등의 미생물 제어효과를 비교 평가하고자 각각의 수용액 농도를 달리하여 양배추 시료에 처리하였다. 이들 소독제 처리에 사용된 양배추 시료의 미생물 초기 접종량은  $10^5$ - $10^6$  CFU/g 수준으로 일부는 균종별로 차이가 있었으나 비교적 균일하였다. 양배추 원료자체의 미생물 오염 정도는 호기성 총균수 기준으로 약  $10^2$ - $10^4$  CFU/g 이었고 계절(1월-3월, 9월-10월) 요인으로 인해 병원성 균주는 거의 발견되지 않았으나 *E. coli*와 *L. monocytogenes*가 발견되더라도  $5 \times 10^1$  CFU/g 수준(9월-10월)으로 매우 미미하였다. 미생물 초기 접종량이 원료 양배추 자체의 총균수보다 50-100배 이상 높은 수준이었으므로 처리효과를 확인하는데 있어 원료의 오염문제를 배제할 수 있었다.



### Organic acid treatment

Fig. 7. Effects of carbonate treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment. SC: sodium carbonate, SBC: sodium bicarbonate.



### Organic acid treatment

Fig. 8. Effects of carbonate treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C. SC: sodium carbonate, SBC: sodium bicarbonate.

Table 6. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following Sodium carbonate and Sodium bicarbonate treatments on shredded cabbage stored at 5°C

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
0	Inoculated	6.3±0.3a	6.3±0.4a	5.7±0.3a	5.7±0.2a	5.2±0.2a	5.2±0.2a
	Control	6.1±0.6a	5.9±0.7ab	5.4±0ab	5.5±0.1a	5.0±0.3a	5.0±0.2a
	SC 1%	5.5±0.5b	5.3±0.7b	4.7±0.1b	4.8±0.1b	4.7±0.2b	4.8±0.1ab
	SC 2%	5.2±0.2b	4.9±0.2c	4.5±0.4b	4.3±0.1b	4.3±0.2c	4.5±0.1b
	SBC 1%	6.1±0.4a	6.0±0.5a	5.4±0.2ab	5.5±0.1a	4.9±0.3ab	5.1±0.2a
	SBC 2%	6.1±0.3a	6.0±0.3a	5.6±0.1a	5.5±0.2a	4.9±0.3ab	5.0±0.2a
	F value	32.16***	53.77**	13.13**	10.01***	22.23**	13.33***
10	Inoculated	6.1±0.2a	5.3±0a	5.2±0.6a	4.7±0.1a	4.7±0.1a	4.8±0.4a
	Control	5.6±0.3b	5.0±0.2ab	4.9±0.2b	4.1±0.2b	4.0±0.2ab	3.9±0.2b
	SC 1%	5.5±0.6b	4.6±0.5b	4.8±0.1b	3.8±0.3b	4.0±0.1ab	4.2±0.5ab
	SC 2%	5.5±0b	4.5±0.9b	4.8±0b	3.9±0.3b	3.9±0.1b	4.1±0.2ab
	SBC 1%	5.6±0.3b	5.2±0.2a	5.3±0.3a	4.7±0.5a	4.1±0.1ab	4.2±0.5ab
	SBC 2%	5.9±0.8a	5.2±0.4a	5.2±0.5a	4.6±0a	4.2±0.1ab	4.1±0.3ab
	F value	6.32**	14.02**	10.73**	8.12**	14.91**	13.57***

Means with different superscripts are significantly different ( $p \leq 0.05$ )

### 1.3.1. 염소 처리

우선 차아염소산 나트륨 용액의 경우, 유효 염소농도를 100, 200, 450 ppm으로 달리했을 때 100 ppm 농도에서도 미생물 군중에 관계없이 약 1 log cycle 생균수가 감소되었고 처리농도가 높을수록 더 낮은 수준의 생균수를 나타내었다(Fig. 9 & 10, Table 7). 또한 처리직후보다도 5°C에서 10일간 저장한 후에 더 현저하게 생균수가 감소되어 염소약제가 잔류되었을 것으로 판단되었다. 이러한 약제잔류의 영향은 *S. aureus*와 *E. coli*에서 민감하게 *P. fluorescens*에서 가장 둔감하게 영향을 받아 5°C에서 저장 10일 후 전자의 균주들이  $10^1$ - $10^3$  CFU/g 미만의 매우 낮은 생균수를 나타낸 반면, 후자는  $10^4$  CFU/g 이상으로 비교 대상 시험 균주가운데 가장 높은 생균수 수준을 유지하였다. 물론 단순히 약제 잔류효과 이외에도 미생물 균주간의 생육 경쟁력 차이도 저장 10일 후 생균수 결과에 상당한 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

Baur (2004)등은 양상추를 세절하여 100 ppm 염소수에 90초간 침지하였을 때 중온성 호기균, *Pseudomonas*des, *Enterobacter*cea등이 모두 0.7-1.5 log cycle 정도 감소하였고 Behrsing (2000)등도 양상추 잎과 브로콜리 잎에 *E. coli*를 접종한 후 100 ppm 염소수에 5분간 침지하였을 때 물처리 대조구에 비해 1 log CFU/g이하로 감소하는 것을 확인하였다. Mazollier (1988)에 따르면, 무처리 시료에서 생균수가 가장 높게 나타났으며 유리 염소농도 50 ppm이나 200 ppm 처리에서 감균 효과가 거의 비슷하게 나타났다고 하였다.

### 1.3.2. 산성화 차아염소산나트륨 용액처리

pH를 조절하여 차아염소산 함량을 극대화하기 위하여 차아염소산나트륨 100 ppm 용액에 10% 염산, 초산, 구연산 용액을 소량씩 첨가하여 pH 5.0으

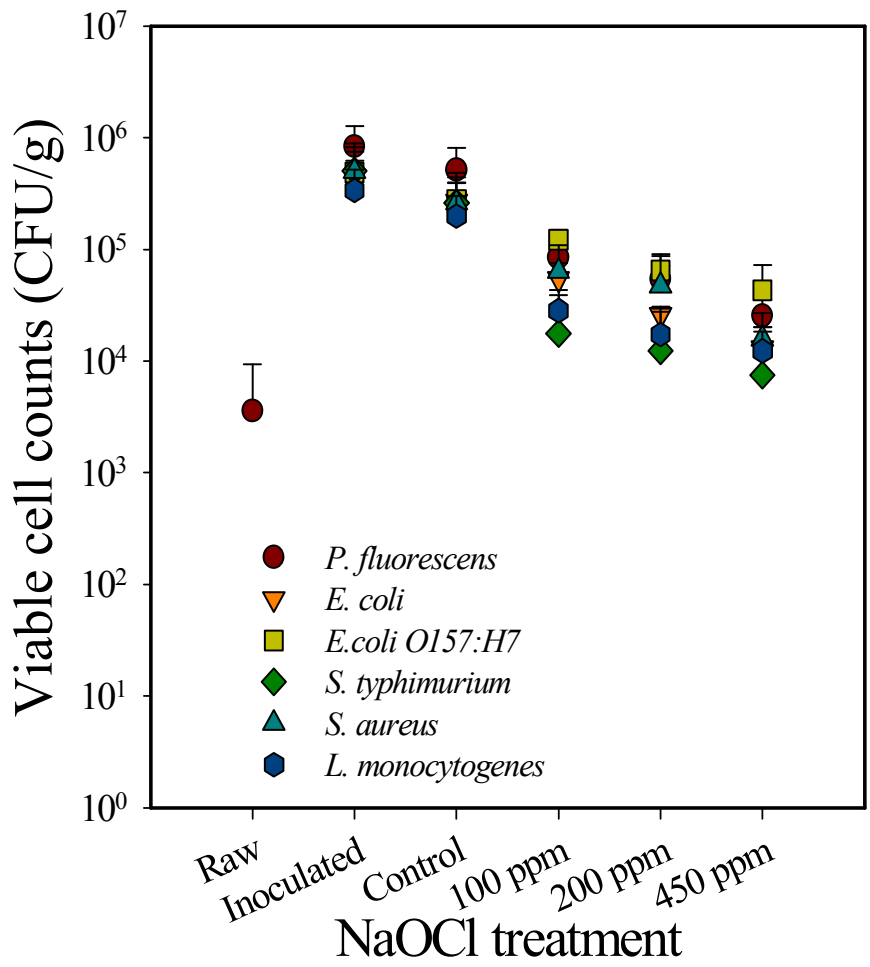


Fig. 9. Effects of hypochlorite treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment.

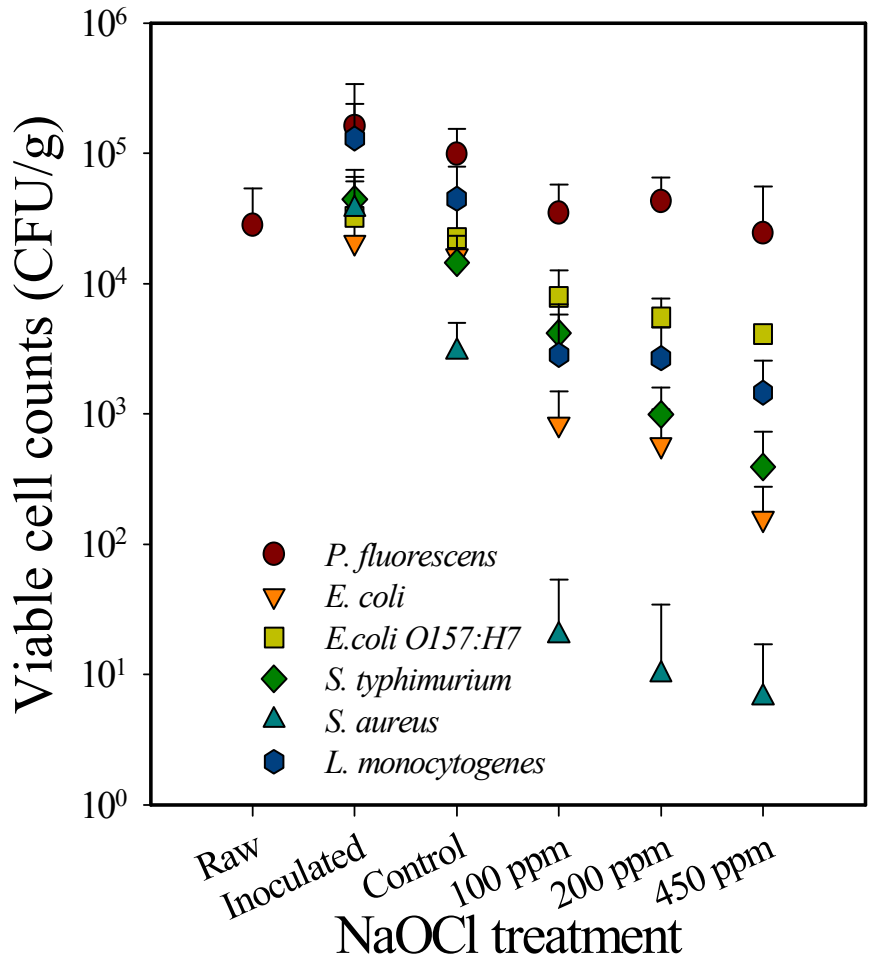


Fig. 10. Effects of hypochlorite treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C.

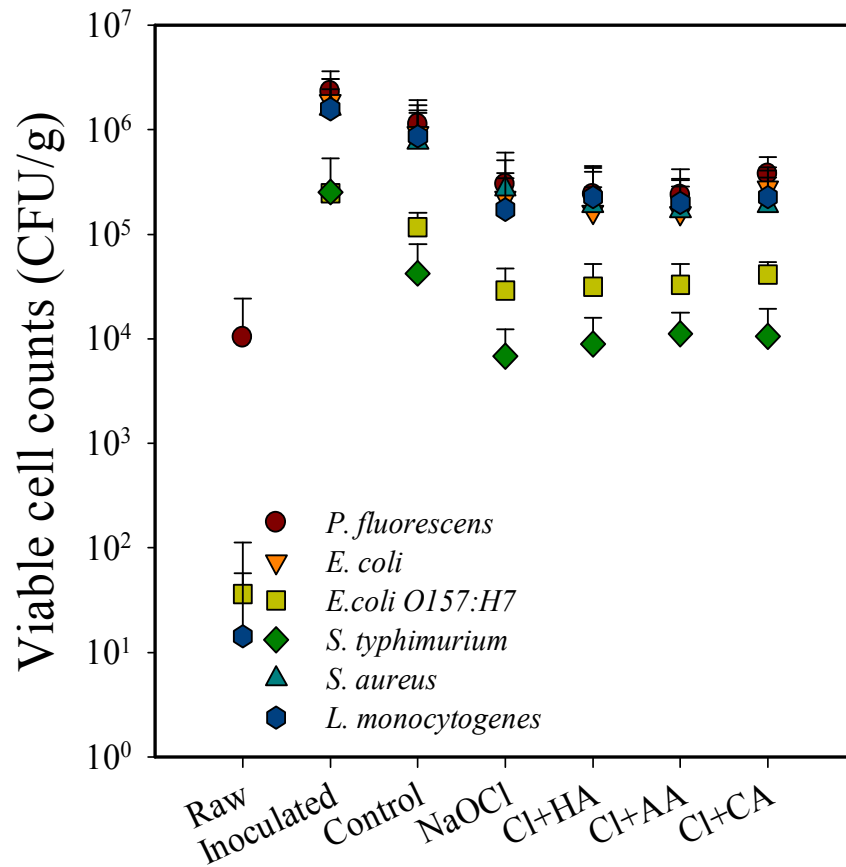
Table 7. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following Sodium hypochlorite treatments on shredded cabbage stored at 5°C.

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
0	Inoculated	5.9±0.3a	5.7±0.5a	5.7±0.3a	5.7±0.2a	5.7±0.1a	5.5±0.2a
	Control	5.7±0.2a	5.4±0.3a	5.4±0.3a	5.4±0.1a	5.4±0.1a	5.3±0.3a
	100 ppm	4.9±0.4b	4.7±0.4b	5.1±0.7ab	4.2±0.1b	4.8±0.1b	4.5±0.3b
	180 ppm	4.7±0.5b	4.4±0.7b	4.8±0.4b	4.1±0.1b	4.7±0.1b	4.2±0.2bc
	450 ppm	4.4±0.4b	4.1±0.3c	4.6±0.1b	3.9±0.2c	4.2±0.2c	4.1±0.3c
	F value	78.18***	42.59**	44.48**	124.51***	26.48**	26.55***
10	Inoculated	5.2±0a	4.3±0.1a	4.5±0a	4.6±0.1a	4.6±0.1a	5.1±0.1a
	Control	5.0±0.3a	4.2±0.3a	4.3±0.1a	4.2±0.3a	3.5±0.2b	4.7±0.2b
	100 ppm	4.5±0.1b	2.9±0.1b	3.9±0.2b	3.6±0.2b	1.3±0.2c	3.5±0.2c
	180 ppm	4.6±0.3b	2.8±0.1b	3.7±0.4b	3.0±0.2bc	1.0±0.4c	3.4±0.1c
	450 ppm	4.4±0.1c	2.2±0.1c	3.6±0.9b	2.6±0.1c	0.82±0.2c	3.2±0.2c
	F value	0.79*	26.59**	137.75***	62.00**	125.21***	23.25**

Means with different superscripts are significantly different ( $p \leq 0.05$ ).

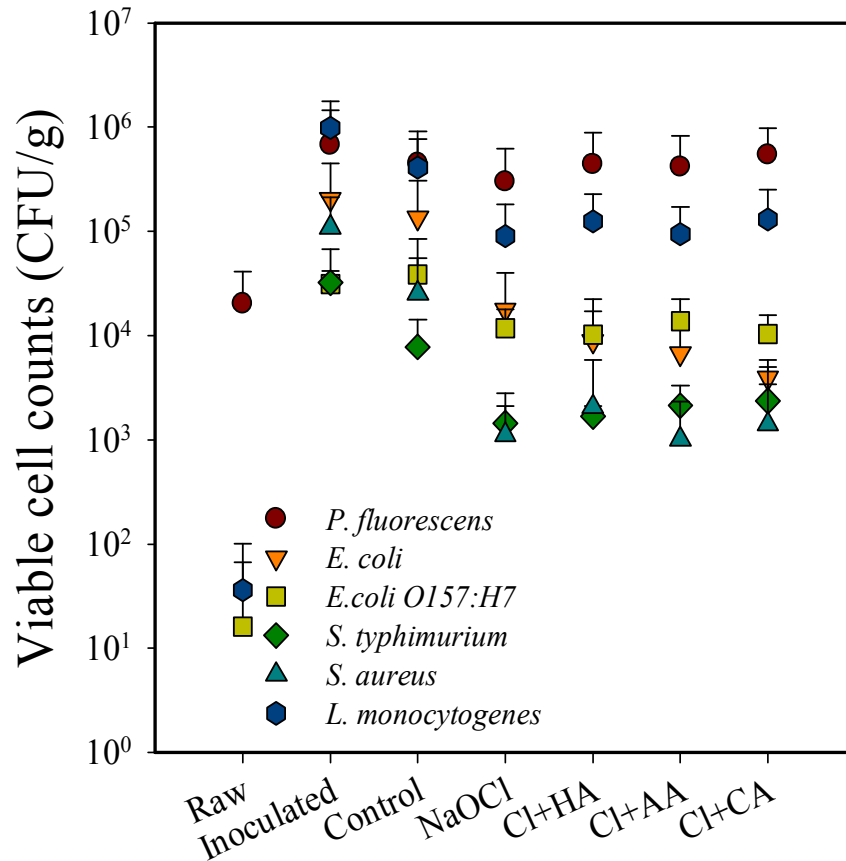
로 조절한 산성화 차아염소산나트륨 용액의 미생물 제어효과를 양배추 시료에서 비교 평가하였다. 그 결과 예상과 달리 차아염소산나트륨 용액으로 처리한 것과 산성화 차아염소산나트륨 처리구들 사이에 유의적인 생균수 차이는 발견되지 않았으며 균종 특성별로 생균수 수준에 다소 차이가 있었을 뿐 동일한 수준의 감균효과는 저장 10일후에도 그대로 유지되었다(Fig. 10 & 11, Table 8). 이러한 결과는 아마도 대부분의 차아염소산이 양배추 시료의 유기물질과 반응하여 유효농도가 낮아지고, 염소함량에 비해 초기 미생물 접종량이 너무 많은데 기인한 것으로 이해되었다.

Mazollier(1988)와 Adams(1989)에 따르면, 염소용액의 접촉 시간을 5분에서 20분 혹은 30분까지 연장하거나 염소용액의 pH를 4.0-8.8 사이로 변화시켜도 총균수에는 거의 영향을 미치지 못 하였다고 하였다. 한편 제품 종류에 따라서도 염소 처리효과가 달랐는데, 예를 들어 300 ppm의 용존 유리 염소 세척수에 양상추를 담그면 총균수가  $1 \times 10^6$  CFU/g 에서  $3 \times 10^3$  CFU/g 으로 감소되지만 당근과 적색 양배추의 경우에는 영향이 없었다(Garg *et al.*, 1990). 물론 유리 염소농도 200-250 ppm인 세척수로 양상추를 처리했을 때 단지 1 log cycle 정도 생균수가 감소하였다는 보고도 있었다(Berrang *et al.*, 1990). 세척 및 세정 처리에 의해 총균수가 평균 1-2 log cycle 정도 감소하는 것이 일반적이지만, 거의 감소하지 않거나 3 log cycle 이상 감소하였다는 연구결과도 있다. 기본적으로 염소는 여러 종류의 미생물에 대해 *in vitro*에서 신속한 항균활성을 나타내며, *L. monocytogenes* 균주 역시도 차아염소산염에 대해 고유한 내재 저항성을 갖고 있지 않다. 따라서 생채소의 염소(차아염소산염) 처리가 충분한 미생물 감소를 나타내지 못하는 것은 아마도 채소 표면에 있는 왁스 성분 cuticle 층의 소수성 때문에 수용성 염소수가 충분히 젖어들지 못하고 이러한 생체 보호막의 영향으로 인해 미생물에 대한 염소의 살균효과가 감소하는데 그 원인이 있다고 본다. 또한 free



### Acidified NaOCl treatment

Fig. 11. Effects of acidified sodium hypochlorite treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment.



### Acidified NaOCl treatment

Fig. 12. Effects of acidified sodium hypochlorite treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C.

Table 8. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following acidified hypochlorite treatments on shredded cabbage stored at 5°C

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
0	Inoculated	6.4±0.3a	6.3±0.2a	5.4±0.7a	5.4±0.1a	6.2±0a	6.2±0.3a
	Control	6.0±0.1a	6.0±0.1a	5.1±0.5a	4.6±0b	5.9±0.1ab	5.9±0.1ab
	NaOCl	5.5±0.2b	5.3±0.1b	4.5±0.2b	3.8±0.1c	5.4±0.1b	5.2±0b
	Cl+HA	5.4±0.1b	5.2±0.1b	4.5±0.2b	4.0±0.2bc	5.3±0b	5.4±0.1b
	Cl+AA	5.4±0.1b	5.2±0.1b	4.5±0.2b	4.0±0.2bc	5.2±0b	5.3±0.2b
	Cl+CA	5.6±0.4b	5.4±0.3b	4.6±0.5b	4.0±0bc	5.3±0.1b	5.4±0.1b
	F value	24.17***	16.30**	42.06***	32.16**	63.12**	4.55***
10	Inoculated	5.8±0.1a	5.3±0.1a	4.5±0.5a	4.5±0a	5.0±0a	6.0±0.1a
	Control	5.7±0a	5.1±0.1a	4.6±0.1a	3.9±0.1ab	4.4±0.1b	5.6±0b
	NaOCl	5.5±0b	4.2±0.2b	4.1±0.3b	3.2±0.4b	3.0±0.2c	5.0±0c
	Cl+HA	5.6±0.1ab	3.9±0.2bc	4.0±0.2b	3.2±0.6b	3.3±0.3c	5.1±0.1c
	Cl+AA	5.6±0ab	3.8±0.1bc	4.1±0.2b	3.3±0.2b	3.0±0.1c	5.0±0.1c
	Cl+CA	5.7±0.1a	3.6±0.3c	4.0±0.3b	3.4±0b	3.1±0.2c	5.1±0c
	F value	61.11***	33.71**	17.03**	20.40**	158.29***	3.33***

Means with different superscripts are significantly different ( $p \leq 0.05$ )

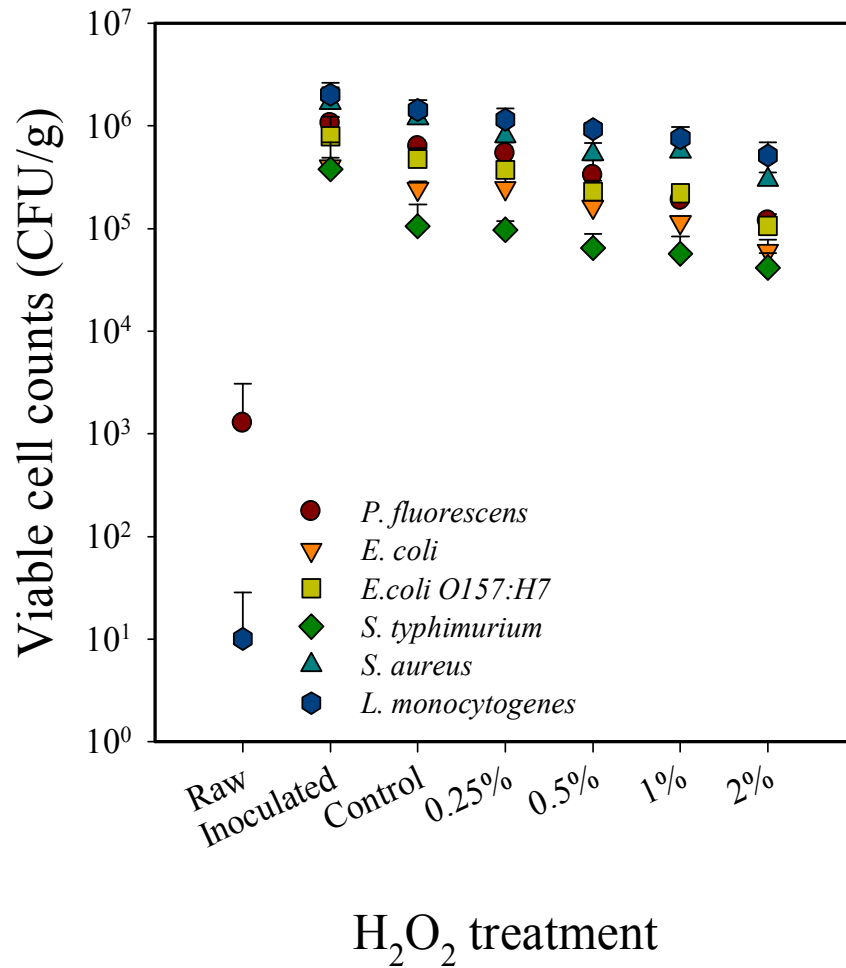


Fig. 13. Effects of hydrogen peroxide treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment.

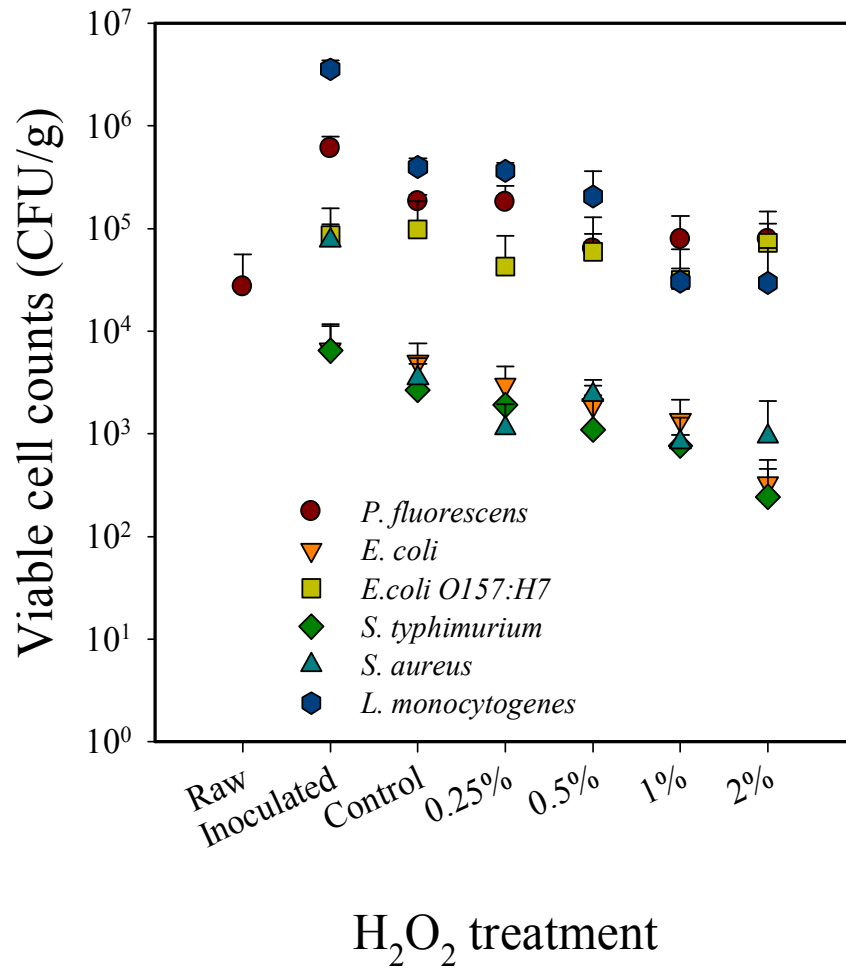
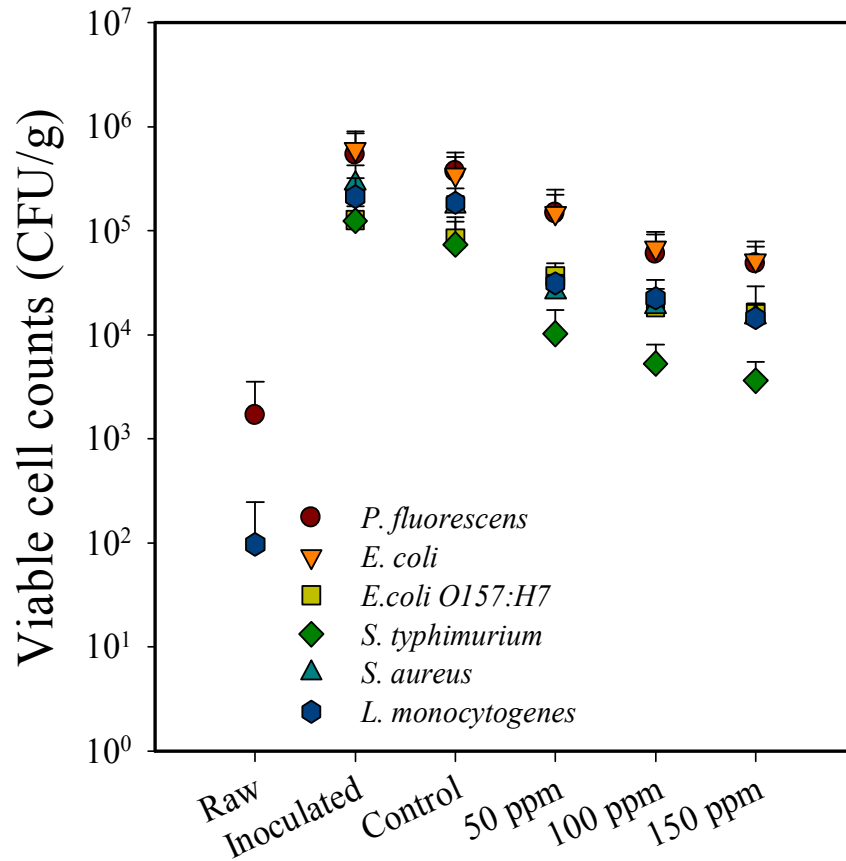


Fig. 14. Effects of hydrogen peroxide treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C.

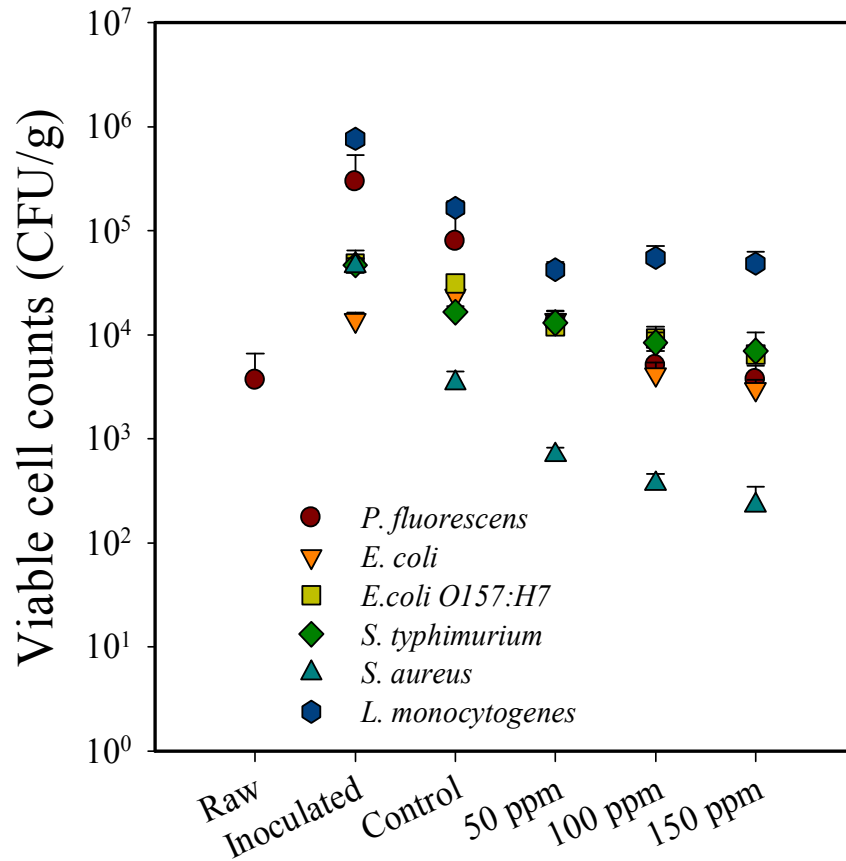
Table 9. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following hydrogen peroxide treatments on shredded cabbage stored at 5°C

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
0	Inoculated	6.0±0.8a	5.6±0.7a	5.9±0.3a	5.6±0.1a	6.2±0.4a	6.3±0.5a
	Control	5.8±1.0ab	5.4±0.8ab	5.7±0.6a	5.0±0.2b	6.1±0.5a	6.2±0.7a
	0.25%	5.7±0.5ab	5.4±0.5ab	5.6±0.7ab	5.0±0.7b	5.9±0.4ab	6.1±0.6ab
	0.5%	5.5±0.4b	5.2±0.7b	5.4±0.6b	4.8±0.4bc	5.7±0.5b	6.0±0.9ab
	1%	5.3±0.5b	5.1±0.9b	5.3±0.7b	4.8±0.4bc	5.7±0.3b	5.9±0.6b
	2%	5.1±0.8b	4.8±0.6c	5.0±1.1c	4.6±0.4c	5.5±0.8b	5.7±0.4c
	F value	63.81***	135.63***	43.72***	106.68***	22.10***	53.95***
10	Inoculated	5.8±0.5a	3.8±0.1a	4.9±0a	3.8±0.1a	4.9±0.4a	6.6±0.7a
	Control	5.3±0.8a	3.7±0.3a	5.0±0.1a	3.4±0.1ab	3.5±0.2b	5.6±0.7b
	0.25%	5.3±0.4b	3.5±0.3ab	4.6±0b	3.3±1.1ab	3.1±0.2bc	5.6±0.8b
	0.5%	4.8±0b	3.3±0.1b	4.8±0.3a	3.0±0.1b	3.4±0.6b	5.3±0.1b
	1%	4.9±0.2b	3.1±0.2b	4.5±0.5b	2.9±0.6b	2.9±0.1c	4.5±0c
	2%	4.9±0.1b	2.5±0.1c	4.9±0.3a	2.4±0.1c	3.0±0.1bc	4.5±0c
	F value	10.80***	15.62***	13.14***	115.95***	81.92***	31.08***



### Peroxyacetic acid treatment

Fig. 15. Effects of peracetic acid treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment.



### Peroxyacetic acid treatment

Fig. 16. Effects of peracetic acid treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C

Table 10. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following peroxyacetic acid treatments on shredded cabbage stored at 5°C

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
0	Inoculated	5.7±0.1a	5.8±0.4a	5.1±0.5a	5.1±0a	5.5±0.3a	5.3±0.3a
	Control	5.6±0.3a	5.5±0.3ab	4.9±0.3a	4.9±0.1a	5.2±0.6a	5.3±0.4a
	50 ppm	5.2±0.2ab	5.2±0.3b	4.6±0.5b	4.0±0.2b	4.4±0.9b	4.5±0.7b
	100 ppm	4.8±0.2b	4.8±0.4c	4.3±0.3c	3.7±0.3c	4.3±0.6b	4.3±0.2c
	150 ppm	4.7±0.2b	4.7±0.4c	4.2±0.1c	3.6±0.3c	4.2±0.5b	4.2±0.5c
	F value	6.58***	5.45***	24.77***	18.75***	13.68***	66.24***
10	Inoculated	5.5±0.1a	4.1±0.7b	4.7±1.0a	4.7±0.5a	4.7±0.8a	5.9±0.9a
	Control	4.9±0.1a	4.4±0.8a	4.5±0.7a	4.2±0.8ab	3.5±0.5b	5.2±0.8b
	50 ppm	4.1±0.5b	4.1±0.6b	4.1±0.7b	4.1±0.7b	2.8±0.7c	4.6±0.7c
	100 ppm	3.7±0.4c	3.6±0.5c	4.0±0.6b	3.9±0.6b	2.6±0.7c	4.7±0.5c
	150 ppm	3.6±0.5c	3.5±0.7c	3.8±0.9c	3.8±0.2c	2.4±0.3c	4.7±0.5c
	F value	19.16***	15.59***	35.17***	8.70***	23.75***	11.69***

Means with different superscripts are significantly different ( $p \leq 0.05$ )

chlorine이 원료의 유기물질과 반응하여 유효염소의 효과가 저하되거나 미생물 자체가 만들어내는 biofilm으로 미생물에 쉽게 접촉하지 못하게 되는데도 그 원인을 찾을 수 있다(Adams *et al.*, 1989. Zang *et al.*, 1996).

### 1.3.3. 과산화수소 및 과산화초산

또 다른 살균 소독제로서 과산화수소 처리의 경우 최대 2% 농도에서 약 1 log cycle에 근접하는 미생물 사멸효과를 얻을 수 있었으나, 과산화초산 처리구의 경우 50 ppm 농도에서도 1 log cycle 정도 생균수가 감소하였고 처리 농도가 높을수록 미생물 사멸이 다소 더 증대되었다. 또한 *E. coli* O157:H7을 제외하고는 시험 균종에 관계없이 소독약제 처리에 따른 감균효과가 비슷하였으며, 특히 처리직후보다도 저온에서 10일간 저장한 후에 더 현저한 생균수 감소를 나타내어 소독약제의 잔류 가능성을 유추할 수 있었다. 이러한 약제잔류 영향으로 과산화수소 처리의 경우 5°C 저장 10일후에 *E. coli*, *S. Typhimurium*, *S. aureus*는  $10^3$  CFU/g 내외의 상대적으로 낮은 생균수를 나타내었고 *P. fluorescens*와 *L. monocytogenes*는  $10^5$  CFU/g 이상을 유지하여 균종별로 서로 다른 양상을 나타내었다. 과산화초산 처리에 있어서도 저장 10일 후 *S. aureus*가  $10^3$  CFU/g이하로 가장 낮은 생균수 수준을 나타낸 반면, *L. monocytogenes*는  $5 \times 10^4$  CFU/g 내외를 유지하여 저항성이 확연히 구분되었다(Fig. 13-16, Table 9 & 10).

양상추를 22°C의 2% 과산화수소수에 5분간 침지하면 외관이나 색 변화없이 *E. coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, *L. monocytogenes*가 효과적으로 감소되었다(Lin *et al.*, 2002). 신선편이 호박의 경우 과산화수소수 처리가 염소수 세척보다 효과적이었고, 버섯, 호박, 멜론에 대해서 과산화수소수 처리로 *Pseudomonas* 균을 90%까지 감소시킬 수 있었으며 처리효과가 4°C에서 5일간 지속되었다(Gerald *et al.*, 1998). 한편 즉석 샐러드 제품이 미생

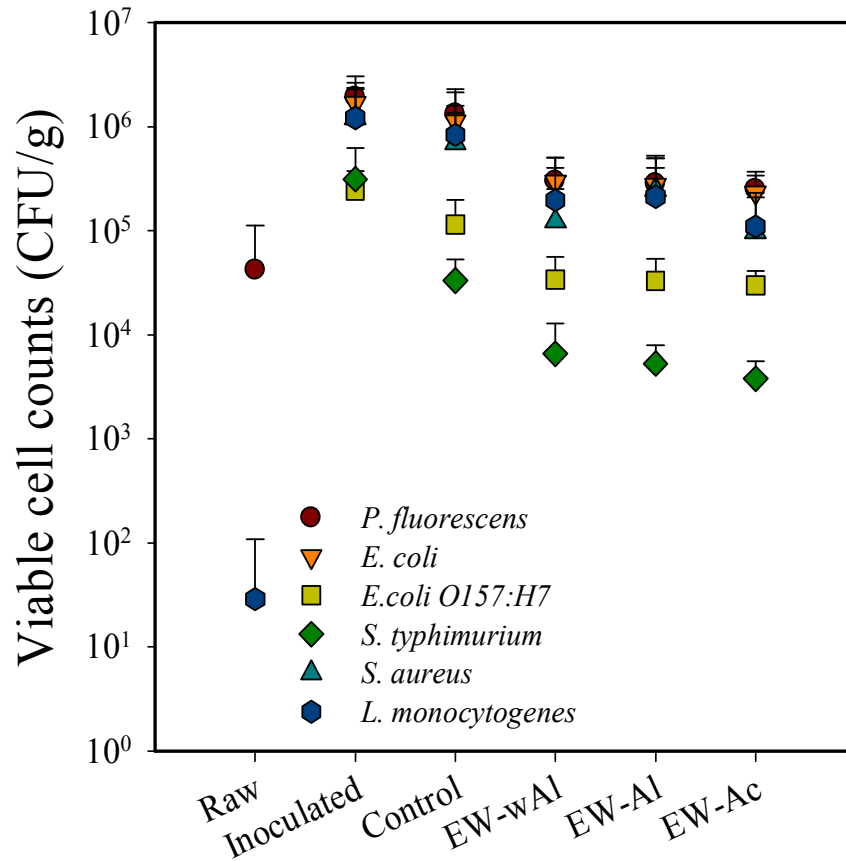
물 제거용도로 90 ppm의 과산화초산을 사용한 결과, 총균수와 대장균수가 거의 2 log cycle 정도 감소하여 100 ppm 염소수를 사용했을 때와 비슷한 효과를 나타내었다(Masson, 1990). 특히 저장기간 중 세균수가 감소하는 경향을 보였는데 이는 과산화초산이 분해되어 초산으로 잔류하기 때문에 가능한 것으로 이해된다. 그러나 실제 신선편이 식품의 생산 공정에서는 세정 소독처리 후 수세과정을 거치는 것이 일반적이므로 소독 세정제의 잔류 효과를 이용하여 미생물 증식을 조절하기란 거의 불가능할 것으로 판단되었다.

#### 1.4. 염소수 대체재의 영향

화학 살균 소독제의 대체재로 점차 활용빈도가 늘어가고 있는 전해수와 오존수의 미생물 제어효과를 비교 평가하고자 각각 양배추 시료에 처리하였다. 양배추 시료의 미생물 초기 접종량은  $10^5$ - $10^6$  CFU/g 수준으로 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium* 등 일부는 상대적으로 접종량이 적어 균종별로 차이가 있었으나 처리구별로는 비교적 균일하였다. 양배추 원료자체의 미생물 오염정도는 호기성 총균수 기준으로 약  $10^4$  CFU/g내외였고 계절 (9월-10월) 요인으로 인해 병원성 균주는 거의 발견되지 않았으나 일부 *L. monocytogenes* 가 발견되더라도  $3 \times 10^1$  CFU/g 수준으로 매우 미미하였다. 미생물 초기 접종량이 원료 양배추 자체의 총균수의 50-100배 이상 높은 수준이었으므로 처리효과를 확인하는데 있어 원료의 오염문제를 배제할 수 있었다.

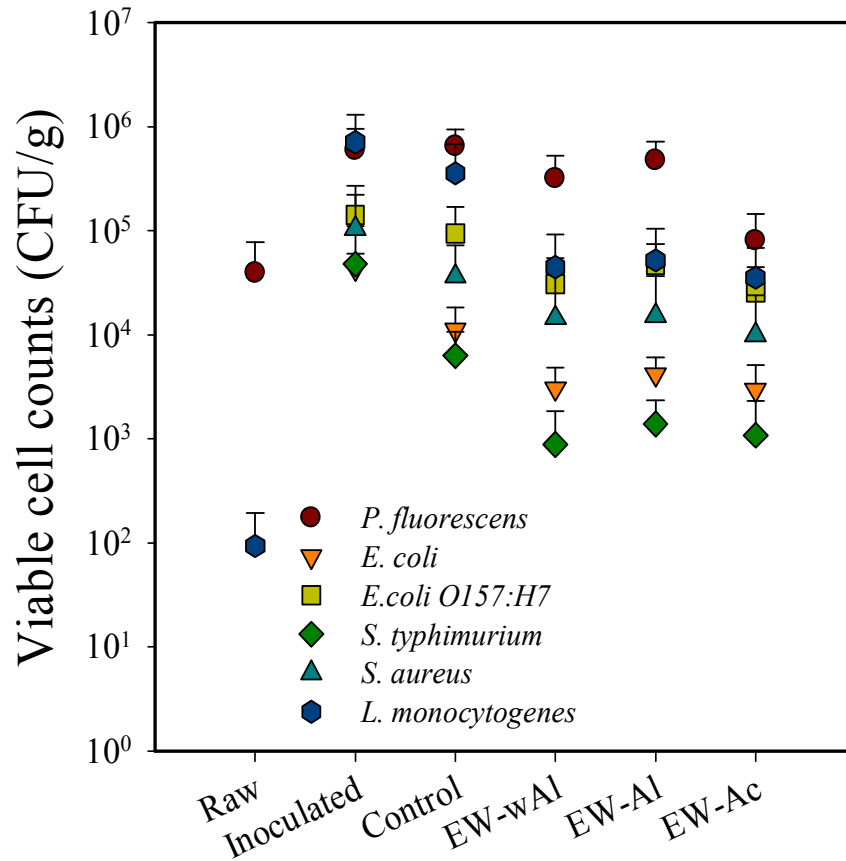
##### 1.4.1. 전해수 및 오존수 처리

pH에 따라 산성(pH  $2.71 \pm 0.19$ ,  $1151.67 \pm 2.08$  ORP,  $111.56 \pm 15.70$  ppm free chlorine), 약알칼리성(pH  $8.43 \pm 0.02$ ,  $669.75 \pm 22.51$  ORP,  $99.63 \pm 7.36$  ppm free



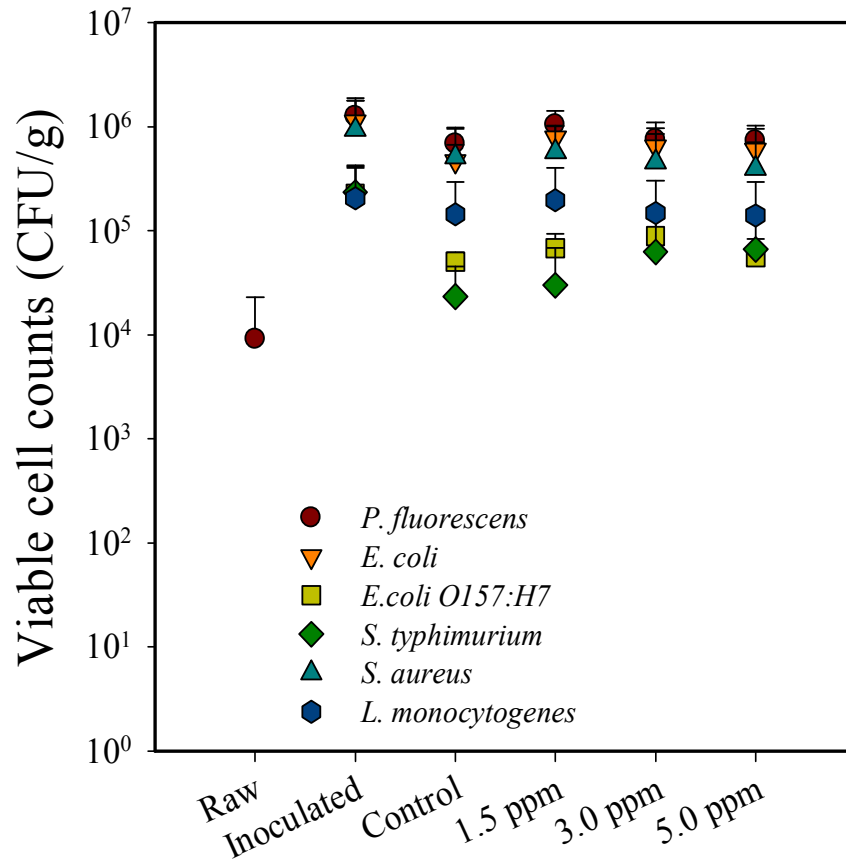
### Electrolyzed water treatment

Fig. 17. Effects of various electrolyzed water treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment.



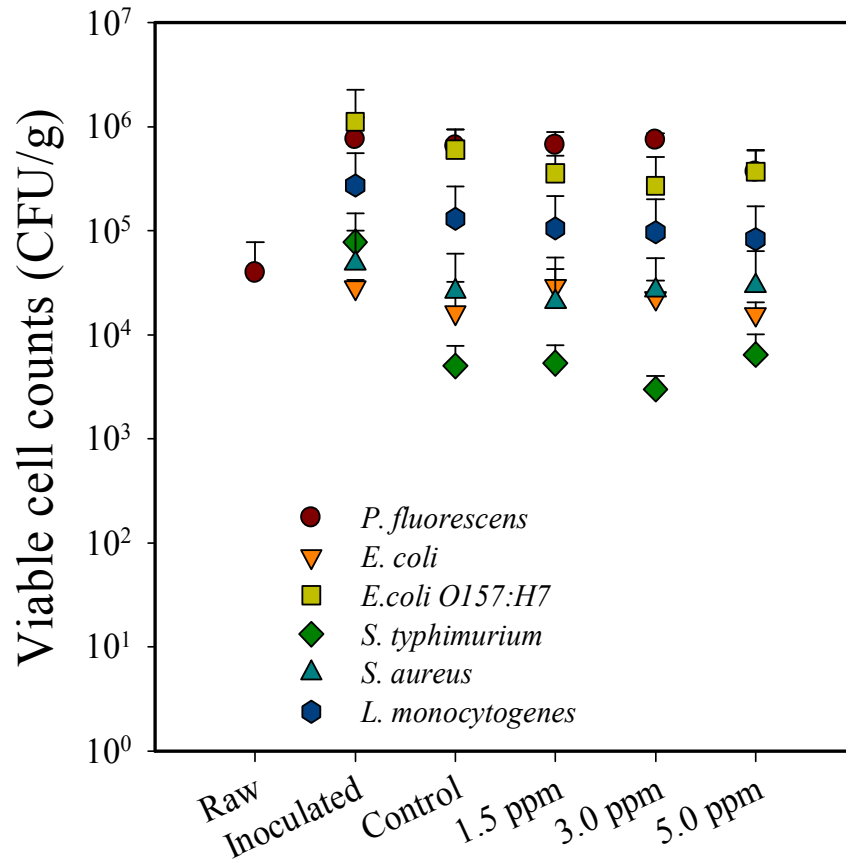
### Electrolyzed water treatment

Fig. 18. Effects of various electrolyzed water treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C.



### Ozonized water treatment

Fig. 19. Effects of ozonized water treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment.



### Ozonized water treatment

Fig. 20. Effects of ozonized water treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C.

Table 11. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following electrolyzed water treatments on shredded cabbage stored at 5°C

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
0	Inoculated	6.3±0.3a	6.2±0.2a	5.4±0.3a	5.5±0.1a	6.1±0.1a	6.1±0.1a
	Control	6.1±0.1a	6.1±0.1a	5.1±0.2a	4.5±0.2b	5.8±0.1b	5.9±0.1b
	EW-wAl	5.5±0.2b	5.5±0.2b	4.5±0.2b	3.8±0.1c	5.1±0.1c	5.3±0.1c
	EW-Al	5.5±0.2b	5.4±0.2b	4.5±0.2b	3.7±0.3c	5.4±0.1c	5.3±0.1c
	EW-Ac	5.4±0.3b	5.4±0.4b	4.5±0.4b	3.6±0.3c	5.0±0.1d	5.0±0.1d
	F value	24.10**	637.58***	34.64*	28.90**	134.91***	91.98**
10	Inoculated	5.8±0.2a	4.6±0.4a	5.2±0.1a	4.7±0.1a	5.0±0.1a	5.9±0.1a
	Control	5.8±0.3a	4.0±0.1b	5.0±0.1b	3.8±0.2b	4.6±0.1b	5.6±0.1b
	EW-wAl	5.5±0.2b	3.5±0.2c	4.5±0.1c	2.9±0.1c	4.2±0.2c	4.7±0.1c
	EW-Al	5.7±0.3a	3.6±0.3c	4.7±0.3c	3.1±0.1c	4.2±0.1c	4.7±0.1c
	EW-Ac	4.9±0.1c	3.5±0.2c	4.4±0.1c	3.0±0.1c	4.0±0.1c	4.6±0.1c
	F value	9.64***	10.23*	64.33**	34.51**	61.94***	39.81***

Means with different superscripts are significantly different ( $p \leq 0.05$ )

Table 12. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following ozonized water treatments at 5°C

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>
0	Inoculated	6.1±0.3a	6.1±0.3a	5.4±0.1a	5.4±0.1a	6.1±0.3a
	Control	5.8±0.3b	5.7±0.4b	4.7±0.6b	4.4±0.1b	5.8±0.3b
	1.5 ppm	6.0±0.4a	5.9±0.5b	4.8±0.4b	4.5±0.1b	5.9±0.5b
	3.0 ppm	5.9±0.4b	5.8±0.3b	4.9±0.3b	4.8±0.1b	5.8±0.3b
	5.0 ppm	5.9±0.4b	5.8±0.3b	4.7±0.2b	4.8±0.1b	5.8±0.3b
	F value	2.72**	2.84*	5.21**	7.90**	0.04**
10	Inoculated	5.9±0.2a	4.5±0.8a	6.0±0.1a	5.3±0.1a	4.5±0.8a
	Control	5.8±0.3a	4.2±0.1a	5.8±0.3a	5.2±0.1a	4.2±0.1a
	1.5 ppm	5.8±0.4a	4.5±0.4a	5.6±0.4ab	5.3±0.1a	4.5±0.4a
	3.0 ppm	5.9±0.8a	4.3±0.3a	5.4±0.1b	5.3±0.1a	4.3±0.3a
	5.0 ppm	5.6±0.2b	4.2±0.5a	5.6±0.3ab	5.2±0.1a	4.2±0.5a
	F value	6.61**	3.85**	0.88***	14.58**	33.95***

Means with different superscripts are significantly different ( $p \leq 0.05$ )

chlorine), 알칼리성(pH 10.43±0.42, 211±13.42 ORP, 52.9±13.82 ppm free chlorine)으로 구분하여 미생물 사멸효과를 살펴본 결과, 사용된 전해수의 물성에 관계없이 1 log cycle 이상 생균수를 감소시켰으며 균종별로는 *S. Typhimurium*이 가장 민감하게 작용하였으나 다른 균주에 대해서는 거의 유사한 생균수 감소를 나타내었다. 또한 일부 균종에서는 처리직후보다 5°C에서 10일간 저장한 후에 더 현저한 생균수 감소를 나타내어 잔류효과가 인정되었는데, *E. coli*, *S. Typhimurium*, *S. aureus*는 처리직후보다 약 1-2 log cycle 정도 더 낮은 생균수를 나타내었다(Fig. 17 & 18, Table 11). 이에 반해 고전압 하에서 발생기 산소로부터 오존을 생성하여 물에 용해시킨 오존수 처리의 경우, 예상과 달리 단순히 물로 세척한 대조구와 비교하여 처리구의 생균수 차이를 전혀 구분할 수 없었고, 오존의 용존 농도를 1.5 ppm에서 5.0 ppm으로 높이더라도 마찬가지로 균종에 관계없이 생균수 감소를 발견할 수 없었으며 저온에서 저장 10일 후 잔류효과도 나타나지 않았다(Fig. 19 & 20, Table 12).

Koseki (2001)등은 전해산화수와 차아염소산 처리로 10분 안에 양상추의 호기성 세균이 2 log CFU/g 정도 감소하고 5 ppm 오존이 함유된 오존수 처리로는 10분 안에 1.5 log CFU/g 감소하는 것을 확인하였으며 전해산화수가 오존수보다 유의적으로 살균효과가 더 높다는 것을 보여주었다. Yang (2003)등은 전해수의 pH에 따른 미생물 감균효과를 알아보기 위하여 신선편이 양상추에 *S. Typhimurium*, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*를 접종한 후 pH 4부터 9에 이르는 300 ppm 전해수(30°C)에 5분간 침지하고 양상추의 미생물 생균수와 외관품질을 평가한 결과, 균주별로는 pH 4와 pH 8에서 *E. coli* O157:H7이 가장 효과적으로 억제되었고 *S. Typhimurium*과 *L. monocytogenes*에서는 pH에 따른 억제효과가 유의적이지 않았다. Park (2004)등은 액상 배지내의 *L. monocytogenes* 균주가 산성 전해수 처리 후

1분 이내에 완전히 사멸되었으나, 알칼리 전해수 처리 후에는 약 1.7 log cycle 정도만 생균수가 감소되었다고 보고하였다. 그러나 양상추 내 접종 *L. monocytogenes*의 생균수는 산성 및 알칼리 전해수 처리 후 동일하게 약 2 log cycle 정도로 감소되는 것을 확인하였다. 한편 강력한 살균력을 부여해주는 전해 산화수의 물성은 낮은 pH 등의 물리화학적 특성으로 인하여 적절한 세정방법을 고려하지 않을 경우, 오히려 신선 채소류에서 품질열화와 같은 부정적인 결과를 초래할 수도 있다(정 등, 1996).

신선 농산물의 세정 처리효과 측면에서 Kim (1999a)등은 0.5 L/min의 속도로 흐르는 1.3 mM농도의 오존수에 세절 양배추를 담근 결과 총균수가 2 log/g 감소하였음을 보고하였다. 또한 오존수는 절단 양상추에 존재하는 미생물을 2 log cycles 감소시켰으며, 배추에 존재하는 세균도 90% 이상 사멸시켰다는 보고가 있다(Kim *et al.*, 1999b). Restaino (1995)등의 연구에 따르면 *S. Typhimurium*, *Y. enterocolitica*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*와 같은 병원성 균주들은 20 ppm 오존수 처리에 민감하다고 하였다. 그러나 Baur (2004)등은 세절 양상추를 200 ppm 염소수 2분, 1 ppm 오존수 2분, 수돗물 처리하였을 때 증온성 호기균, *Pseudomonades*, *Enterobactercea*등 모두 0.7-1.5 log cycle 정도 감소하였으나 오존수의 미생물 저감효과는 수돗물처리구와 거의 비슷하였다. 본 연구에서도 오존수의 살균효과를 전혀 볼 수 없었는데 이는 연속적으로 생성되는 오존수를 이용하지 않고 미리 받아놓은 오존수를 이용하였기 때문에 오존의 짧은 반감기로 인해 살균효과가 떨어지는 것으로 판단되었다. 오존은 강한 산화력 때문에 외관 변색 및 제품의 생리적 장애를 일으킬 수 있다(Horvath *et al.*, 1985; Liew *et al.*, 1994).

이상 세절 양배추 상에 혼합 접종된 6종의 균주에 대해 여러 가지 살균 소

독제 및 전해수와 오존수의 미생물 저감효과를 비교해 보면 90 ppm이상의 차아염소산나트륨 용액 및 산 첨가 산성화 용액, 50 ppm 이상의 과산화초산 용액, 1-2% 과산화수소, 산성 및 알칼리성 전해수를 사용했을 때 현저한 생균수 감소를 확인할 수 있었다. 그러나 분명한 미생물 살균력에도 불구하고 일부처리에서는 사용 물질 자체의 물리화학적 특성으로 인하여 양배추 시료의 변색, 시늬, 부패 등 관능적 품질을 저하시키는 문제가 발견되었으며 특히 산성화 차아염소산나트륨, 과산화초산, 산성 전해수 등의 처리에서는 저온저장 중 현저하게 외관품질이 저하되는 것으로 나타났다(Table 13-16). 그러나 미생물 제어에 효과적이면서도 외관 및 관능적 품질에 부정적인 영향을 미치지 않는 실제 fresh-cut 채소류에 적용 가능한 적정 전처리방법으로 1-2 % 탄산나트륨, 90 ppm 이상의 차아염소산나트륨, 50 ppm 과산화초산, 1-2% 과산화수소 처리, 알칼리 전해수 등임을 확인할 수 있었다.

Table 13. Sensory characteristics<sup>1)</sup> of shredded cabbage with various acidified hypochlorite treatments during storage at 5°C

Storage time (day)	Dipping treatment <sup>2)</sup>	Discoloration	Wilting	Decay	Visual quality
5	Control	3.4c	2.9b	2.7b	6.8a
	NaOCl	4.4bc	3.3b	3.6ab	6.1a
	NaOCl+HA	6.3a	5.1a	5.1a	4.5bc
	NaOCl+AA	6.4a	5.7a	5.3a	4.2c
	NaOCl+CA	4.7b	3.3b	3.9ab	5.6ab
10	Control	3.7d	3.7b	3.4c	6.6a
	NaOCl	4.9c	3.7b	4.7b	5.7a
	NaOCl+HA	8.1a	6.6a	7.1a	2.9b
	NaOCl+AA	7.6ab	6.3a	7.6a	2.9b
	NaOCl+CA	6.9b	6.7a	6.7a	3.0b

<sup>1)</sup> The values are means of eight replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

<sup>2)</sup> Inoculated cabbage samples were dipped into various treatment solutions at approximately 15°C for 1 min. Control: water alone, NaOCl: 90 ppm chlorine (pH 9.6), NaOCl+HA: 90 ppm chlorine + 0.018% hydrochloric acid (pH 5.0), NaOCl+AA: 90 ppm chlorine + 0.016% acetic acid (pH 5.0), NaOCl+CA: 90 ppm chlorine + 0.018% citric acid (pH 5.0).

Table 14. Sensory characteristics<sup>1)</sup> of shredded cabbage with peroxyacetic acid treatments during storage

Storage time (day)	Dipping treatment <sup>2)</sup>	Discoloration	Wilting	Decay
5	Control	4.3b	4.6a	4.3a
	PAA 50 ppm	4.6ab	5.4a	4.6a
	PAA 100 ppm	6.0a	6.1a	5.4a
	PAA 150 ppm	5.3ab	5.7a	5.0a
10	Control	5.6b	5.0a	4.4a
	PAA 50 ppm	6.4b	6.1a	5.4a
	PAA 100 ppm	7.9a	6.4a	6.4a
	PAA 150 ppm	7.9a	6.4a	6.7a

<sup>1)</sup> The values are means of eight replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significant (Duncan's multiple range test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

<sup>2)</sup> Inoculated cabbage samples were dipped into various treatment solutions at approximately 15°C for 1 min. Control solution was distilled water (pH 7.0), acetic acid (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub>) solution (pH 3.0).

Table 15. Sensory characteristics<sup>1)</sup> of shredded cabbage with various electrolyzed water treatments during storage at 5°C

Storage time (day)	Dipping treatment <sup>2)</sup>	Discoloration	Wilting	Decay
5	Control	4.1cb	3.0a	2.9a
	EW-wAl	5.4ab	3.9a	4.0a
	EW-Al	3.9c	3.0a	2.4a
	EW-Ac	5.7a	4.9a	4.1a
10	Control	6.2a	5.3a	4.1bc
	EW-wAl	7.1a	6.0a	5.3b
	EW-Al	4.3b	4.7a	3.1c
	EW-Ac	7.2a	6.1a	6.0a

<sup>1)</sup> The values are means of eight replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

<sup>2)</sup> Inoculated cabbage samples were dipped into various treatment solutions at approximately 15°C for 1 min. Control: tap water (pH 7.0-7.5), EW-wAl: electrolyzed weak alkaline water (pH 8.3-8.5), EW-Al: electrolyzed alkaline water (pH 10.5-10.8), EW-Ac: electrolyzed acetic acid water (pH 2.5-2.9).

Table 16. Sensory characteristics<sup>1)</sup> of shredded cabbage with ozonized water treatments during storage

Storage time (day)	Dipping treatment <sup>2)</sup>	Discoloration	Wilting	Decay
5	Control	3.6a	3.3a	2.3a
	Ozone 1.5 ppm	4.6a	4.2a	3.8a
	Ozone 3.0 ppm	4.0a	3.1a	2.7a
	Ozone 5.0 ppm	3.6a	2.9a <sup>al quality</sup>	2.2a
10	Control	2.8b	2.7c	1.8b
	Ozone 1.5 ppm	5.5a	6.3a <sup>.8a</sup>	4.5a
	Ozone 3.0 ppm	5.3a	4.3b <sup>.6a</sup>	4.7a
	Ozone 5.0 ppm	4.3ab	4.0bc <sup>.4a</sup>	3.5ab

<sup>1)</sup> The values are means of eight replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significant (Duncan's multiple range test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

<sup>2)</sup> Inoculated cabbage samples were dipped into various treatment solutions at approximately 15°C for 1 min. Control (pH 6.3–7.2), ozone 3.0 ppm (pH 6.4–7.2), ozone 5.0 ppm (pH 6.9–7.2).

## 2. 포장방법에 의한 표준 유태미생물의 제어효과

### 2.1. 포장재내 가스조성 변화

포장 내부의 초기 기체조성을 70% O<sub>2</sub>/15% CO<sub>2</sub>/15% N<sub>2</sub>(MAP1), 5% O<sub>2</sub>/15% CO<sub>2</sub>/80% N<sub>2</sub>(MAP2), 0.1 atm 진공 감압(MVP)의 조건으로 투과성 PE 필름과 차단성 Ny/PE 필름에 포장하였다. 우선 이들 포장처리구의 저장 중 내부 기체 조성변화를 살펴보면, 투과성 PE 필름에 양배추 시료를 넣고 대기압에서 밀봉 포장한 대조구의 경우 내용물 호흡작용으로 초기의 일반 공기조성에서 O<sub>2</sub>농도는 12-13% 수준으로 감소하였고 CO<sub>2</sub> 농도는 2% 수준으로 증가하였다(Fig. 21). PE와 Ny/PE 필름에 고 O<sub>2</sub>/고 CO<sub>2</sub>를 충전한 MAP1 포장처리구에서는 O<sub>2</sub> 농도가 점차 감소하였고, CO<sub>2</sub> 농도는 PE 필름을 사용했을 때 대조구 수준으로 감소한 반면 Ny/PE 필름을 사용한 경우 계속 증가하였다. 또한 저 O<sub>2</sub>/고 CO<sub>2</sub>를 충전한 MAP2 포장처리구에서는 PE 필름을 사용했을 때 O<sub>2</sub>농도가 다소 증가하더라도 거의 일정하게 유지되었고 CO<sub>2</sub> 농도는 대조구와 유사한 수준으로 감소된 반면, Ny/PE 필름을 사용한 경우 O<sub>2</sub> 농도가 저하되어 완전히 소멸되었고 CO<sub>2</sub> 농도는 MAP1보다는 낮지만 계속 증가하는 양상을 나타내었다. 이러한 포장내부 기체조성 변화는 초기에 충전한 혼합기체에 의해서도 상당히 좌우되지만, 사용한 필름의 투과성에 더 크게 영향을 받았다. 한편 MVP 포장처리구의 경우 필름재질에 관계없이 저장 중 감압/진공이 유지되어 기체조성 측정이 불가능하였다.

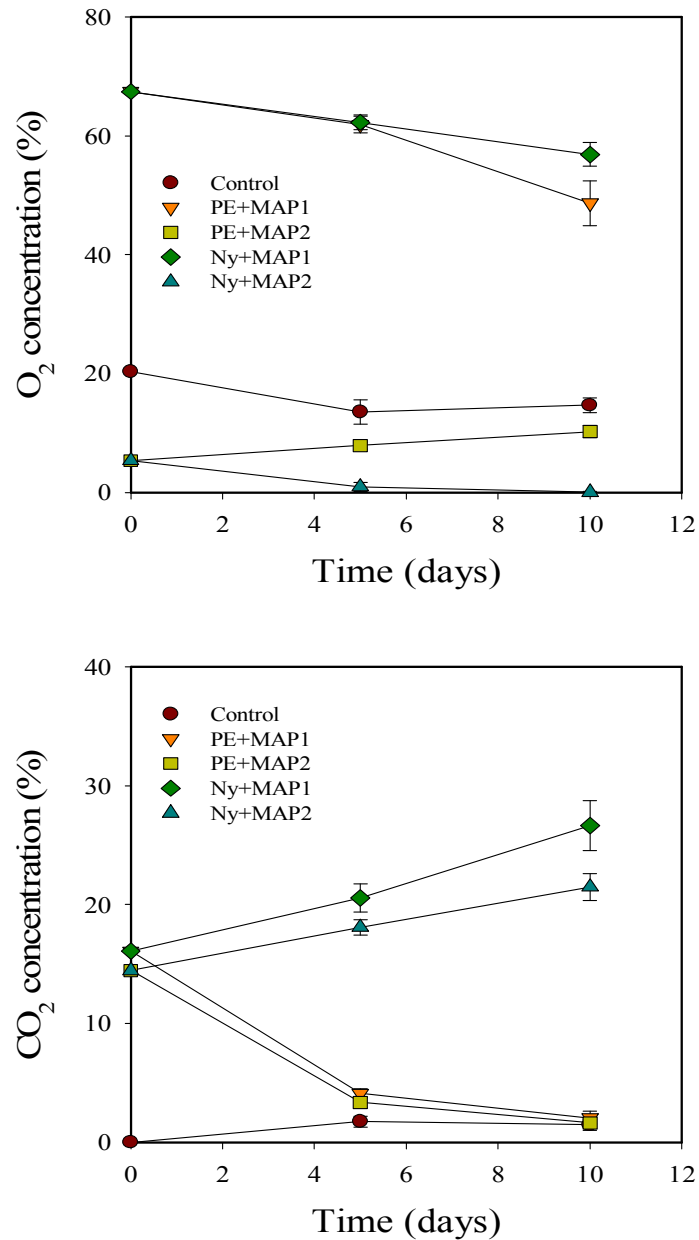
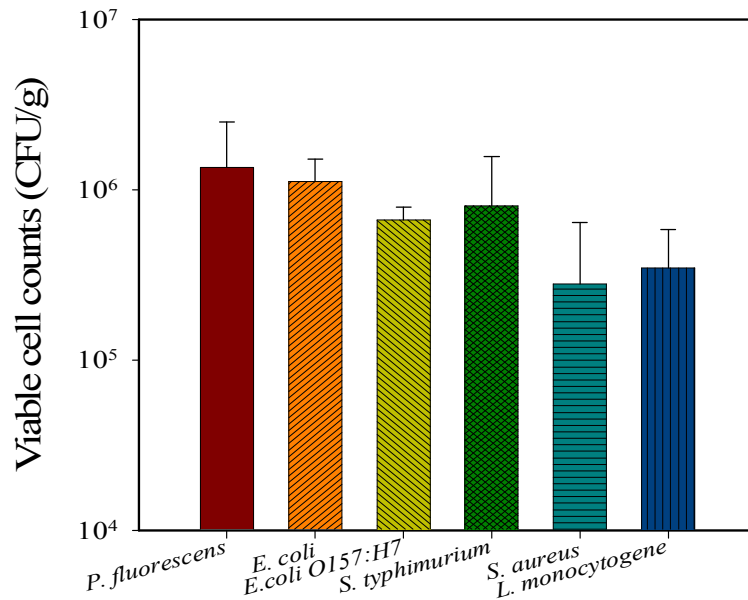


Fig. 21. Changes in gas composition within the packages of shredded cabbage inoculated with spoilage and pathogen bacteria during storage at 5°C. Upper: O<sub>2</sub> concentration, lower: CO<sub>2</sub> concentration.



### Inoculated bacteria

Fig. 22. Initial viable cell counts of respective spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage prior to various packaging treatments.

Microorganism	Viable cell count(CFU/g)	
	Mean	STD
<i>P. fluorescens</i>	$1.35 \times 10^6$	$1.15 \times 10^6$
<i>E. coli</i>	$1.12 \times 10^6$	$4.04 \times 10^5$
<i>E. coli</i> O157:H7	$6.67 \times 10^5$	$1.28 \times 10^5$
<i>S. Typhimurium</i>	$8.03 \times 10^5$	$7.64 \times 10^5$
<i>S. aureus</i>	$2.81 \times 10^5$	$3.61 \times 10^5$
<i>L. monocytogenes</i>	$3.48 \times 10^5$	$2.36 \times 10^5$

## 2.2. 미생물 생균수 변화

세절 양배추 시료에 접종된 초기 미생물 생균수의 평균 수준은 *P. fluorescens*은  $1.3 \times 10^6$  CFU/g, *E. coli*는  $1.1 \times 10^6$  CFU/g, *E. coli* O157:H7은  $6.7 \times 10^5$  CFU/g, *S. Typhimurium*은  $8.0 \times 10^5$  CFU/g, *S. aureus*은  $2.8 \times 10^5$  CFU/g, *L. monocytogenes*은  $3.5 \times 10^5$  CFU/g으로 시험 균종에 따라  $10^5$ - $10^6$  CFU/g로 다소 다르게 나타났다(Fig. 22). Yang (2003)등은 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*를 각각 단독으로 양상추에 접종하거나 3가지 균을 혼합하여 접종하였을 때 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*은 두 가지 접종방법에 따른 양상추 내 접종량에 차이가 없었으나 *L. monocytogenes*은 단독접종에 비해 혼합접종 시 약 2 log 정도 적게 접종된 결과를 양상추에 부착하는데 있어 다른 2가지 균주들과의 경쟁에서 우세하지 못했기 때문이라고 설명하였다. 본 연구의 혼합부패균주의 접종에서는 *P. fluorescens*가 다소 높았으나 잎채소의 우세균이 *P. fluorescens*이라는 것을 감안하면 접종시 양배추 내에 존재하는 *P. fluorescens*의 양은 더 증가하는 것으로 판단되었다(Francis *et al.*, 1999). 혼합병원균주의 접종에서는 양배추에 부착된 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*보다 *S. aureus*, *L. monocytogenes*의 균체량이 다소 적었으며 그 중 *S. aureus*의 균체량이 가장 적었다. Staphylococci (e.g., *S. aureus*)은 대부분의 일반적인 부패균종에 경쟁적이지 못한 균주로 알려져 있다. 특히, *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae*, *Lactobacillaceae* 등에 길항적이다. 따라서 다른 3가지 혼합균주들과의 경쟁과 양배추 자체의 내재 미생물 때문에 양배추의 최종 균체량이 상대적으로 적은 것으로 보였다(Jay, 1996).

양배추에 접종한 미생물 생균수는 저장 기간 중 균주의 고유 특성에 의존하여 포장처리에 따른 영향을 현저하게 받는 것으로 확인되었다(Fig. 23 & 24, Table 17 & 18). 균종에 따라서 *S. aureus*와 *E. coli*가 초기 접종량에

비해 낮게 유지되었으며 *S. Typhimurium*과 *E. coli* O157:H7 균주가 높게 유지되었다. 포장방법별로는 전반적으로 PE 또는 Ny/PE 재질에 관계없이 고O<sub>2</sub>/고CO<sub>2</sub> 조건의 MAP1 처리구에서 비교적 낮은 생균수를 유지하여 미생물 억제효과가 인정되었으며, 특별히 *E. coli*와 *S. aureus* 균주에서 분명한 차이를 나타내었다(Fig. 25-30). 이에 반하여 fresh-cut 채소류의 외관품질 유지에 유리한 것으로 알려진 저O<sub>2</sub>/고CO<sub>2</sub> 조건의 MAP2 처리구에서는 대조구에 비해 미생물이 억제되지 않았으며, 오히려 O<sub>2</sub> 분압이 낮은 MVP 처리구에서는 증식이 촉진되거나 그대로 유지되는 경향을 나타내었다. 이러한 양상은 초기 접종량이 2.8×10<sup>5</sup> CFU/g로 낮은 *S. aureus*이나 1.4×10<sup>6</sup> CFU/g로 높은 *P. fluorescens*에서 모두 동일하게 나타났다. 특히 병원균인 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*는 통성혐기성 균주이므로 일반적으로 미생물 억제에 효과적인 고농도 CO<sub>2</sub>에 의해서도 크게 영향을 받지 않았으며 오히려 O<sub>2</sub>분압이 낮게 유지된 MVP 처리구에서 저장 5일 후 2배 이상의 생균수 증식이 일어났다. 또한 이러한 생균수 증가는 차단성 Ny/PE 필름 MVP 처리구에서 저장 10일 이후에도 그대로 유지되었으나 투과성 PE 필름 MVP 처리구에서는 전혀 나타나지 않았다.

한편 호기균주인 *P. fluorescens* 조차도 고농도 CO<sub>2</sub>에 의한 생육 억제효과는 분명하게 확인할 수 없었으나 특이하게 고농도 O<sub>2</sub>가 존재하는 환경, 즉 MAP1 처리구에서는 유의적으로 생균수가 감소하는 것을 발견할 수 있었다. 또한 이들 포장처리 세질 양배추 시료에 대해 저장 중 변색, 시듦, 부패, 외관품질 등의 관능평가를 실시한 결과, 투과성 PE 재질을 사용한 처리구는 모두 외관품질이 현저하게 낮게 나타난데 반해, 차단성 Ny/PE 재질을 사용한 처리구는 5℃ 저장 10일 후에도 6.0이상의 외관품질 평점을 얻어 관능적인 측면에서 품질유지에 유리함을 알 수 있었다(Table 19). 여러 포장 처리구 가운데에서도 차단성 Ny/PE 필름에 진공 포장한 MVP 처리구 시료는

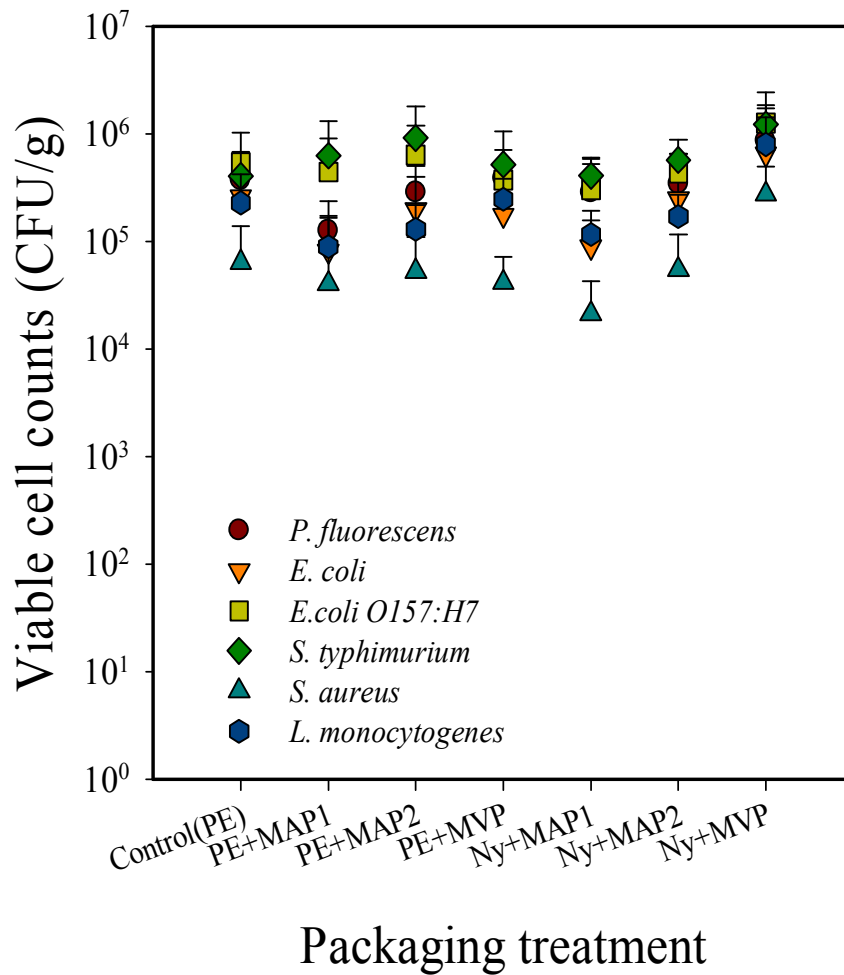


Fig. 23. Effects of packaging treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 5 days storage at 5°C.

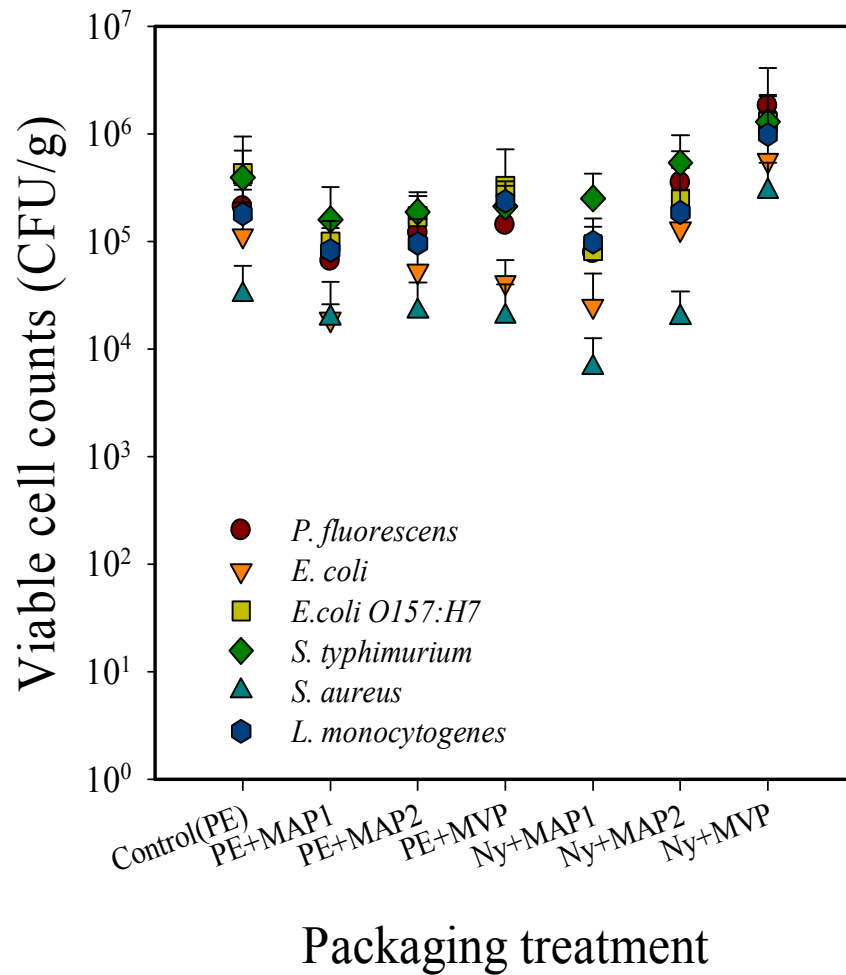


Fig. 24. Effects of packaging treatment on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C.

Table 17. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following various package treatments on shredded cabbage stored at 5°C for 5 days

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
5	Control	5.6±0.1ab	5.4±0.1ab	5.7±0.1ab	5.6±0.2b	4.8±0.1b	5.4±0.1ab
	PE+MAP1	5.1±0.1b	4.9±0.1b	5.6±0.1b	5.8±0.1ab	4.6±0.1b	4.9±0.1c
	PE+MAP2	5.5±0.2ab	5.3±0.1ab	5.8±0.1ab	6.0±0.1a	4.7±0.1b	5.1±0.2b
	PE+MVP	5.6±0.1ab	5.2±0.1ab	5.6±0.5b	5.7±0.1b	4.6±0.1b	5.4±0.3ab
	Ny+MAP1	5.5±0.1ab	4.9±0.1b	5.5±0.2b	5.6±0.3b	4.3±0.1c	5.1±0.2b
	Ny+MAP2	5.5±0.1ab	5.4±0ab	5.6±0.3b	5.8±0.3ab	4.7±0.1b	5.2±0.2b
	Ny+MVP	5.9±0.1a	5.8±0.1a	6.1±0.1a	6.1±0.3a	5.4±0.1a	5.9±0.1a
F value		34.84**	87.17***	14.96**	9.59**	90.18***	3.59***

Table 18. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following various package treatments at 5°C for 10 days

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>	
10	Control	5.3±0.2b	5.1±0.1ab	5.6±0.1b	5.6±0.1ab	4.5	
	PE+MAP1	4.8±0.1c	4.3±0.5c	5.0±0.5c	5.2±0.1b	4.3	
	PE+MAP2	5.1±0.2bc	4.7±0.1b	5.2±0.2bc	5.3±0.3b	4.3	
	PE+MVP	5.2±0.3bc	4.6±0.2b	5.5±0.1b	5.3±0.2b	4.3	
	Ny+MAP1	4.9±0.1c	4.4±0.1c	4.9±0.4c	5.3±0.2b	3.8	
	Ny+MAP2	5.5±0.1b	5.1±0.1ab	5.4±0.1b	5.7±0.1ab	4.3	
	Ny+MVP	6.3±0.1a	5.8±0.1a	6.1±0.1a	4.9±0.1c	5.5	
	F value	20.70***	35.60***	9.87**	5.0±0.2c	4.26**	161
					5.4±0.3b		
				5.0±0.2c			
				5.3±0.2b			
				6.0±0.2a			
				6.70***			

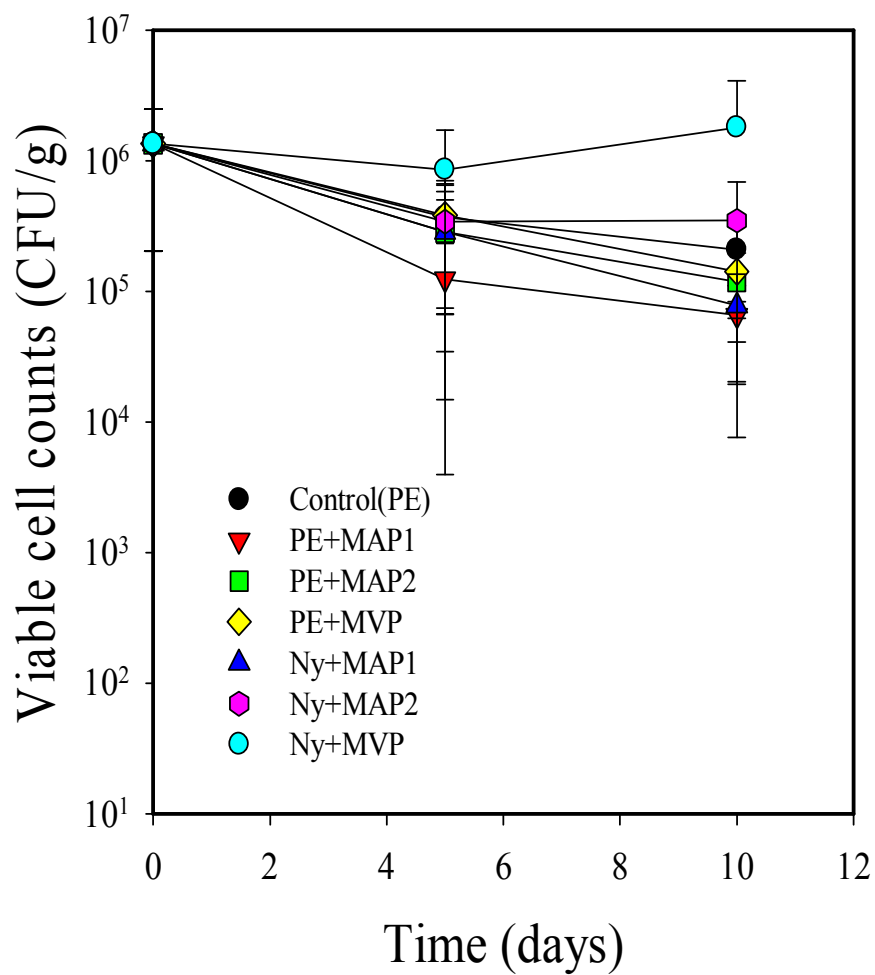


Fig. 25. Changes in *P. fluorescens* cells of shredded cabbage during storage at 5°C.

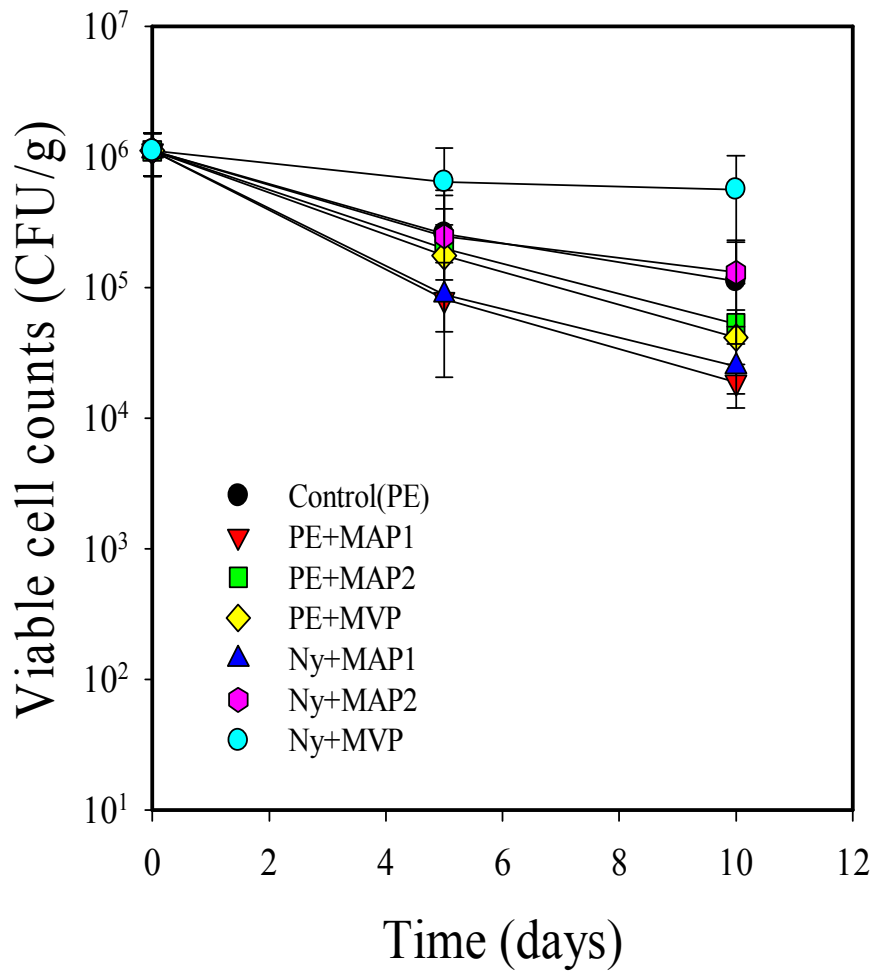


Fig. 26. Changes in *E. coli* cells of shredded cabbage during storage at 5°C.

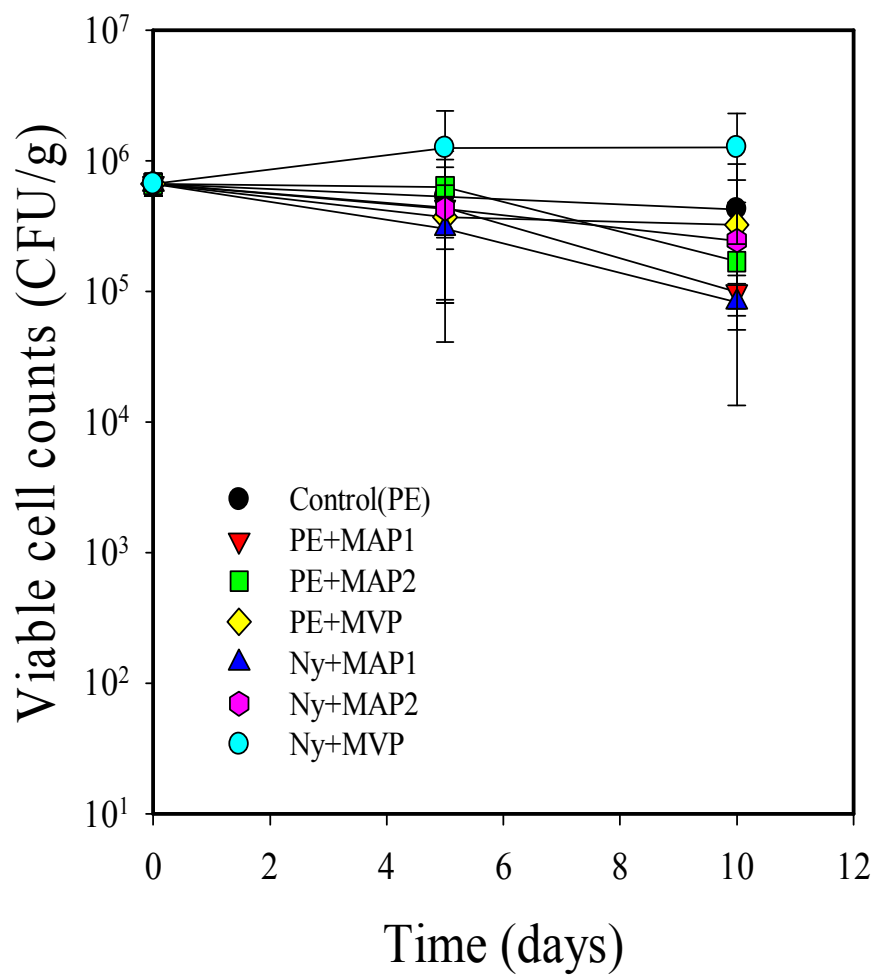


Fig. 27. Changes in *E. coli* O157:H7 cells of shredded cabbage during storage at 5°C.

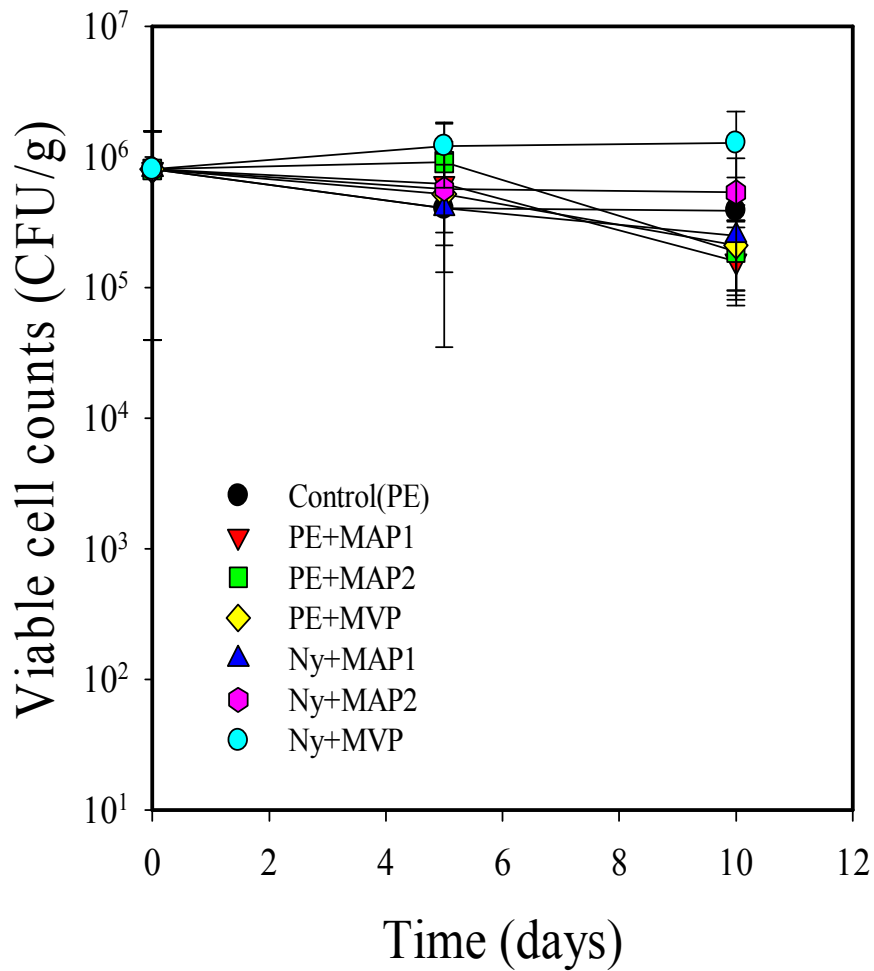


Fig. 28. Changes in *S. Typhimurium* cells of shredded cabbage during storage at 5°C.

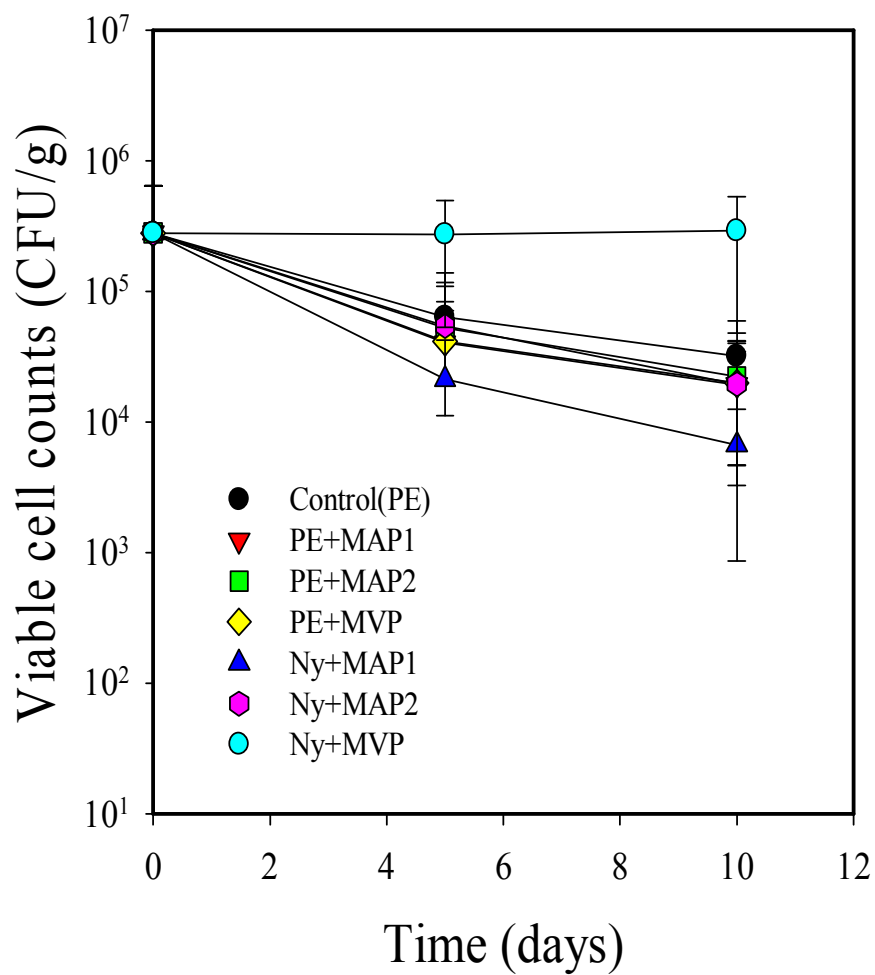


Fig. 29. Changes in *S. aureus* cells of shredded cabbage during storage at 5°C.

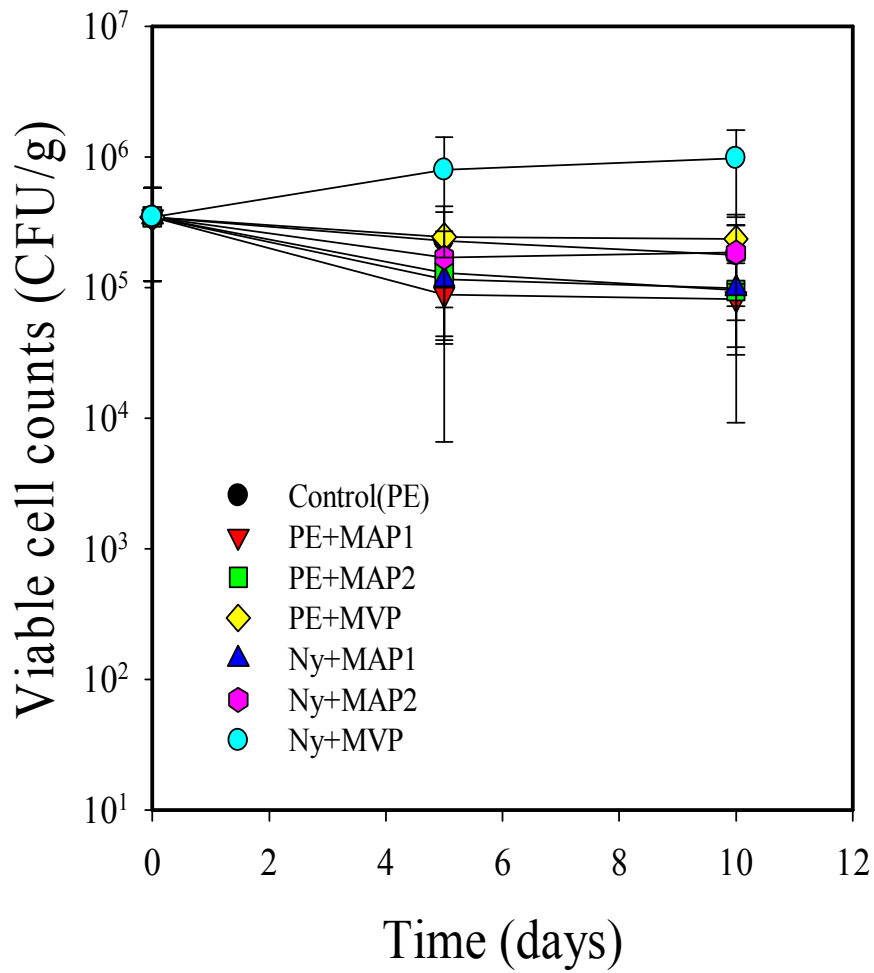


Fig. 30. Changes in *L. monocytogenes* cells of shredded cabbage during storage at 5°C.

Table 19. Sensory characteristics<sup>1)</sup> of shredded cabbage with various packaging treatments during storage at 5°C

Storage time (day)	Packaging treatment <sup>2)</sup>	Discoloration	Wilting	Decay	Visual quality
5	Control (PE)	7.3a	6.6a	6.6a	2.6ed
	PE + MAP1	7.0a	6.6a	6.4a	3.5d
	PE + MAP2	7.5a	6.6a	7.4a	2.6ed
	PE + MVP	6.5a	5.3ab	6.4a	1.8e
	Ny + MAP1	3.0b	3.3c	2.4c	7.1b
	Ny + MAP2	4.0b	4.3bc	4.0b	6.1c
	Ny + MVP	1.0c	1.0d	1.0d	9.0a
10	Control (PE)	7.8ab	6.8a	7.3ab	3.0c
	PE + MAP1	7.1b	6.5a	7.1ab	2.3c
	PE + MAP2	7.8ab	6.9a	7.6a	2.0c
	PE + MVP	8.0a	6.3a	6.5b	3.5c
	Ny + MAP1	3.3d	2.6c	2.5c	6.5b
	Ny + MAP2	4.8c	4.3b	3.8c	6.0b
	Ny + MVP	1.3e	1.3d	1.1d	8.9a

<sup>1)</sup> The values are means of eight replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

<sup>2)</sup> Inoculated cabbage samples were hermetically packed with various packaging methods. Control: normal air (20% O<sub>2</sub>/79% N<sub>2</sub>), MAP1: 70% O<sub>2</sub>/15% CO<sub>2</sub>/15% N<sub>2</sub>, MAP2: 5% O<sub>2</sub>/15% CO<sub>2</sub>/80% N<sub>2</sub> MVP: vacuum-packed at about 0.1 atm, PE: polyethylene film, Ny: nylon/PE film.

저장 초기와 거의 같은 수준의 관능적 품질을 나타내어 확연히 구분되었다. 결과적으로 미생물 생육억제에 효과적일 것으로 판단되었던 저 O<sub>2</sub>/고 CO<sub>2</sub> 조건의 MAP 포장은 미생물 제어에 긍정적인 영향을 미치지 못하였으며, 상업적으로 빈번히 활용되고 있는 진공포장(MVP) 처리의 경우 외관품질이 우수하게 유지되더라도 오히려 저온유통 fresh-cut 채소류에서 혐기성 병원균의 급격한 증식을 유발할 가능성이 확인되었다.

### 3. 전처리 및 포장병용처리에 따른 유해미생물 제어효과

#### 3.1. 전처리 용액의 선정

냉장유통 fresh-cut 채소제품의 미생물 제어에 효과적인 전처리 방법으로 이미 실험된 90 ppm 차아염소산나트륨 및 산성화 차아염소산나트륨 용액, 산성, 약알칼리, 알칼리로 물성을 달리한 전해수, 50 ppm 과산화초산과 1% 과산화수소, 1% 탄산나트륨 용액 등의 처리효과를 일괄적으로 비교 평가하여 포장처리와 병용하기에 적합한 용액을 선발하고자 하였다.

양배추 원료자체의 미생물 오염 정도는 호기성 총균수 기준으로  $1.3 \times 10^3$  CFU/g 수준이었으며, 계절 요인(1월-5월)으로 인해 병원성 미생물의 발생 빈도는 많지 않았으나, *E. coli* O157:H7(평균  $7.2 \times 10^1$  CFU/g)과 *L. monocytogenes* (평균  $3.5 \times 10^2$  CFU/g) 균주가 일부 오염되어 있었다. 미생물 균종별로 초기 접종량은 대략  $4.4 \times 10^3$ - $1.0 \times 10^4$  CFU/g로 균일하였으며 미생물 사멸효과를 좀더 확연하게 관찰하기 위하여 이전 실험에 비해 약 2 log cycles 가량 낮은 수준으로 접종량을 조절하였으나, 양배추 자체의 총균수를 4-10배를 상회하는 수준이었으므로 처리효과 확인에 있어 원료의 초기오염은 크게 문제되지 않았다.

여러가지 처리구 가운데 초산 첨가 차아염소산나트륨 용액과 산성 전해수

가 처리직후 가장 낮은 생균수 수준을 나타내었고, 염산 첨가 차아염소산나트륨 용액과 약알칼리 전해수, 과산화초산 용액이 상대적으로 낮은 생균수를 나타내었으며, 단순 차아염소산나트륨 용액과 알칼리 전해수, 과산화수소수, 탄산나트륨 용액의 순서대로 생균수 수준이 높아지는 것을 확인할 수 있었다(Fig 31 & 32, Table 20 & 21). 이들 모든 처리구는 양배추 시료를 단순히 수돗물에 침지한 대조구에 비해 최소 2배에서 최대 20배에 이르기까지 유의적으로 높은 미생물 사멸효과를 나타내었으며(Fig. 33 & 34), 5°C에서 10일간 저장한 후에도 균종에 따라 다소 차이가 있으나 처리구의 이러한 미생물 억제력은 그대로 유지되었다.

처리를 마친 양배추 시료의 관능적 특성변화를 변색, 시늬, 부패, 외관품질 항목으로 저장 기간 중 평가한 결과, 비록 산성화 차아염소산나트륨 용액이나 산성 전해수의 미생물 저감 효과가 현저하게 나타나더라도 종합적인 외관품질을 포함한 관능검사에 있어서는 대조구에 확연히 못 미치는 것으로 평가되었다(Table 22). 이들 외에 과산화초산과 과산화수소 처리구도 관능적인 특성이 매우 열악하게 평가되었으며, 알칼리 전해수의 경우 외관품질은 대조구를 포함한 모든 처리구 가운데서 가장 우수하게 보였으나 시료표면이 미끈거리는 문제가 있어 전처리 방법으로는 적절치 않다고 판단되었다. 그러나 차아염소산나트륨이나 약알칼리 전해수, 탄산나트륨 처리구는 미생물 억제력에 다소 차이가 있으나, 대조구에 비해 유의적으로 높은 외관평가 점수를 나타내었다. 따라서 이상에서 살펴본 미생물 저감효과와 관능적 품질을 종합적으로 고려하여 포장처리와 병용하기에 적합한 전처리 방법으로서 차아염소산나트륨, 약알칼리 전해수, 탄산나트륨 처리 3가지를 선정하였다.

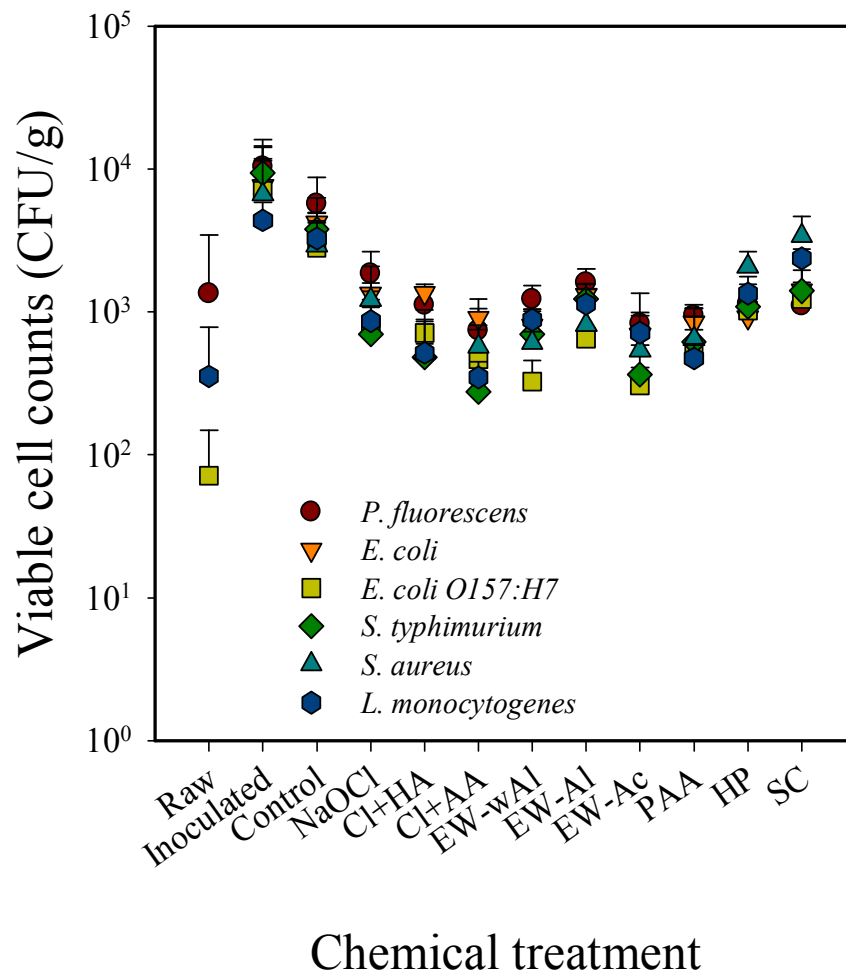


Fig. 31. Effects of some chemical treatments on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment.

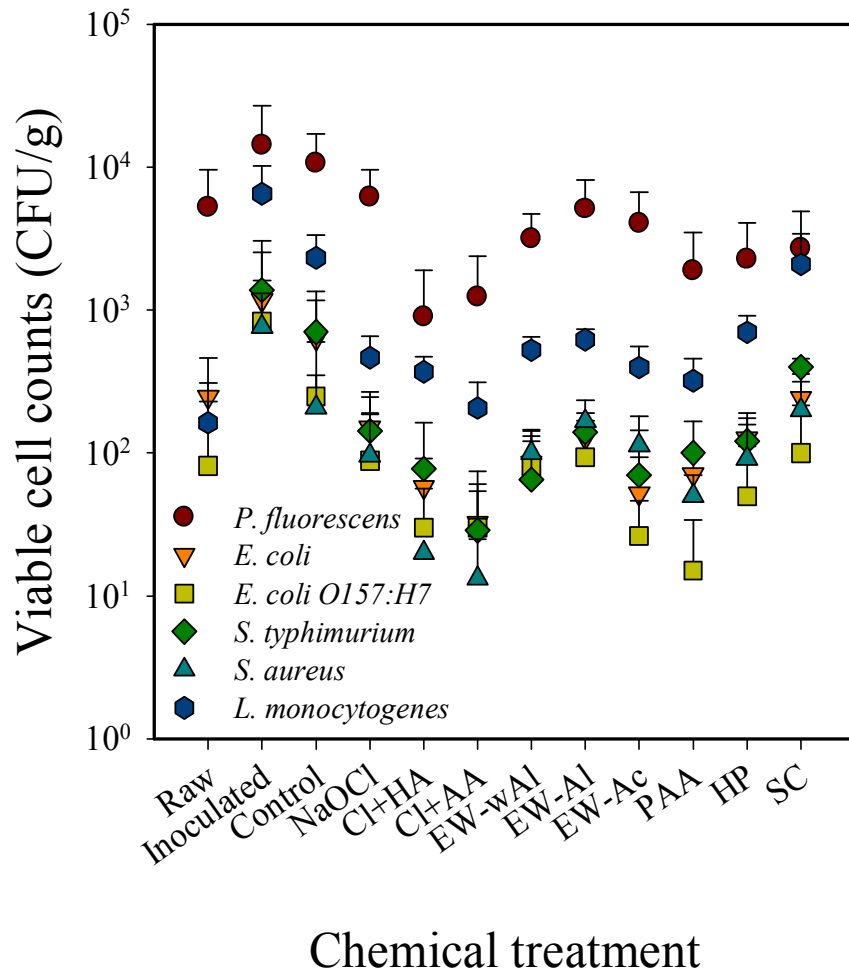


Fig. 32. Effects of some chemical treatments on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C.

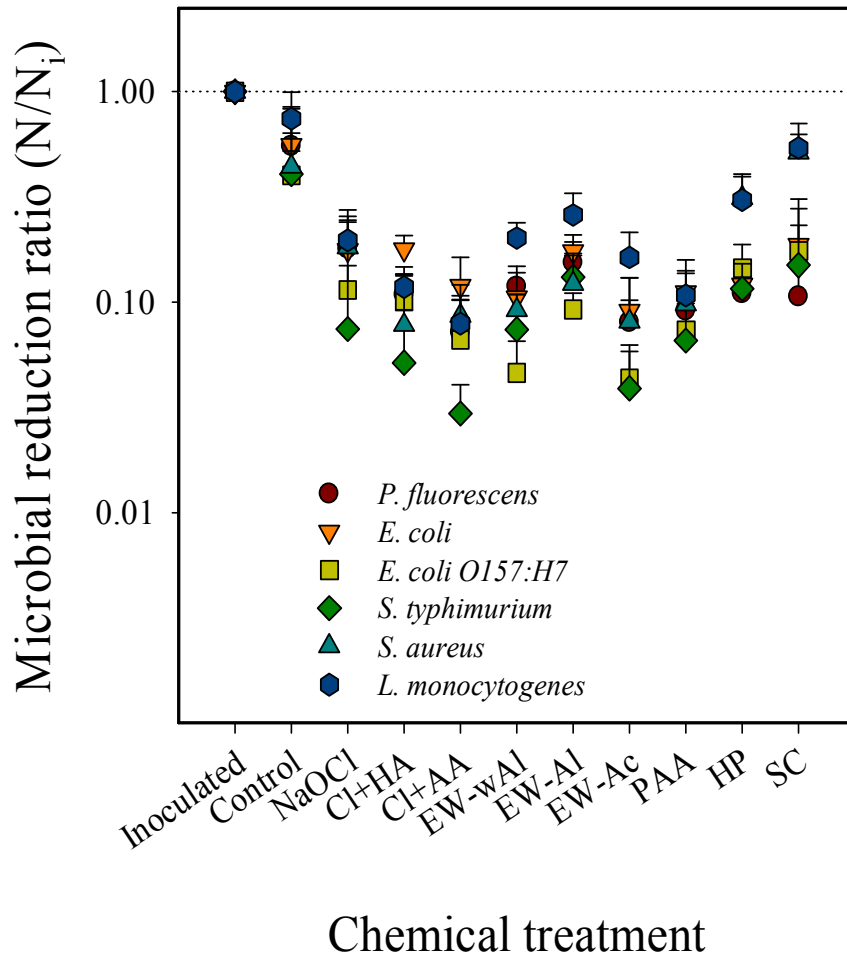


Fig. 33. Effects of some chemical treatments on microbial reduction ratio of the bacteria inoculated on shredded cabbage just after treatment.

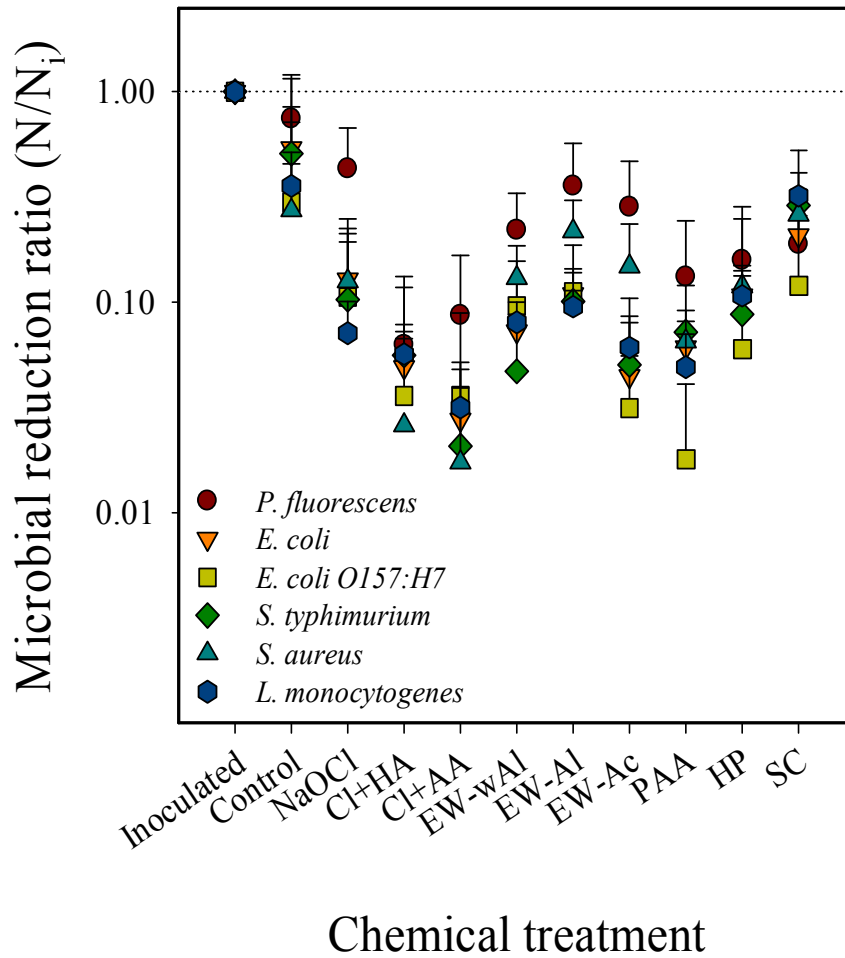


Fig. 34. Effects of some chemical treatments on microbial reduction ratio of the bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C.

Table 20. Initial population of spoilage and pathogenic microorganisms following various chemical treatments on shredded cabbage

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
0	Inoculated	4.0±0.2a	3.9±0.3a	3.8±0.1a	4.0±0.3a	3.8±0.1a	3.6±0.4a
	Control	3.8±0.3a	3.6±0.3ab	3.4±0.1b	3.6±0.6b	3.5±0.4b	3.5±0.5a
	NaOCl	3.3±0.4b	3.1±0.2b	2.9±0.3bc	2.8±0cd	3.1±0.5bc	2.9±0.6b
	Cl+HA	3.0±0.5bc	3.1±0.8b	2.9±0.4bc	2.7±0.1cd	2.7±0.1c	2.7±0.8bc
	Cl+AA	2.9±0.4c	3.0±0.5bc	2.7±0.2cd	2.4±0.4d	2.8±0.4c	2.5±0.5c
	EW-wAl	3.1±0.6bc	2.9±0.5c	2.5±0.4d	2.8±0.3cd	2.8±0.7c	2.9±0.7b
	EW-Al	3.2±0.6b	3.1±0.7b	2.8±0.7c	3.1±0.6c	2.9±0.4bc	3.1±0.6ab
	EW-Ac	2.9±0.2c	2.8±0.3c	2.5±0.5	2.6±0.3cd	2.7±0.5c	2.9±0.6b
	PAA	3.0±0.8bc	2.9±0.5c	2.7±0.3cd	2.8±0.3cd	2.8±0.2c	2.7±0.6bc
	HP	3.1±0.5bc	3.0±1.0bc	3.0±0.5bc	3.0±0.5c	3.3±0.6b	3.1±0.5ab
	SC	3.0±0.3bc	3.1±0.1b	3.1±0.2bc	3.1±0.2c	3.5±0.4b	3.4±0.8a
F value		72.1**	45.12**	16.23*	154.2**	24.56**	89.72***

Table 21. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following various chemical treatments 5°C for 10 days

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>	
10	Inoculated	4.2±0.1a	3.1±0.2a	2.9±0.1a	3.1±0.1a	2.9±0.1a	
	Control	4.0±0.2a	2.8±0.1ab	2.4±0.1b	2.8±0.1ab	2.3±0.1a	
	NaOCl	3.8±0.3b	2.2±0.2b	1.9±0.1c	2.2±0.1c	2.0±0.1a	
	Cl+HA	3.0±0.1c	1.8±0.3bc	1.5±0.1cd	1.9±0.1cd	1.3±0.1a	
	Cl+AA	3.1±0.1c	1.5±0.1c	1.5±0.1cd	1.5±0.1d	1.1±0.1a	
	EW-wAl	3.5±0.3bc	1.9±0.1bc	1.9±0.2c	1.8±0.1cd	2.0±0.1a	
	EW-Al	3.7±0.2b	2.1±0.5b	2.0±0.2c	2.1±0.4c	2.2±0.1a	
	EW-Ac	3.6±0.2b	1.7±0.1bc	1.4±0.1cd	1.8±0.1cd	2.1±0.1a	
	PAA	3.3±0.1c	1.9±0.5bc	1.2±0.1d	2.0±0.2c	1.7±0.1a	
	HP	3.4±0.1bc	2.1±0.4b	1.7±0.1c	2.1±0.5c	2.0±0.1a	
	SC	3.4±0.1bc	2.4±0.3b	2.0±0.1c	2.6±0.8b	2.3±0.1a	
	F value	56.85**	120.4**	45.7***	23±0.3d	19.5**	206.5***
					2.7±0.6c		
					2.8±0.7bc		
				2.6±0.4cd			
				2.5±0.4cd			
				2.8±0.5c			
				3.3±0.2b			
				60.5***			

Table 22. Sensory characteristics of shredded cabbage with various chemical treatments during storage

Storage time (day)	Dipping treatment <sup>2)</sup>	Discoloration	Wilting	Decay
5	Control	2.0cde	1.9abc	1.9b
	NaOCl	2.6cd	2.1abc	1.9b
	NaOCl+HA	1.7def	1.3bc	1.4b
	NaOCl+AA	2.7c	2.4ab	1.9b
	EW-wAl	1.1ef	1.6abc	1.1b
	EW-Al	1.0f	1.0c	1.0b
	EW-Ac	1.3ef	1.7abc	1.3b
	PAA	4.9a	2.7a	4.1a
	HP	3.7b	1.9abc	1.3b
	SC	1.9cdef	1.4bc	1.1b
10	Control	2.9bc	3.4ab	2.9bc
	NaOCl	2.6bc	2.8abc	2.0bc
	NaOCl+HA	2.3c	2.5bc	1.5c
	NaOCl+AA	3.5b	3.0abc	3.3ab
	EW-wAl	2.0c	2.3bc	1.9bc
	EW-Al	1.9c	2.1bc	1.5c
	EW-Ac	2.5bc	3.0abc	1.9bc
	PAA	5.5a	4.0a	4.5a
	HP	6.5a	3.5ab	4.6a
	SC	2.4bc	1.8c	1.6c
			7.3ab	
			7.8ab	
			7.5ab	
			5.8c	
			8.0ab	
			8.4a	
			7.1b	
			4.3d	
			3.8d	
			7.4ab	

### 3.2. 차아염소산나트륨 전처리 및 포장병용 처리

적정 전처리와 포장 병용처리 효과를 확인하기 위해, 차아염소산나트륨을 100 ppm 농도의 용액에 양배추 시료를 침지처리한 후 포장내부의 기체 환경조건을 다르게 조절한 상태에서 5°C에 저장하면서 미생물 생균수 및 관능적 특성 변화를 평가하였다. 두꺼운 PE 재질의 멸균 플라스틱 필름봉투 (whirl pak)에 양배추 시료를 넣고 상부를 말아서 철사핀으로 고정시킨 대조구와 두께가 얇은 투과성 PE필름에 상압 밀봉 포장한 PE 처리구의 경우 내용물의 호흡작용으로 초기 일반 공기조성에서 O<sub>2</sub> 농도는 각각 7% 내외, 12-13% 수준으로 감소하였고 O<sub>2</sub> 농도는 5%와 2% 수준으로 증가한 후 일정하게 유지되었다. 이에 반해 차단성 Ny/PE 필름에 상압 밀봉 포장한 Ny 처리구는 저장 중 O<sub>2</sub>는 지속적으로 감소하여 완전히 고갈되었고 CO<sub>2</sub>는 20%이상 계속 증가하였다. Ny/PE 필름에 고 O<sub>2</sub>/고 CO<sub>2</sub>를 충전한 MAP1 처리구에서는 O<sub>2</sub> 농도가 점차 감소하였고 CO<sub>2</sub> 농도는 계속 증가하였다. 또한 저 O<sub>2</sub>/고 CO<sub>2</sub>를 충전한 MAP2 처리구에서는 Ny 처리구와 마찬가지로 O<sub>2</sub> 농도가 저하되어 저장 초기에 완전히 소멸되었고 CO<sub>2</sub> 농도는 MAP1과 Ny보다 낮지만 무산소 호흡으로 계속 증가하는 양상을 나타내었다(Fig. 35).

양배추 시료의 미생물 균종별 초기 접종량은  $1.5 \times 10^3 - 1.1 \times 10^4$  CFU/g 수준으로 *S. aureus*가 다소 낮은 편이나 비교적 균일한 분포를 나타내었다. 이러한 시료를 100 ppm 차아염소산나트륨 용액으로 전처리했을 때, *E. coli* O157:H7이 약 55%로 가장 적은, *S. Typhimurium*이 약 90%로 가장 많은 생균수 감소를 나타내었다(Fig. 36). 양배추 시료의 저장 중 미생물 변화를 살펴본 결과, 전반적으로 염소수 전처리를 하지 않은 대조구가 저장 5일까지 가장 높은 생균수 수준을 유지하였으며, 균종별로는 *S. aureus*와 *S. Typhimurium*이 초기에 비해 낮게 유지되었고 *L. monocytogenes* 균주가

높게 유지되었다. 또한 이러한 미생물 분포는 저장 10일 후 더욱 명백하게 구분되어 균종에 따른 저항성 및 증식능력 차이가 확인되었다(Fig. 37-38, Table 23 & 24).

포장 처리구별로는 PE와 MAP1에서 상대적으로 낮은 생균수 및 변화율(초기값에 대한 비율)을 나타내어 저장 중 미생물 억제효과가 인정되었으나, Ny와 MAP에서는 대조구와 비교하여 유의적인 미생물 억제를 발견할 수 없었고, MVP에서는 미생물 증식이 촉진되거나 그대로 유지되는 경향을 나타내었다(Fig. 39-50). 이러한 양상은 초기 균체량이  $10^3$  CFU/g미만인 *S. Typhimurium*, *S. aureus*나  $10^3$  CFU/g이상인 다른 균주들에서 모두 동일하게 발견되었다. 특히 병원균인 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*는 미생물 생육을 억제하는 고농도 CO<sub>2</sub>의 영향을 거의 받지 않았으며, 오히려 O<sub>2</sub>분압이 낮게 유지되는 조건(MVP)에서 저장 5일 후 유의적으로 생균수가 증가하였다.

한편 저온저장 중 변색, 시름, 부패, 외관품질 등의 항목으로 관능검사를 실시한 결과, 투과성 필름재질을 사용한 PE 처리구는 모든 평가항목에서 열악하게 나타났으며, 차단성Ny/PE 재질을 사용한 Ny 처리구도 대조구에 비해 열등한 평점을 얻어 관능적인 측면에서 품질유지에 불리하였다. 그러나 동일한 차단성 필름을 사용하더라도 MAP 처리구에서는 대조구에 비해 우수한 품질을 유지할 수 있었으며, 특별히 MVP 처리구에서는 저장 초기와 거의 같은 수준의 관능적 품질을 갖는 것으로 평가되어 다른 양배추 시료와 확연하게 구분되었다(Table. 25, Fig. 51).

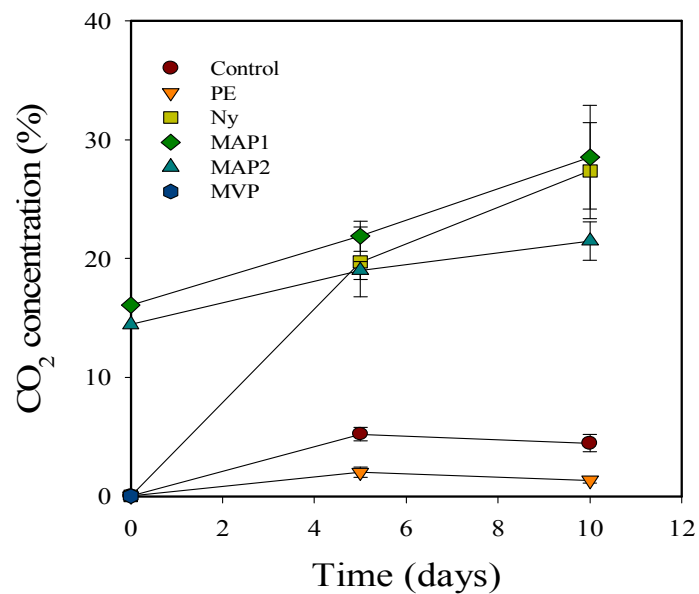
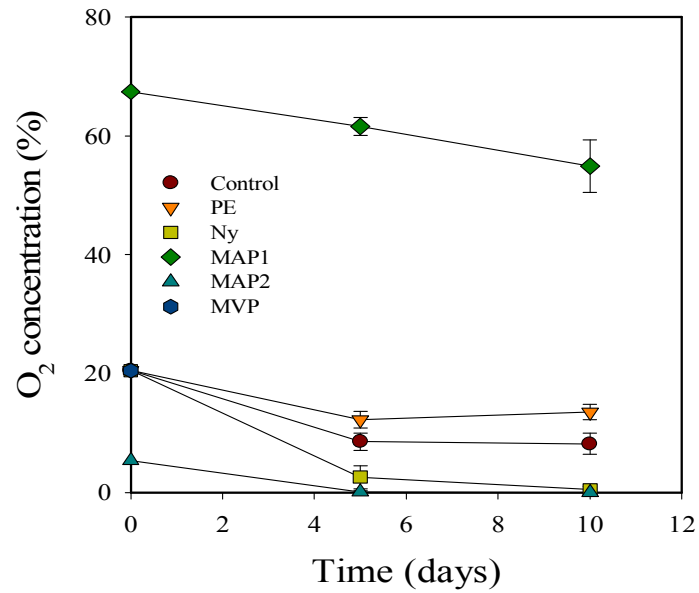


Fig. 35. Changes in gas composition within the packages of shredded cabbage inoculated with selected bacteria and treated with hypochlorite solution dipping during storage at 5°C. Upper: O<sub>2</sub> concentration, lower: CO<sub>2</sub> concentration.

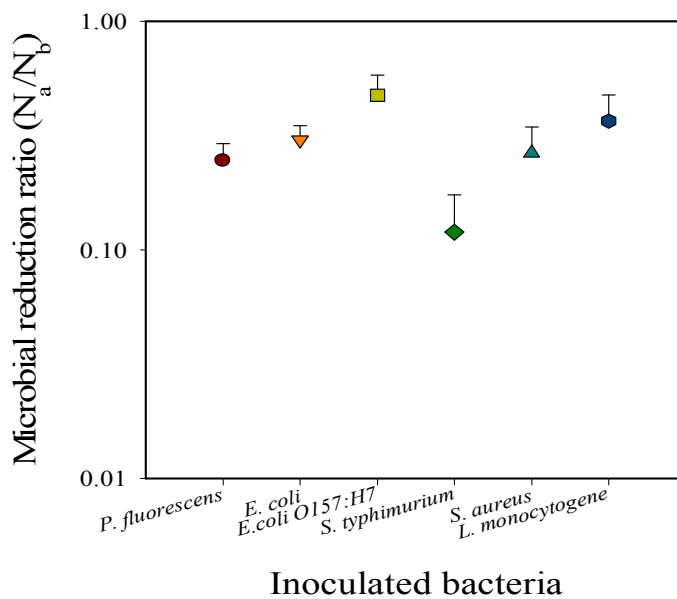
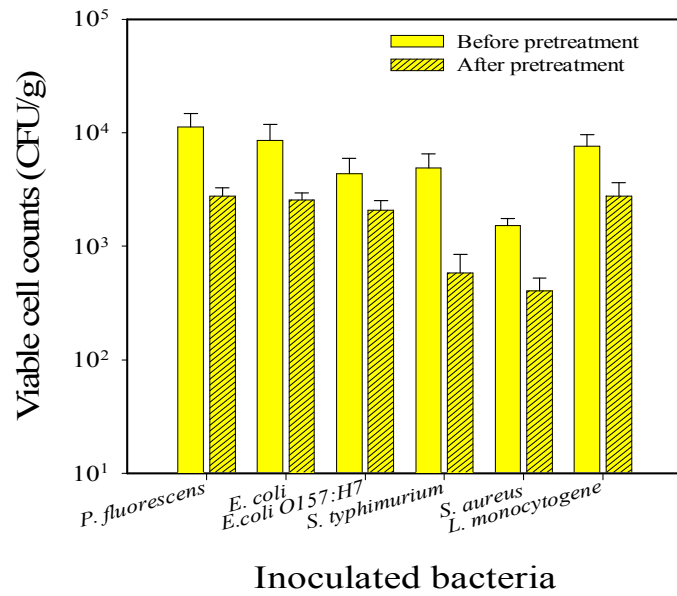


Fig. 36. Initial viable cell counts and microbial reduction ratio of selected bacteria inoculated on shredded cabbage by hypochlorite solution dipping prior to various packaging treatments. Upper: viable cell count, lower: microbial reduction ratio.

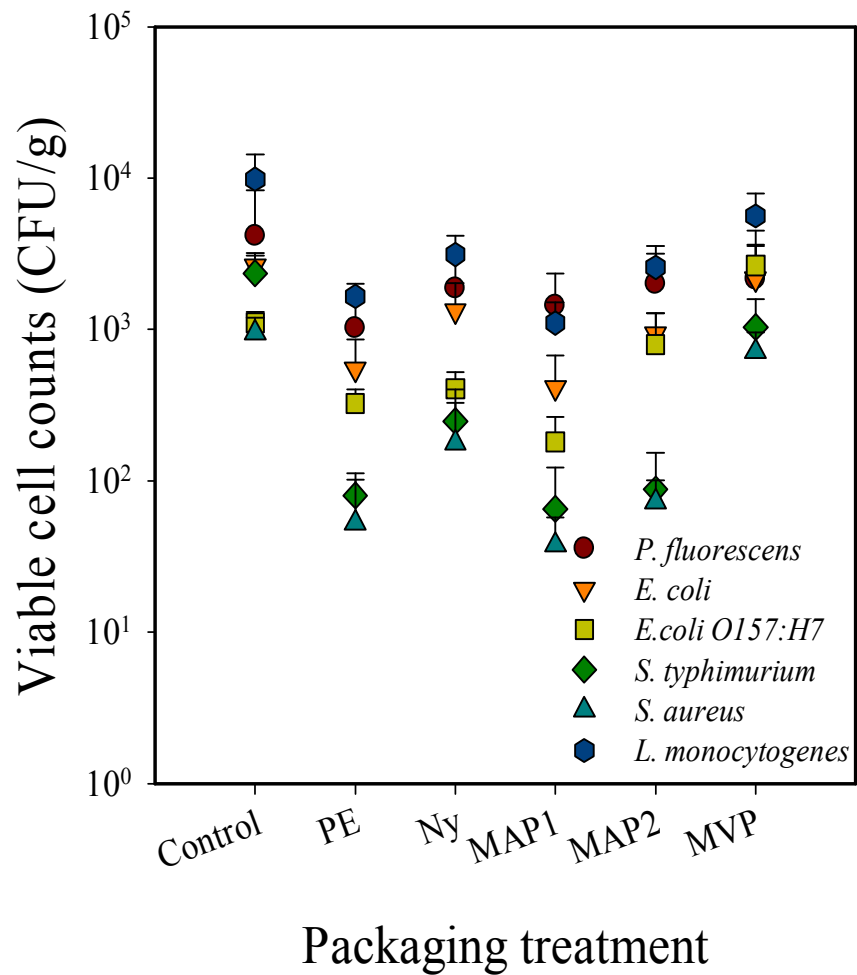


Fig. 37. Combination effects of hypochlorite solution dipping and various packaging treatments on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage just after 5 days storage at 5°C.

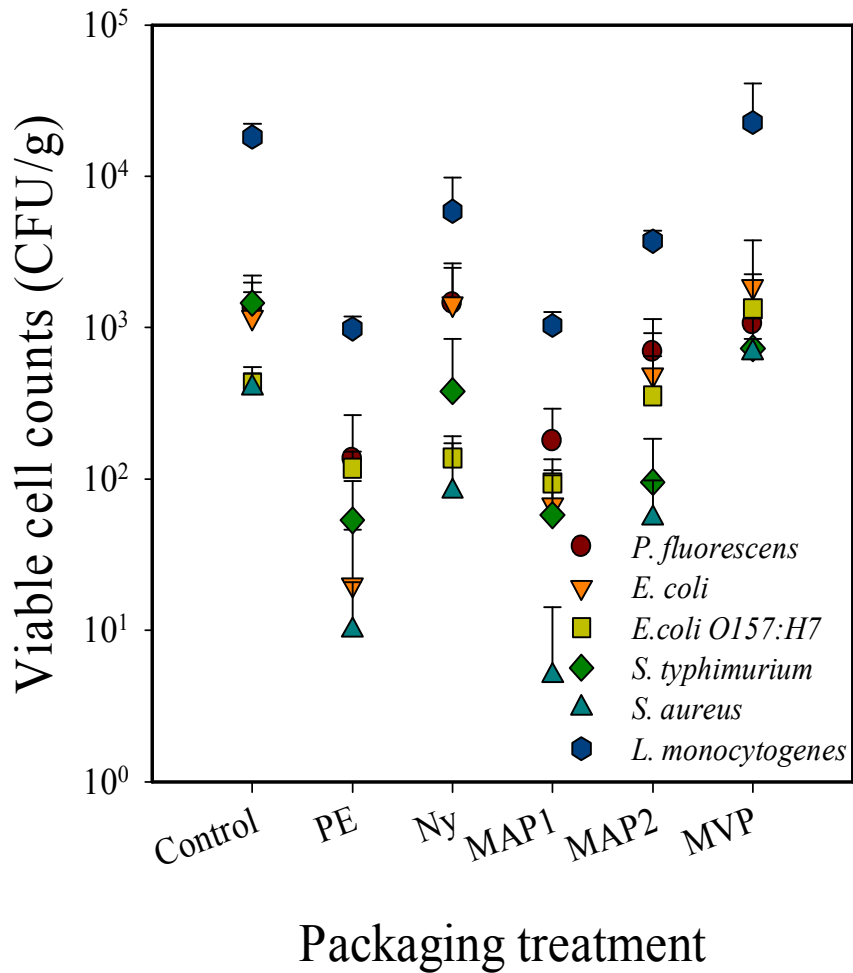


Fig. 38. Combination effects of hypochlorite solution dipping and various packaging treatments on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 10 days storage at 5°C.

Table 23. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following 100 ppm sodium hypochlorite dipping and MAP treatments on shredded cabbage stored at 5°C for 5 days

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
5	Control	3.6±0a	3.4±0.6a	3.0±0.7b	3.4±0.5a	3.0±0.6a	4.0±0.3a
	PE	3.0±0.2c	2.7±0.2b	2.5±0.6bc	1.9±0.4d	1.7±0c	3.2±0.7bc
	Ny	3.3±0.2b	3.1±0.3ab	2.6±0.5bc	2.4±0.2c	2.2±0bc	3.5±0.5b
	MAP1	3.2±0.2b	2.6±0.2b	2.3±0.4c	1.8±0d	1.6±0.3c	3.0±0.4c
	MAP2	3.3±0.2b	3.0±0.5ab	2.9±0.2b	1.9±0.1d	1.9±0.5c	3.4±0.4b
	MVP	3.3±0.1b	3.3±0.2a	3.4±0.1a	3.0±0.3b	2.9±0.5b	3.7±0.3ab
F value		3.88**	43.78**	5.64***	57.91**	43.13**	12.06***

Means with different superscripts are significantly different ( $p \leq 0.05$ )

Table 24. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following 100 ppm sodium hypochlorite on shredded cabbage stored at 5°C for 10 days

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium and MAP treatments	<i>Staphylococcus aureus</i>
10	Control	3.1±0.3a	3.1±0.4a	2.6±0.5b	3.2±0.3a	2.6±0.3a
	PE	2.1±0c	1.3±0.1c	2.1±0.6c	1.7±0.1d	1.0±0.1c
	Ny	3.2±0.2a	3.2±0.1a	2.1±0.4c	<i>Listeria monocytogenes</i> 2.6±0.1b	1.9±0.1c
	MAP1	2.2±0.1c	1.8±0.1c	2.0±0.4c	1.8±0.1d	0.7±0.1c
	MAP2	2.8±0.1b	2.7±0.1b	2.5±0b	4.3±0.7a	2.0±0.1c
	MVP	3.0±0.3a	3.3±0a	3.1±0.1a	3.0±0.7c	2.9±0.3a
	F value	11.27**	30.43*	22.14*	101.00**	62.99**
Means with different superscripts are significantly different ( $p \leq 0.05$ )					3.8±0.2b	
					3.0±0.6c	
					3.6±0.8b	
					4.4±0.1a	
					65.18***	

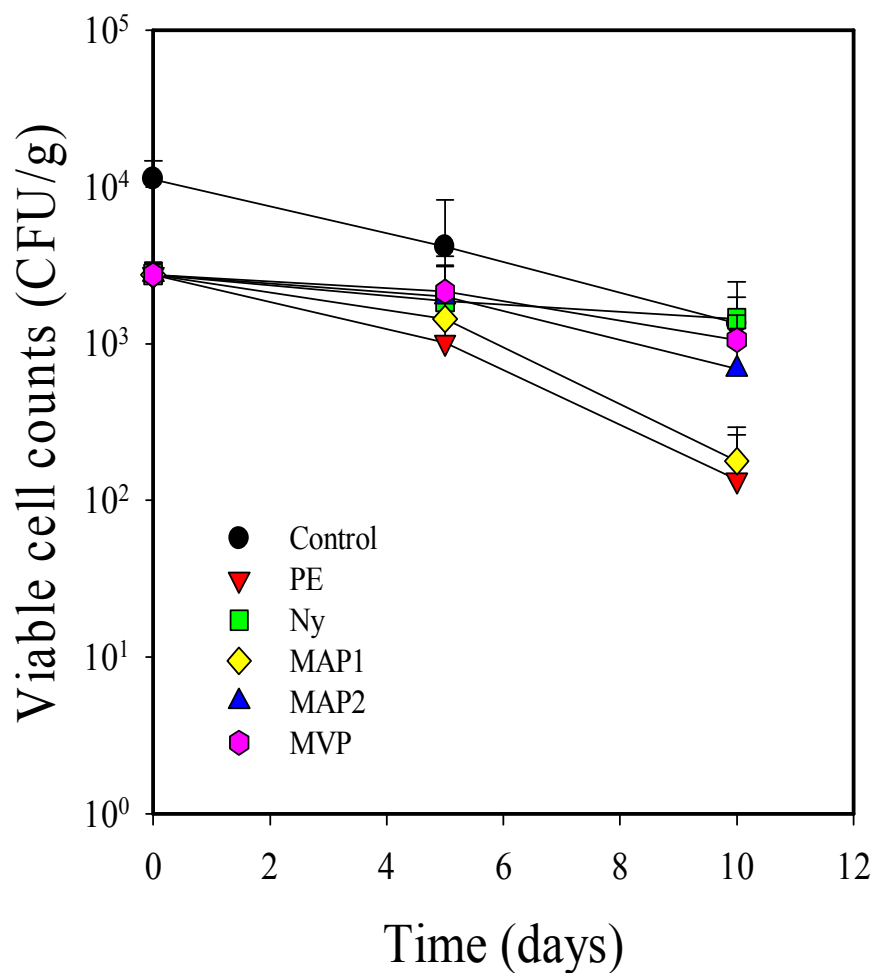


Fig. 39. Changes in *P. fluorescens* cell counts of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

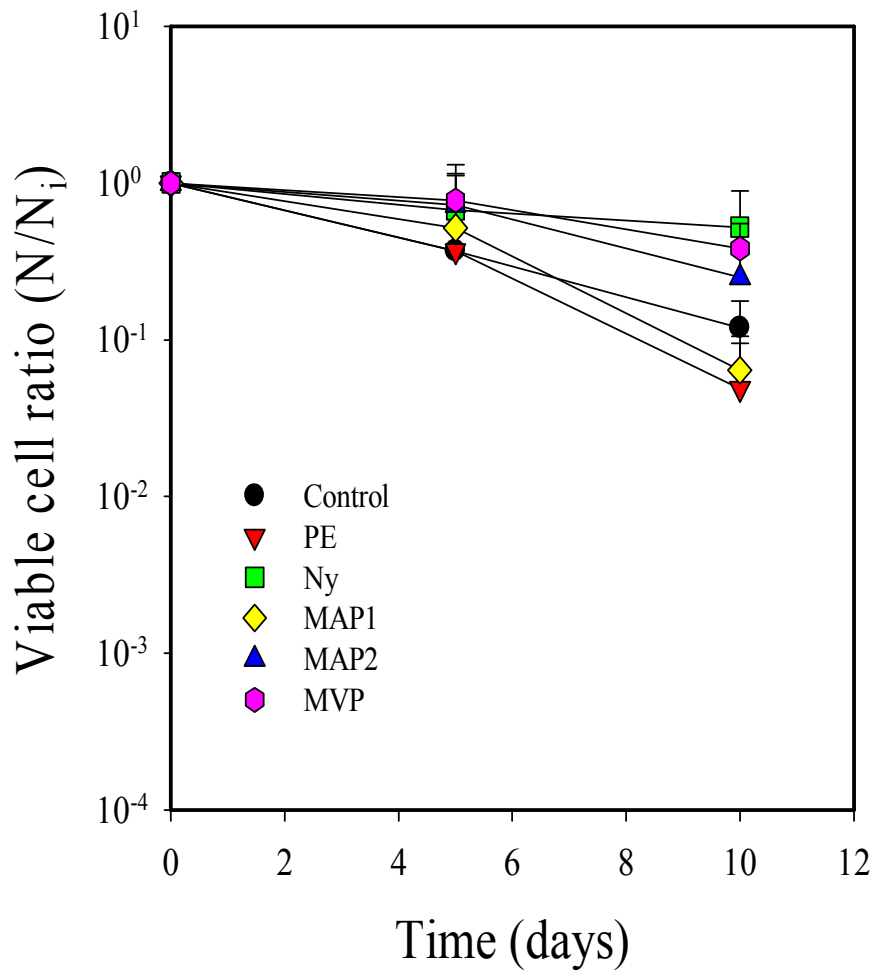


Fig. 40. Changes in *P. fluorescens* cell ratio of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

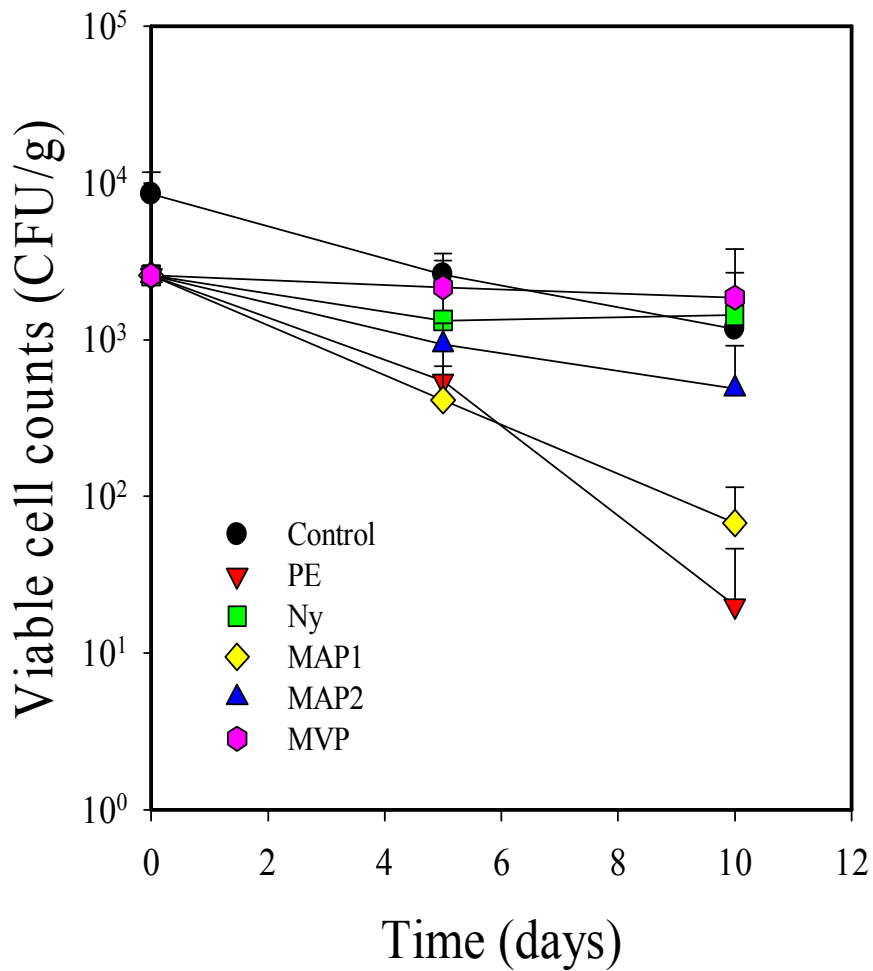


Fig. 41. Changes in *E. coli* cell counts of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

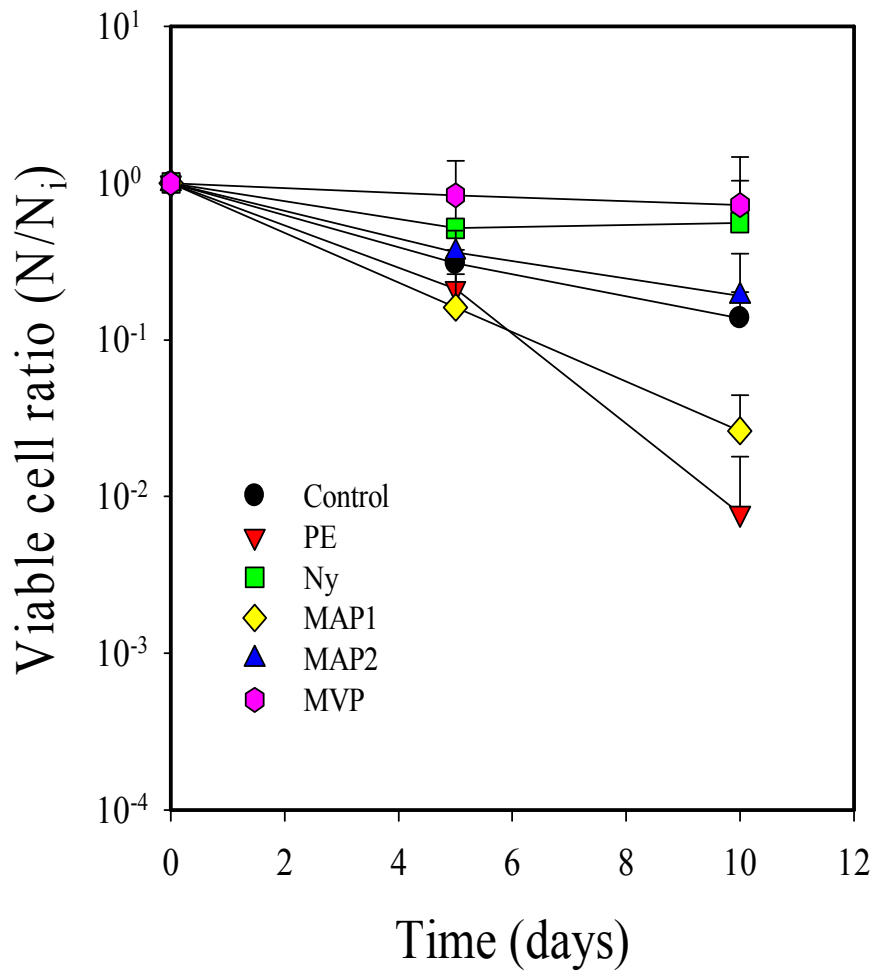


Fig. 42. Changes in *E. coli* cell ratio of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

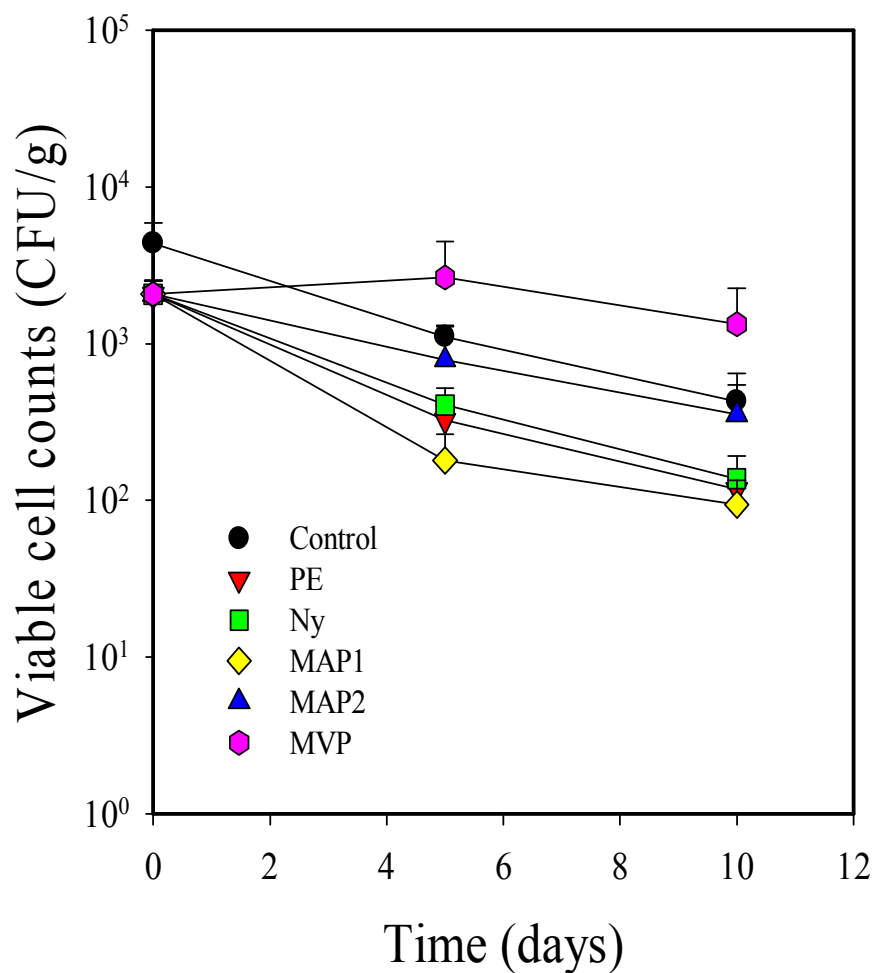


Fig. 43. Changes in *E. coli* O157:H7 cell counts of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

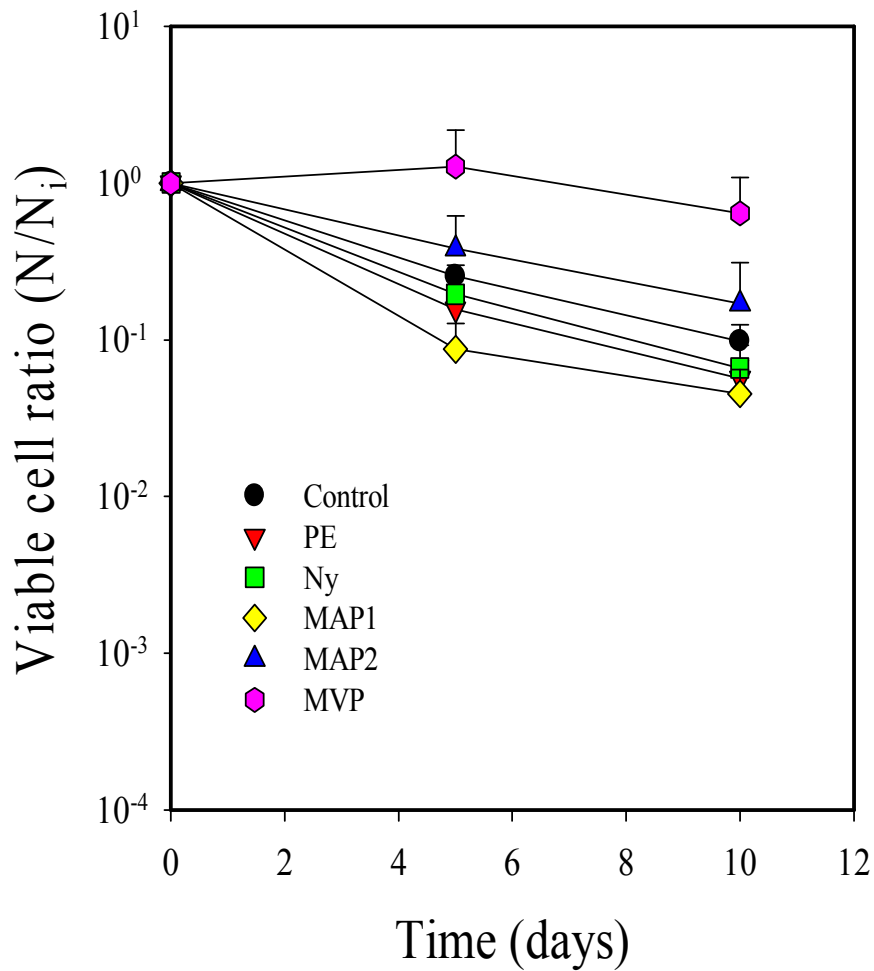


Fig. 44. Changes in *E. coli* O157:H7 cell ratio of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

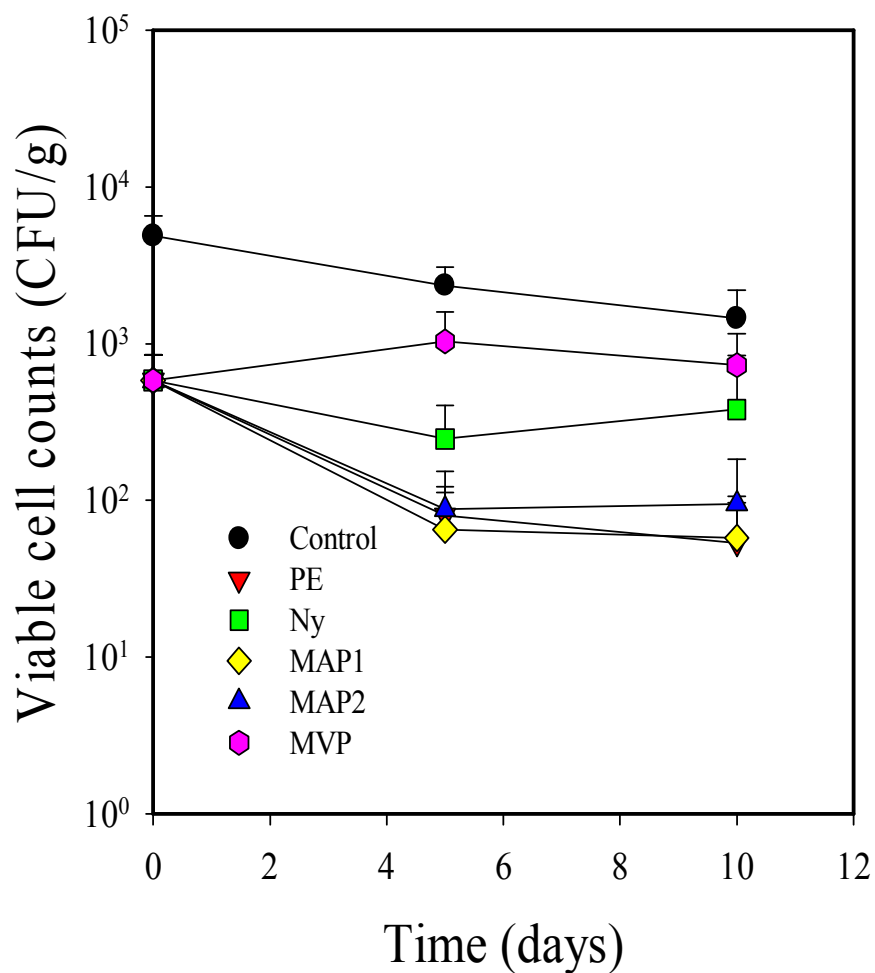


Fig. 45. Changes in *S. Typhimurium* cell counts of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

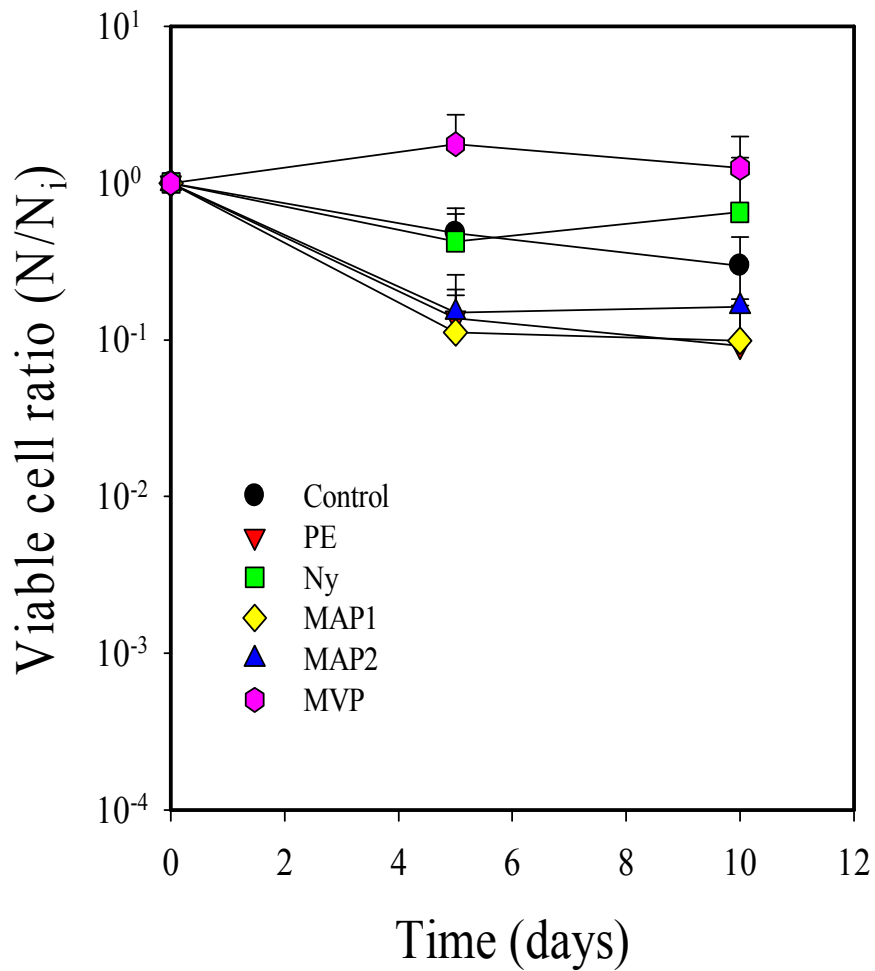


Fig. 46. Changes in *S. Typhimurium* cell ratio of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

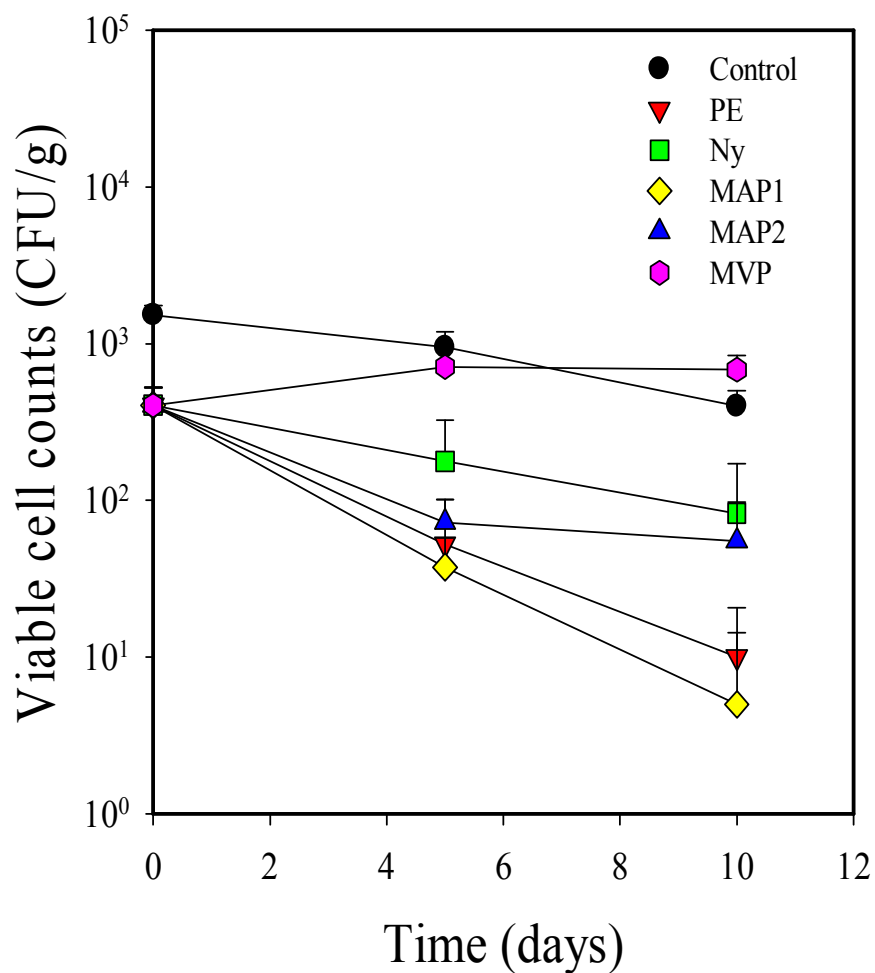


Fig. 47. Changes in *S. aureus* cell counts of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

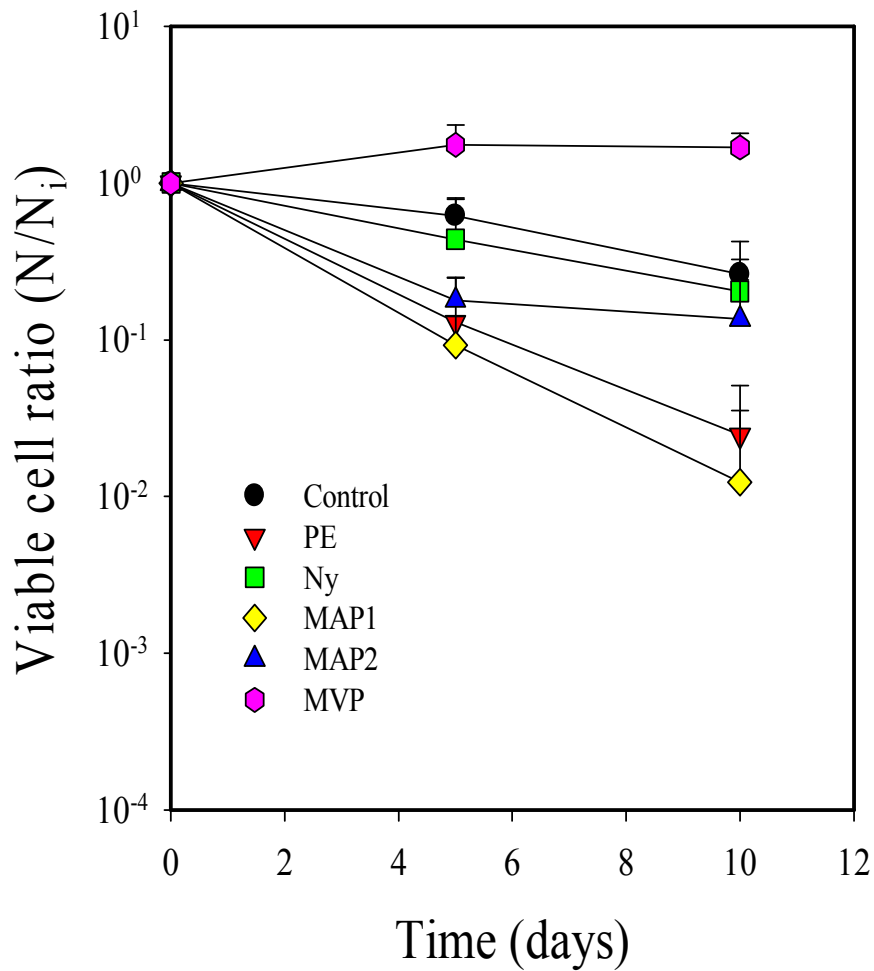


Fig. 48. Changes in *S. aureus* cell ratio of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

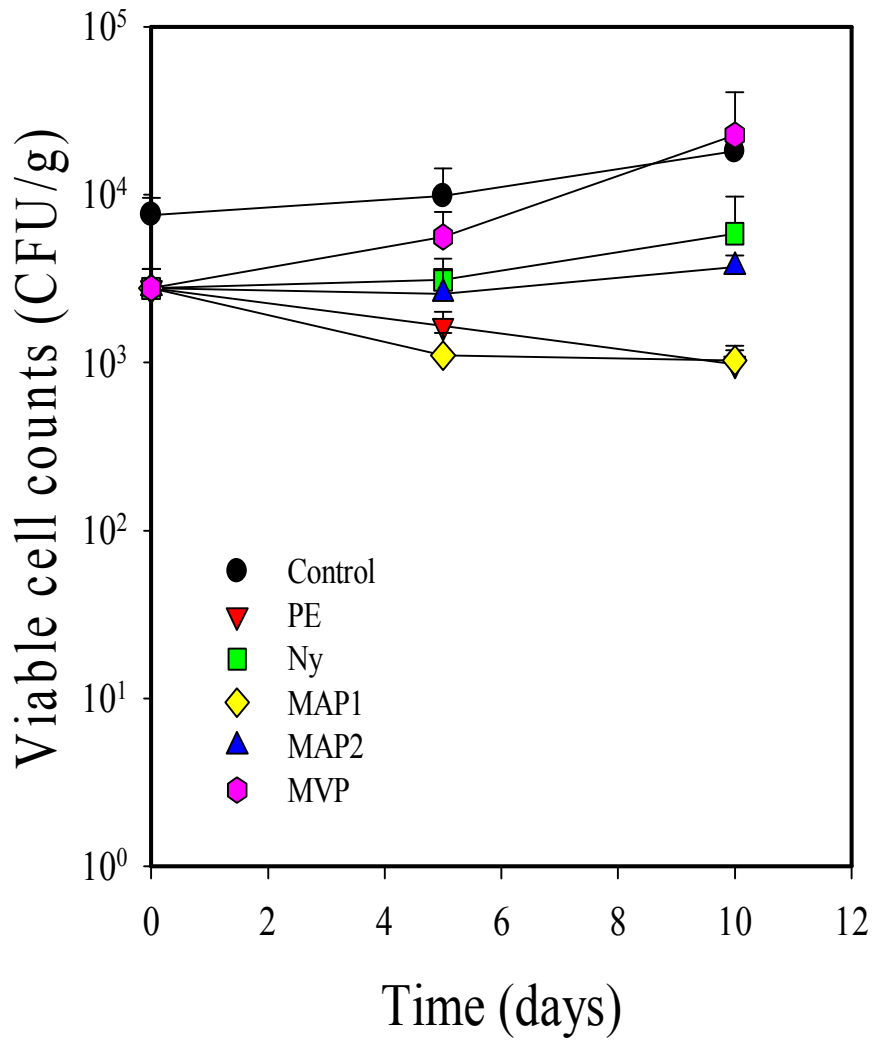


Fig. 49. Changes in *L. monocytogenes* cell counts of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

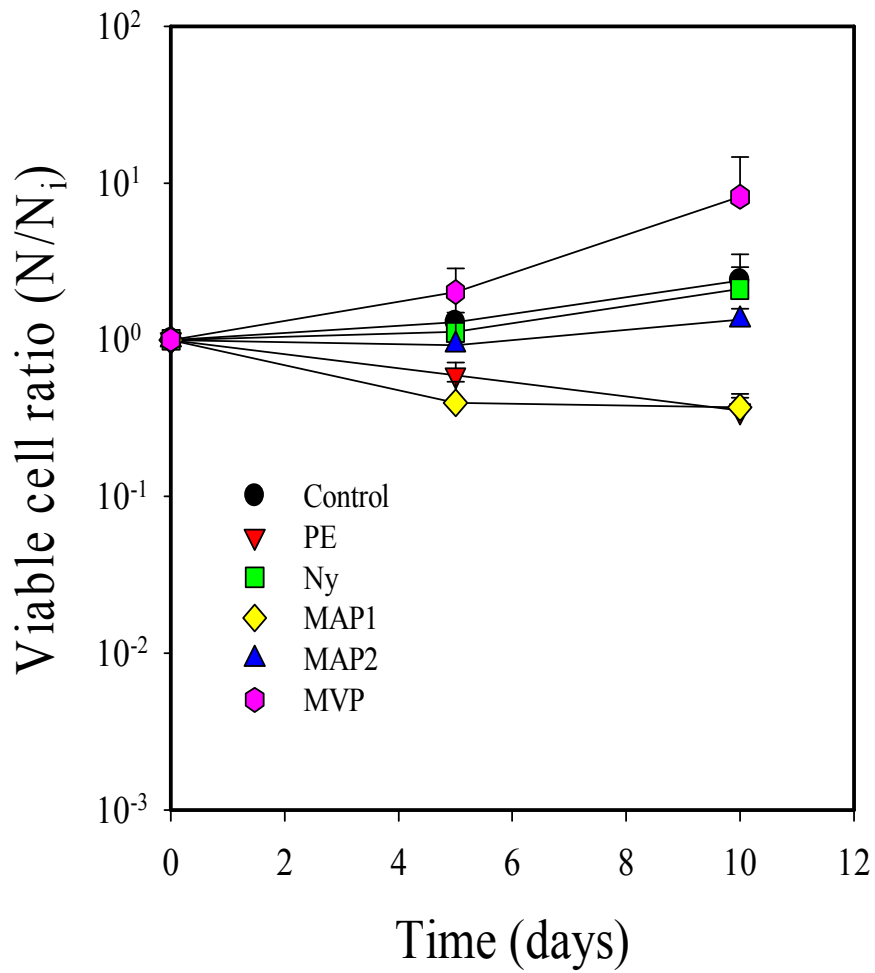


Fig. 50. Changes in *L. monocytogenes* cell ratio of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

Table 25. Sensory characteristics<sup>1)</sup> of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C for 10 days

Storage time (day)	Packaging treatment <sup>2)</sup>	Discoloration	Wilting	Decay	Visual quality
5	Control	2.6b	1.4b	2.2b	6.6b
	PE	5.4a	4.4a	4.0a	4.4c
	Ny	4.4ab	2.6ab	4.2a	4.6c
	MAP1	2.6b	1.2b	1.4b	8.0a
	MAP2	2.4b	1.2b	1.8b	7.4ab
	MVP	1.6b	1.2b	1.2b	8.6a
10	Control	4.2b	2.0b	3.4bc	5.2c
	PE	6.4a	4.6a	5.8a	3.0d
	Ny	4.8b	2.6b	4.2ab	4.6c
	MAP1	2.6c	1.6b	2.2cd	7.0b
	MAP2	2.6c	1.8b	2.0cd	7.4ab
	MVP	1.6c	1.6b	1.2d	8.4a



Fig. 51. Appearance of shredded cabbage with hypochlorite solution dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. Upper: after 5 days storage, lower: after 10 days storage.

### 3.3. 약알칼리성 전해수 전처리 및 포장병용 처리

적정 전처리와 포장 병용처리 효과를 확인하기 위해, 점차 신선편이 채소 제품에 미생물 저감화 전처리 방법으로 활용도가 높아지고 있는 약알칼리성 전해수 용액에 양배추 시료를 침지처리한 후 포장내부의 기체 환경조건을 다르게 조절한 상태에서 5℃에 저장하면서 미생물 생균수 및 관능적 특성 변화를 평가하였다.

먼저 포장내부의 기체조성을 살펴본 결과, 이전 염소수 적용연구에서와 마찬가지로 상압포장(PE, Ny) 및 MAP에서 O<sub>2</sub>는 감소하고 CO<sub>2</sub>는 증가하였으며, MVP는 저장 중 진공유지로 인해 측정 불가하였다(Fig. 52). 상업용 시료채취 봉투를 사용한 대조구와 PE처리구의 경우 내용물의 호흡작용으로 초기 일반공기 조성에서 O<sub>2</sub> 농도는 각각 7% 내외, 11-13% 수준으로 감소하였고 CO<sub>2</sub> 농도는 5%와 2% 수준으로 증가한 후 일정하게 유지되었다. 이에 반해 Ny 처리구는 저장 중 O<sub>2</sub>가 지속적으로 감소하여 완전히 고갈되었고 CO<sub>2</sub>는 20% 이상 계속 증가하였다. MAP1 처리구에서는 O<sub>2</sub> 농도가 초기 67%에서 저장 10일 후 55%로 선형 감소하였고 CO<sub>2</sub> 농도는 초기 16%부터 선형적으로 증가하여 약 28%에 도달하였다. 또한 MAP2 처리구에서는 Ny 처리구와 마찬가지로 O<sub>2</sub> 농도가 저하되어 저장 초기에 완전히 소멸되었으며 CO<sub>2</sub> 농도는 MAP1과 Ny 처리구보다 낮지만 무산소 호흡으로 계속 증가하는 양상을 나타내었다.

양배추 시료의 미생물 균종별 초기 접종량은  $2.8 \times 10^3$ - $1.5 \times 10^4$  CFU/g 수준으로 *S. aureus*가 다소 높고 *E. coli* O157:H7이 낮은 편이나 비교적 균일한 분포를 나타내었다. 이러한 시료를 약알칼리성 전해수로 전처리했을 때, 시험 균종에 관계없이 약 70-80%의 초기 생균수 감소를 나타내었다(Fig. 53). 양배추 시료의 저장 중 미생물 변화를 살펴본 결과, 전반적으로 전해수 전처리를 하지 않은 대조구가 저장 5일까지 가장 높은 생균수 수준을 유지하

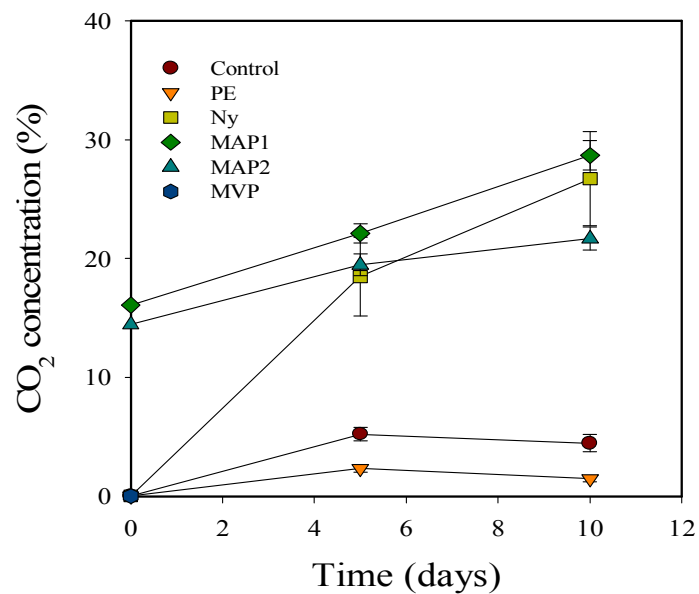
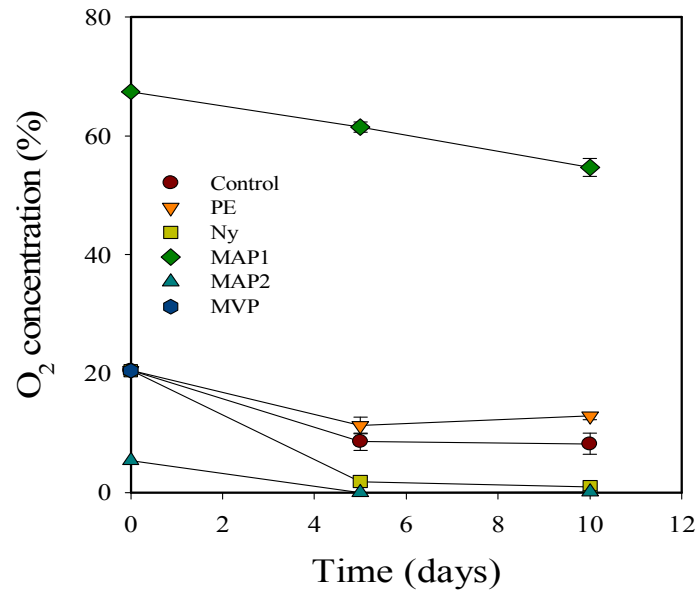


Fig. 52. Changes in gas composition within the packages of shredded cabbage inoculated with selected bacteria and treated with electrolyzed alkaline water dipping during storage at 5°C. Upper: O<sub>2</sub> concentration, lower: CO<sub>2</sub> concentration.

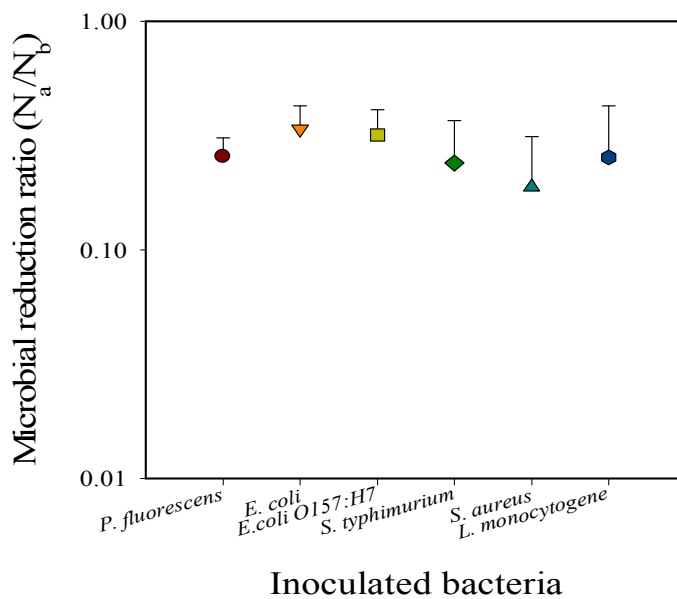
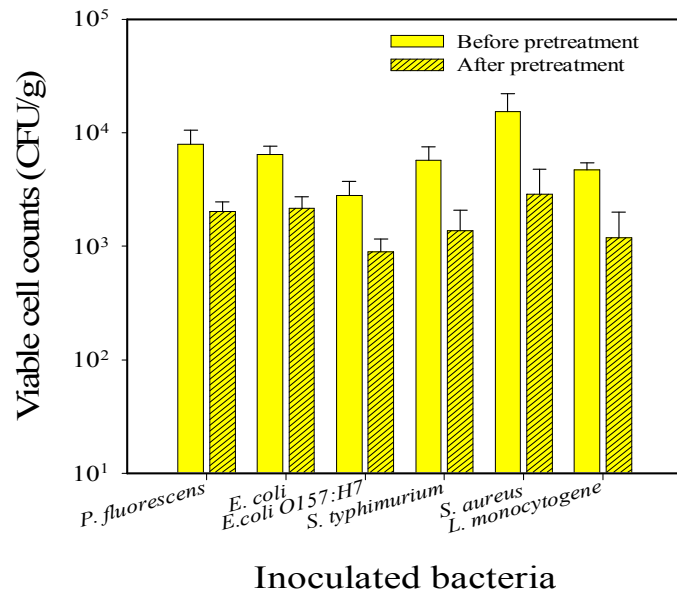


Fig. 53. Initial viable cell counts and microbial reduction ratio of selected bacteria inoculated on shredded cabbage by electrolyzed alkaline water dipping prior to various packaging treatments. Upper: viable cell count, lower: microbial reduction ratio.

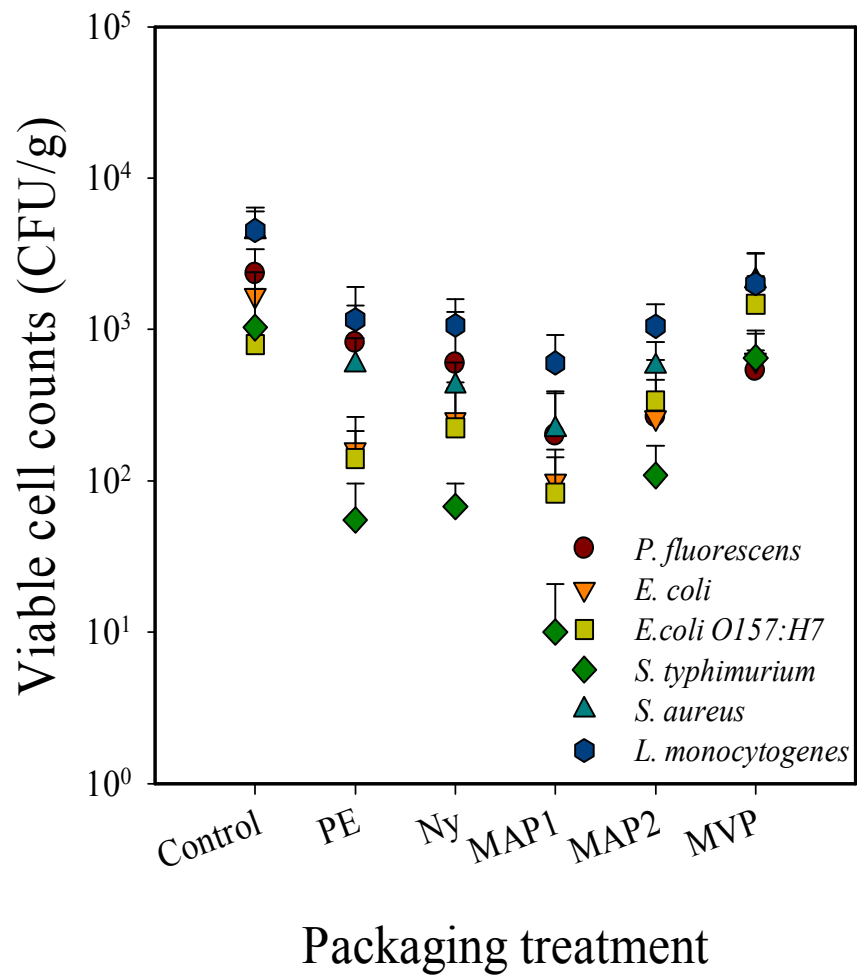


Fig. 54. Combination effects of electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage after 5 days storage at 5°C.

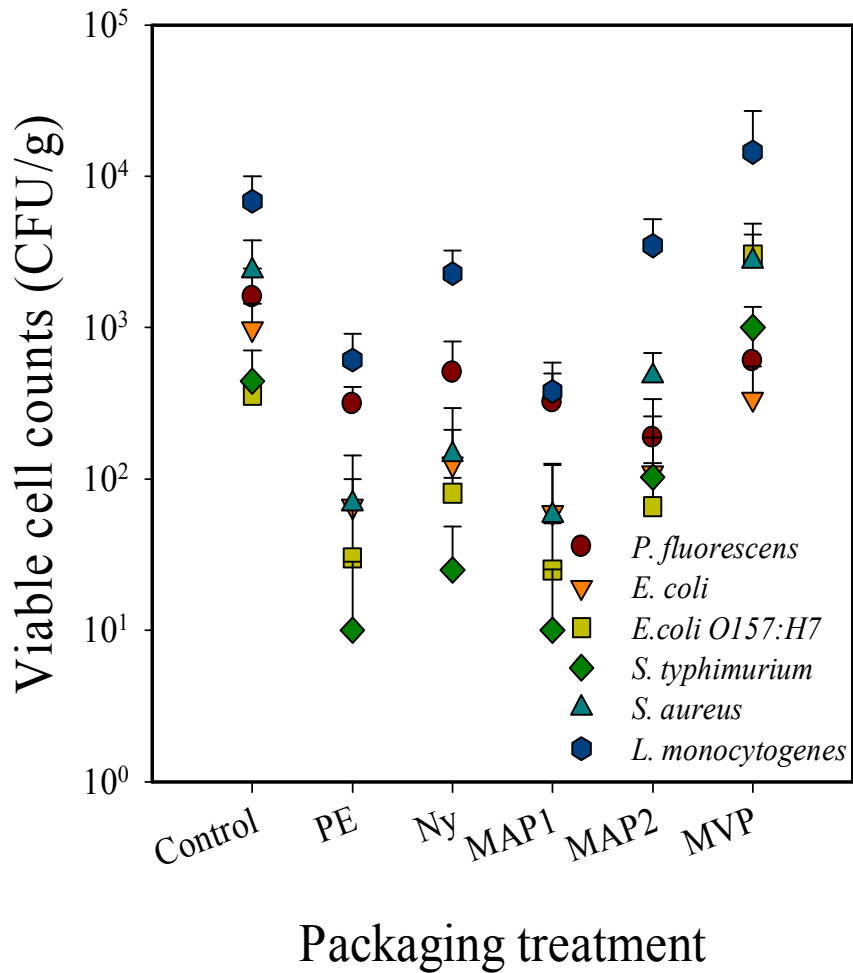


Fig. 55. Combination effects of electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments on spoilage and pathogen bacteria inoculated on shredded cabbage. after 10 days storage at 5°C.

Table 26. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following weak electrolyzed alkaline water dipping and MAP treatments on shredded cabbage stored at 5°C for 5 days

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
5	Control	3.4±0.4a	3.2±0.3a	2.9±0.5ab	3.0±0.1a	3.6±0.3a	3.7±0.5a
	PE	2.9±0.1b	2.2±0.2cd	2.1±0.2c	1.7±0.1c	2.8±0.3b	3.1±0.2bc
	Ny	2.8±0b	2.4±0.1c	2.3±0bc	1.8±0.4c	2.6±0.3bc	3.0±0.3bc
	MAP1	2.3±0c	2.0±0.2d	1.9±0.1d	1.0±0d	2.3±0.1c	2.8±0.3c
	MAP2	2.4±0.1c	2.4±0.3c	2.5±0b	2.0±0.2c	2.8±0.4b	3.0±0.4bc
	MVP	2.7±0.4b	2.8±0.3bc	3.2±0.3a	2.8±0.3b	3.3±0.3ab	3.3±0.2b
F value		7.67**	12.32***	16.44***	102.85**	177.87**	8.80***

Means with different superscripts are significantly different ( $p \leq 0.05$ )

Table 27. Population of spoilage and pathogenic microorganisms following weak electrolyzed alkali treatments on shredded cabbage stored at 5°C for 10 days

Storage time (day)	Treatment	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium er dipping and MAP	<i>Staphylococcus aureus</i>	
10	Control	3.2±0.3a	3.0±0.3a	2.6±0.7b	2.6±0.2b	3.4±0.2b	
	PE	2.5±0.5b	1.8±0.3d	1.5±0.1d	1.0±0.3d	1.8±0.1d	
	Ny	2.7±0.2ab	2.1±0.2c	1.9±0.6c	<i>Listeria monocytogenes</i> 1.4±0d	2.3±0.1c	
	MAP1	2.5±0.2b	1.8±0d	1.4±0d	1.0±0.2d	1.8±0.1d	
	MAP2	2.3±0.1c	2.0±0.1c	1.8±0c	3.8±0.3b	2.0±0.2c	2.7±0.1c
	MVP	2.8±0.1ab	2.5±0.2b	3.5±0.2a	2.8±0.3c	3.0±0.4a	3.4±0.2b
	F value	9.00**	17.51**	20.59**	36.67**	3.4±0.4bc	100.00***
Means with different superscripts are significantly different ( $p \leq 0.05$ )					2.6±0.3c		
					3.5±0.3bc		
					4.2±0.1a		
					31.62***		

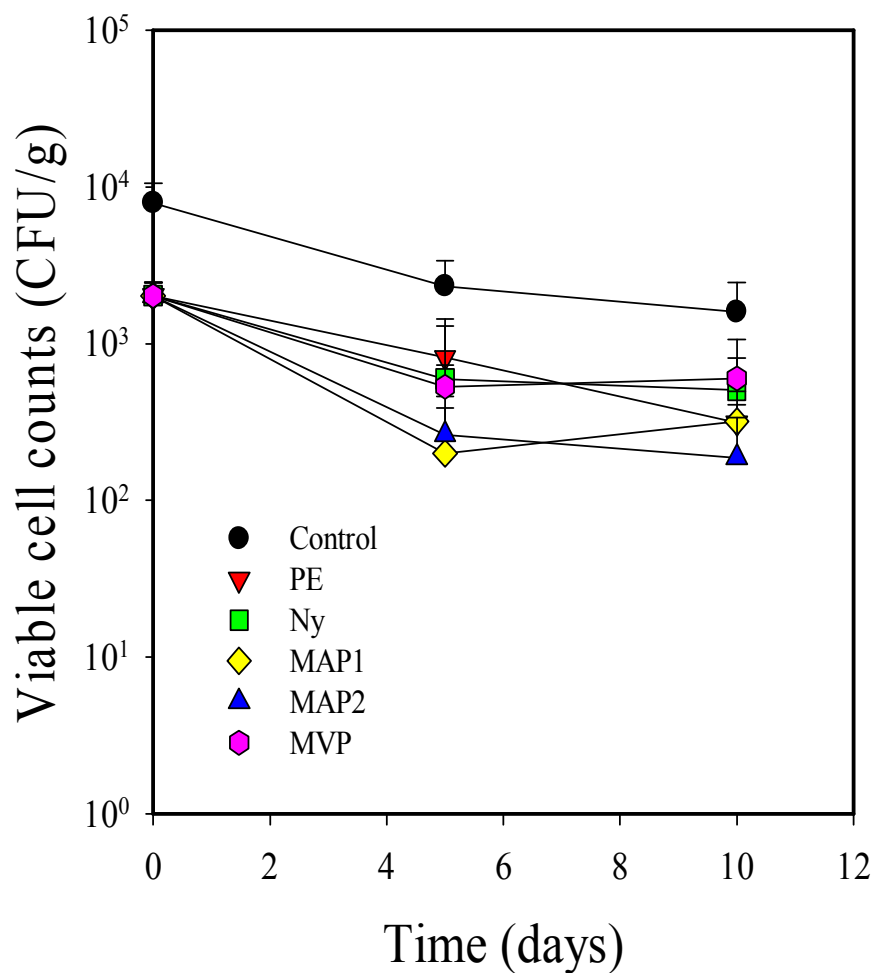


Fig. 56. Changes in *P. fluorescens* cell counts of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

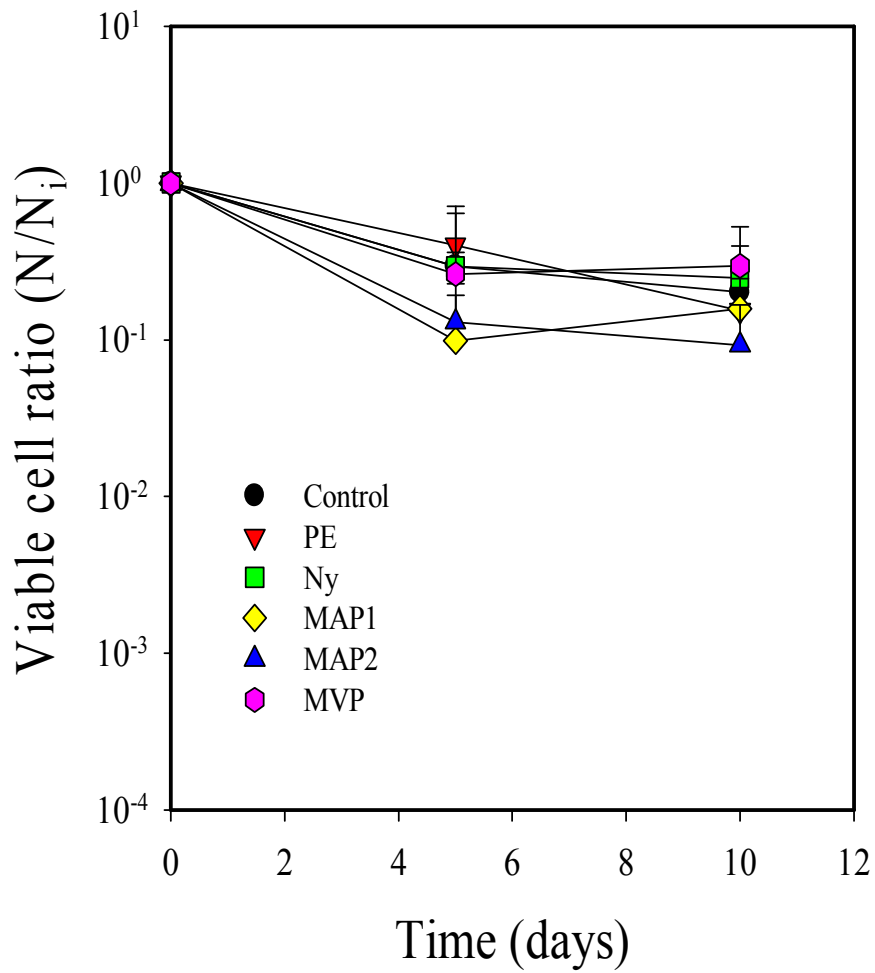


Fig. 57. Changes in *P. fluorescens* cell ratio of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

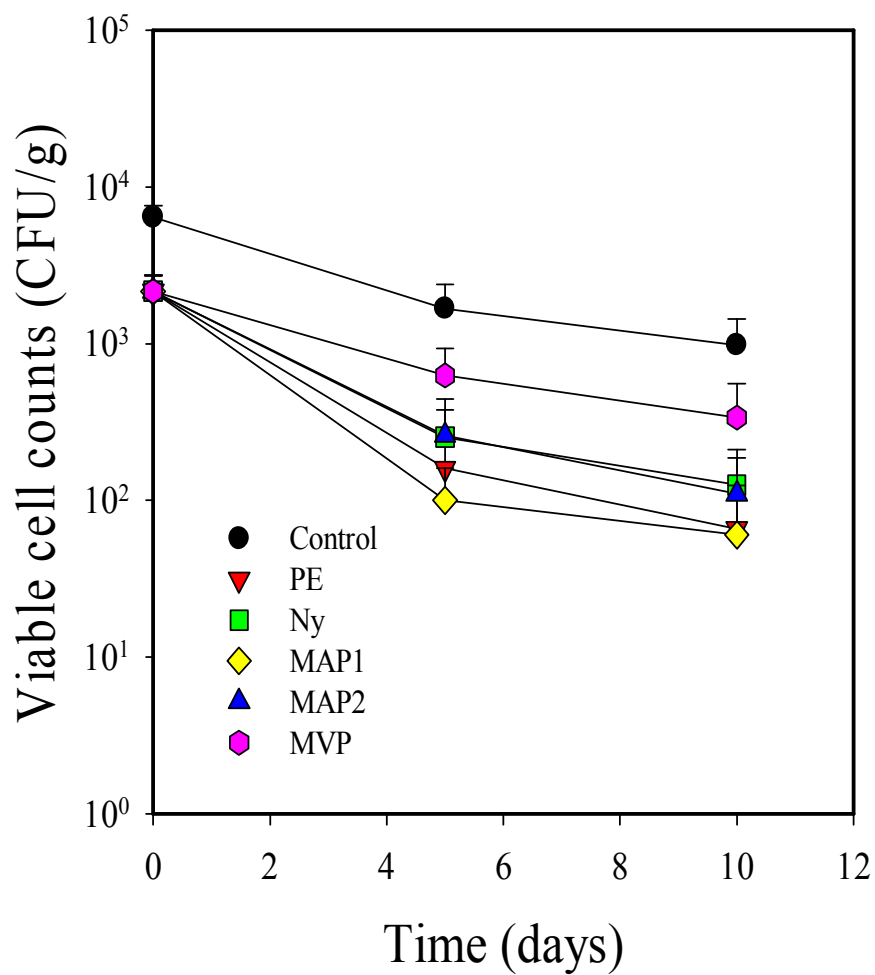


Fig. 58. Changes in *E. coli* cell counts of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

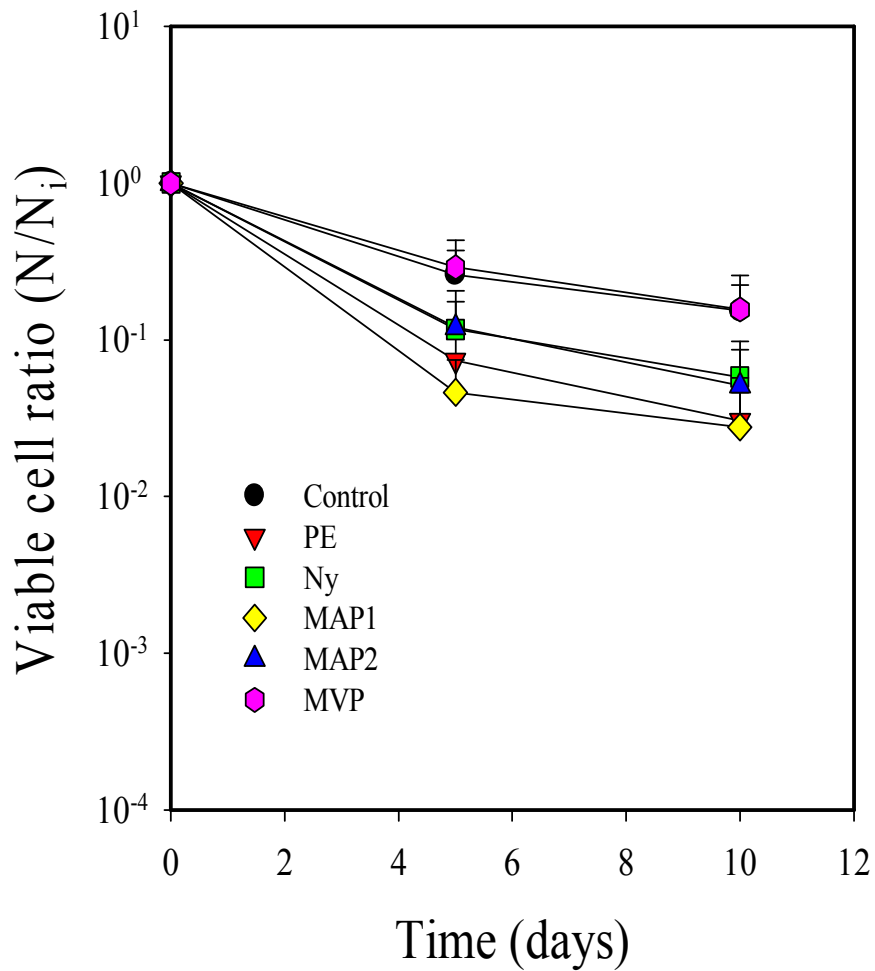


Fig. 59. Changes in *E. coli* cell ratio of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

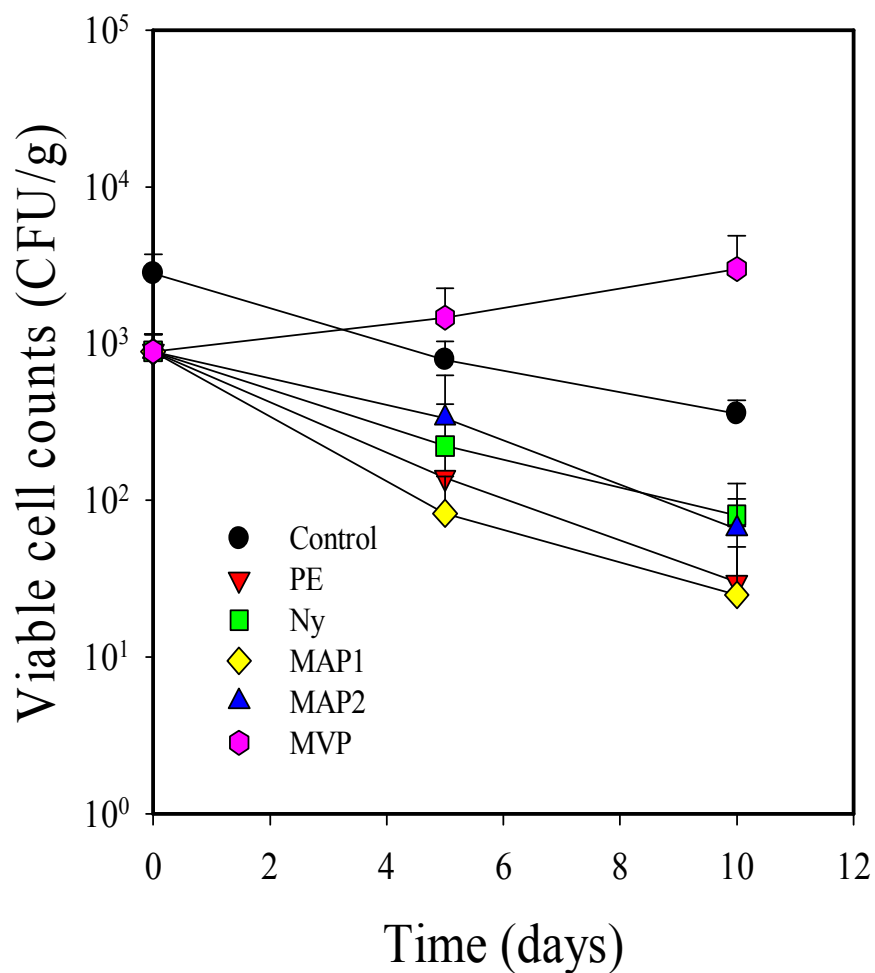


Fig. 60. Changes in *E. coli* O157:H7 cell counts of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

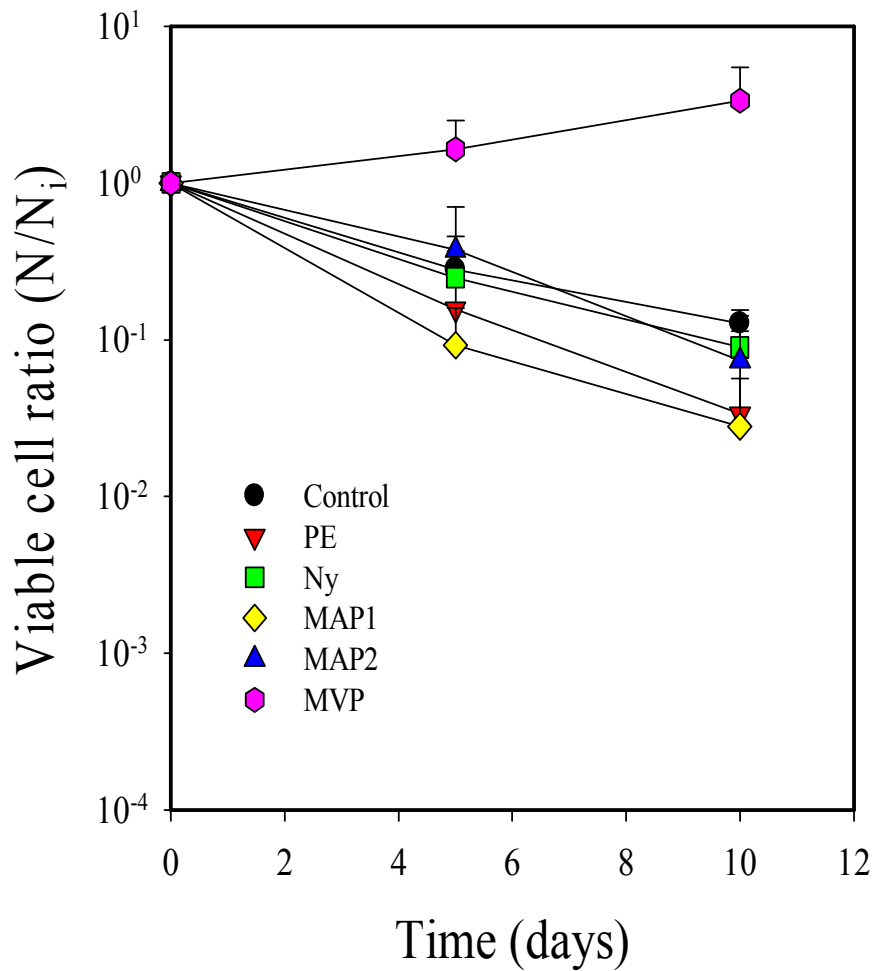


Fig. 61. Changes in *E. coli* O157:H7 cell ratio of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

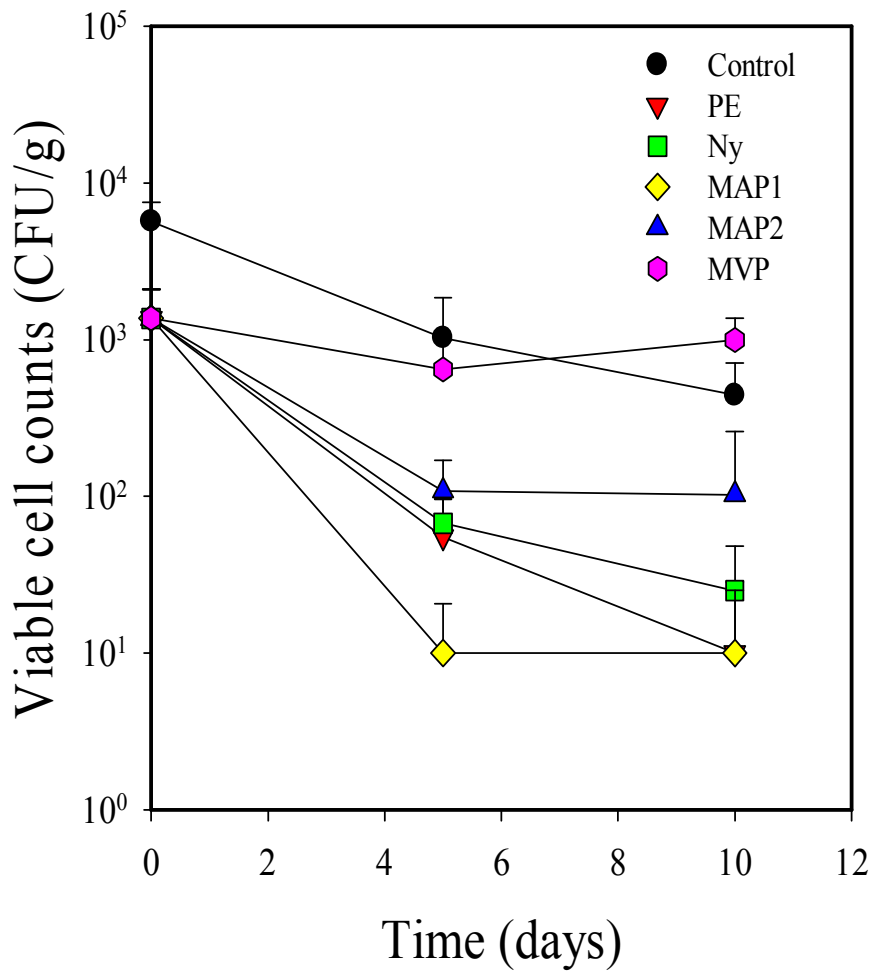


Fig. 62. Changes in *S. Typhimurium* cell counts of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

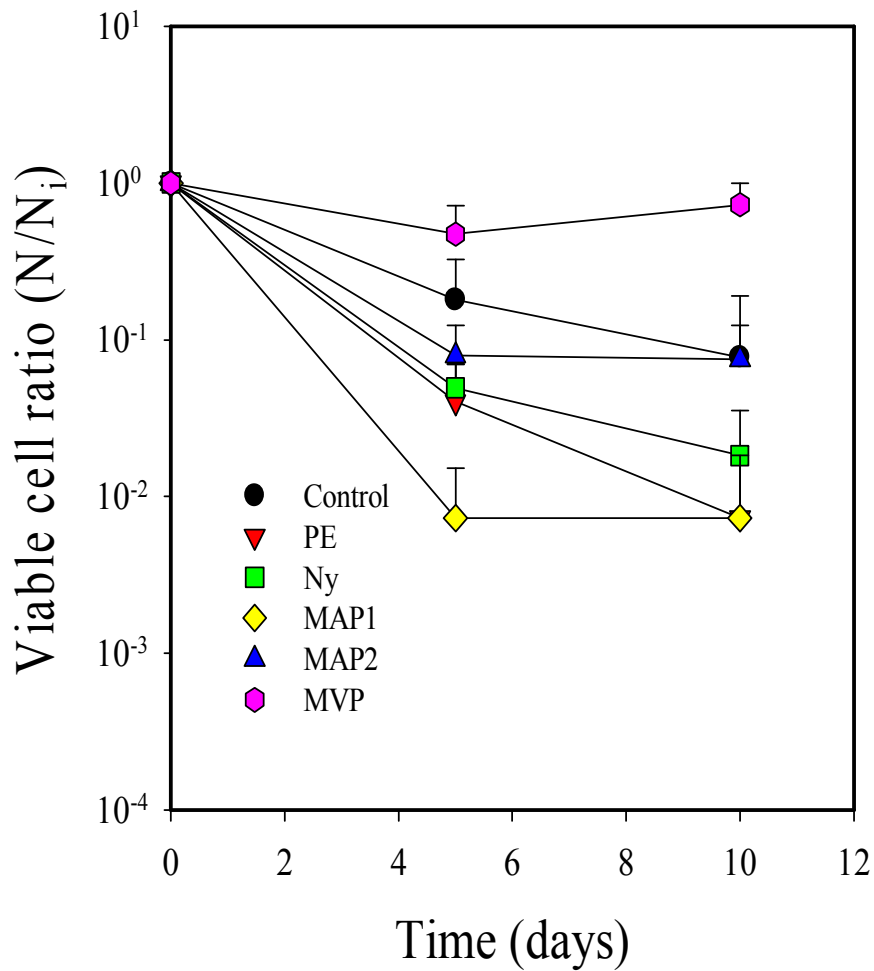


Fig. 63. Changes in *S. Typhimurium* cell ratio of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

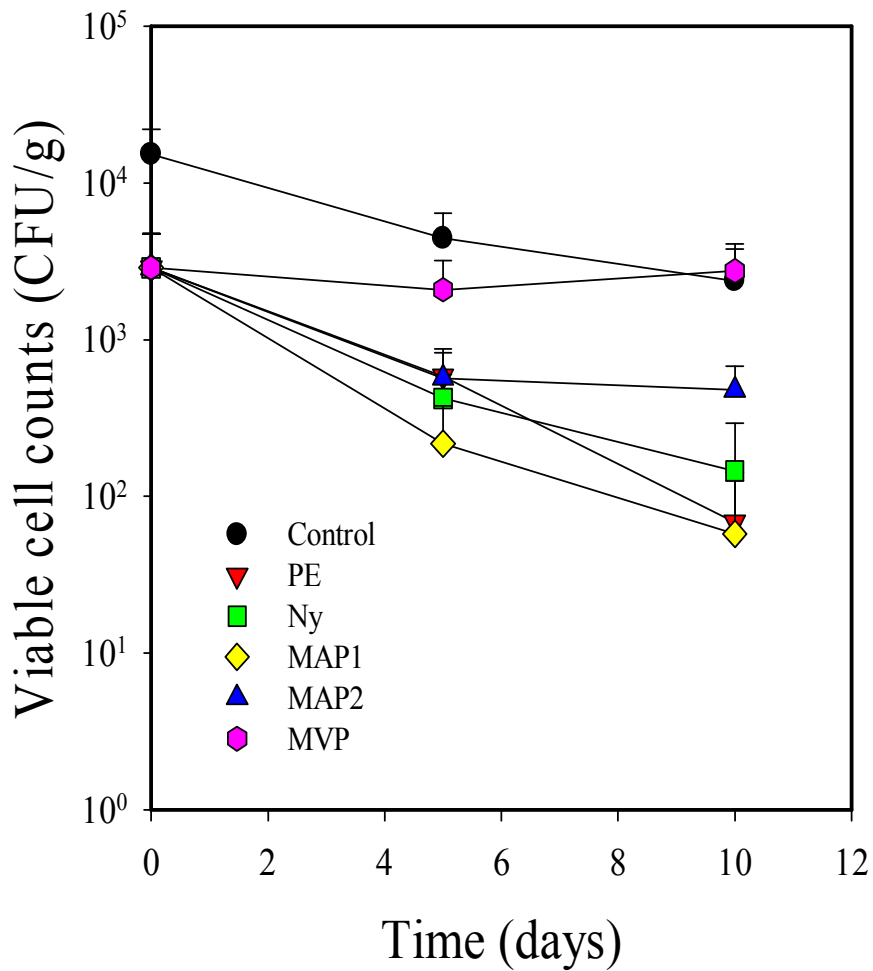


Fig. 64. Changes in *S. aureus* cell counts of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

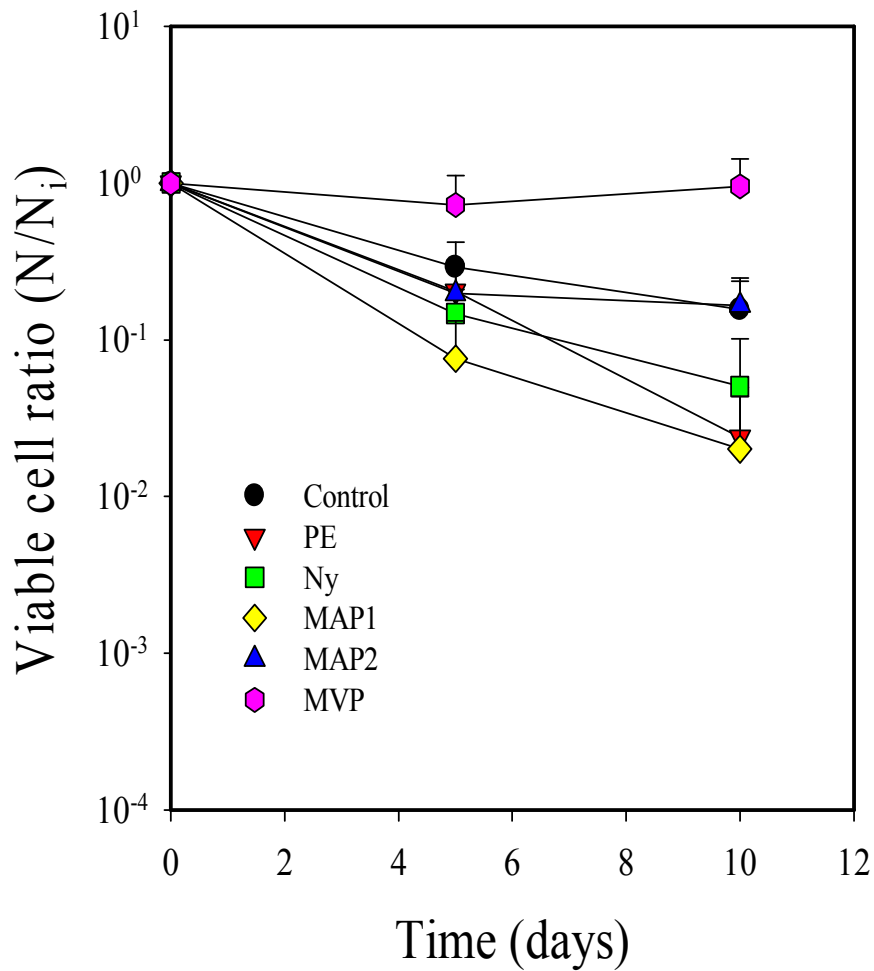


Fig. 65. Changes in *S. aureus* cell ratio of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

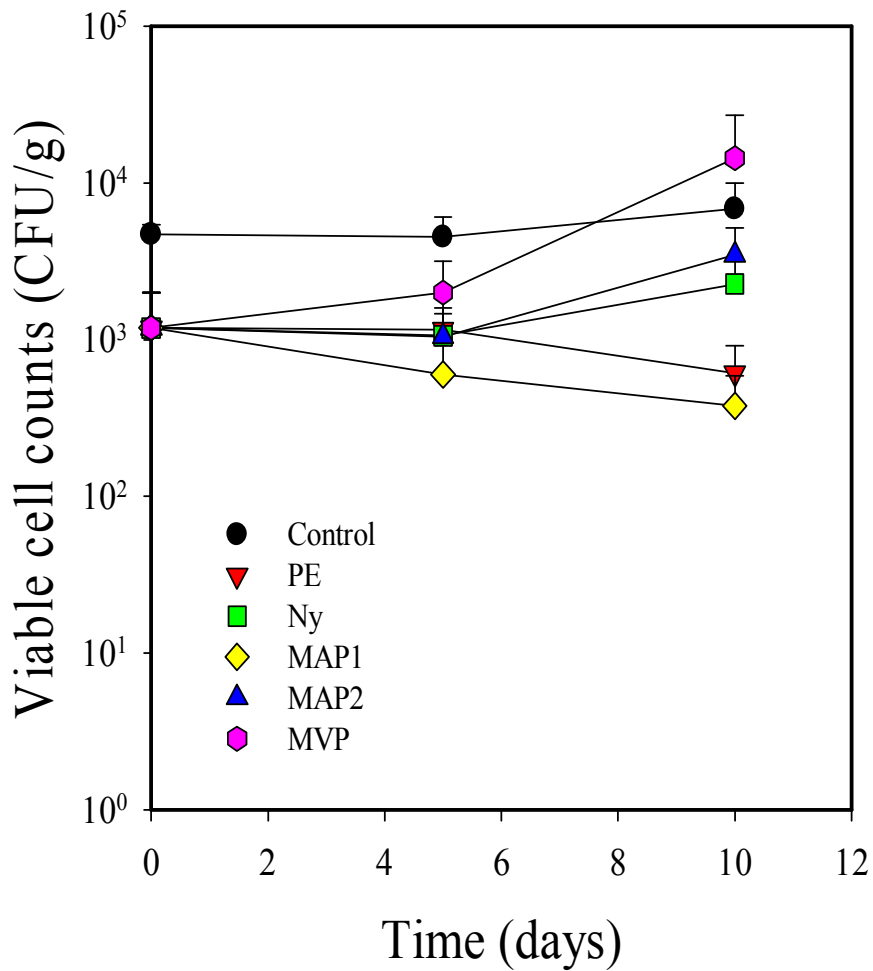


Fig. 66. Changes in *L. monocytogenes* cell counts of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

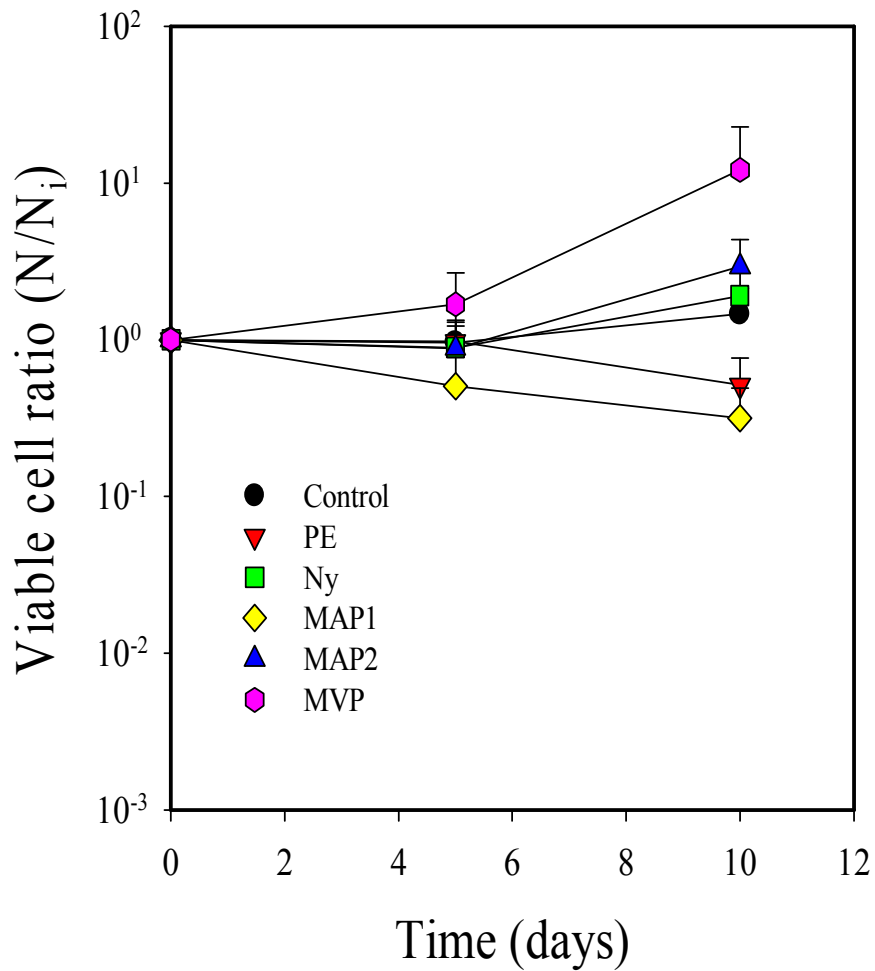


Fig. 67. Changes in *L. monocytogenes* cell ratio of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C.

Table 28. Sensory characteristics of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C for 10 days

Storage time (day)	Packaging treatment	Discoloration	Wilting	Decay	Visual quality
5	Control	3.5b	2.3b	3.5b	6.0c
	PE	5.0a	4.4a	3.8a	4.6d
	Ny	2.8b	2.0bc	1.3c	7.3b
	MAP1	1.5c	1.0c	1.0c	8.5a
	MAP2	1.0c	1.0c	1.0c	9.0a
	MVP	1.0c	1.0c	1.0c	9.0a
10	Control	4.4ab	4.2a	3.6ab	5.0c
	PE	5.5a	4.5a	4.8a	4.5c
	Ny	4.0bc	3.0b	2.8b	6.4b
	MAP1	3.2c	2.6bc	1.8c	7.0b
	MAP2	1.8d	1.6c	1.4c	8.2a
	MVP	1.8d	1.6c	1.4c	8.2a



Fig. 68. Appearance of shredded cabbage with electrolyzed alkaline water dipping and various packaging treatments during storage at 5°C. Upper: after 5 days storage at 5°C, lower: after 10 days storage at 5°C.

였으며, 균종별로는 *S. Typhimurium*이 초기에 비해 훨씬 낮게 유지되었고 *L. monocytogenes* 균주가 다소 높게 유지되었다. 또한 이러한 미생물 분포는 저장 10일 후 더욱 명백하게 구분되어 균종에 따른 저항성 및 증식능력 차이가 확인되었다(Fig. 54 & 55, Table 26 & 27).

포장 처리구별로는 PE와 MAP1에서 상대적으로 낮은 생균수 및 변화율(초기값에 대한 비율)을 나타내어 저장 중 미생물 억제효과가 인정되었으나, Ny와 MAP2에서는 *E. coli*를 제외하고 대조구와 비교하여 유의적으로 현저한 미생물 억제를 발견할 수 없었으며, MVP에서는 미생물 증식이 촉진되거나 그대로 유지되는 경향을 나타내었다(Fig. 56-67). 이러한 양상은 초기 균체량이  $10^3$  CFU/g 미만인 *E. coli* O157:H7이나  $10^3$  CFU/g 이상인 다른 균주들에서 모두 동일하게 발견되었다. 특히 병원성 균주인 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*는 미생물 생육을 억제하는 고농도 CO<sub>2</sub>의 영향을 거의 받지 않았으며, 오히려 O<sub>2</sub>분압이 낮게 유지되는 조건(MVP)에서 저장 5일 이후 생균수가 현저히 증가하였다.

한편 저온저장 중 변색, 시듦, 부패, 외관품질 등의 항목으로 관능검사를 실시한 결과, PE 처리구는 모든 평가항목에서 대조구에 비해 열등하게 평가되었으며, Ny 처리구는 대조구와 비슷하거나 다소 우수한 평점을 얻은 것으로 나타났다(Table 28, Fig. 68). 그러나 MAP1 처리구에서는 대조구와 비교하여 유의적으로 우수한 관능적 품질을 유지할 수 있었으며, 특히 MAP2와 MVP 처리구에서는 저장 초기와 유사한 수준의 외관품질을 갖는 것으로 평가되어 다른 양배추 시료와 확연하게 구분되었다. 결론적으로 미생물 생육 억제에 효과적일 것으로 판단되었던 저 O<sub>2</sub>/고 CO<sub>2</sub> 조성의 MAP 포장은 미생물 제어에 긍정적인 영향을 미치지 못하였으며, 상업적으로 빈번히 활용되고 있는 진공포장의 경우 상품의 외관품질이 매우 우수하게 유지되더라도 오히려 저온유통 fresh-cut 채소류에서 혐기성 또는 미세 호기성 병원균의

급격한 증식을 유발할 가능성이 확인되었다. 이에 반해 고 O<sub>2</sub>/고 CO<sub>2</sub> 조성의 MAP 포장은 저장 중 비교적 외관품질을 양호하게 유지하였고 전반적으로 유해미생물의 생균수를 유의적으로 낮게 조절하므로 fresh-cut 채소제품의 미생물 안전성 향상에 유익한 방법이라고 판단되었다.

#### 4. 전처리와 포장처리의 개별효과와 병용효과 비교

단일 전처리, 단일 포장 처리, 전처리와 포장 병용처리의 효과를 비교해 본 결과, 전처리만 적용한 경우에는 외관품질 변화 없이 초기 미생물 생균수를 1 log 이상 감소시킬 수 있었다. 포장처리만 적용한 경우에는 초기 감균효과는 볼 수 없었지만 필름 투과성에 관계없이 고O<sub>2</sub>/고CO<sub>2</sub> 조건의 MAP 조건이 저온저장 중 세절 양배추의 미생물 증식을 억제하였고 초기와 비슷한 외관품질을 유지하였다. 전처리와 포장병용처리에서는 전처리 후 초기 미생물 균체량이 1 log 이상 감소되었고 고O<sub>2</sub>/고CO<sub>2</sub> 조건의 MAP 포장조건에서 전처리 없이 포장처리만 한 경우에 비해 미생물 생균수가 더 적었으며 시료 초기의 외관품질이 유지되어 전처리와 포장 병용처리의 추가적인 효과를 얻을 수 있었다(Table 29 & 30).

Table 29. Changes in cell ratio(N/N<sub>0</sub>) of spoilage and pathogenic microorganisms treated with individual or combination treatments during storage at 5°C.

	Treatment	Storage (day)	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
Pretreatment	Inoculated	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	NaOCl	0	0.1794	0.1772	0.1148	0.0747	0.1828	0.1972
	NaOCl	10	0.5980	0.0199	0.0126	0.0153	0.0145	0.1064
MAP	Inoculated	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	Ny+MAP1	5	0.2111	0.0793	0.4548	0.5054	0.0755	0.3326
	Ny+MAP1	10	0.0578	0.0223	0.1241	0.3116	0.0238	0.2833
Pretreatment +	Inoculated	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	NaOCl	0	0.2461	0.3025	0.4740	0.1197	0.2656	0.3659
MAP	NaOCl+MAP1	5	0.1276	0.0486	0.0412	0.0133	0.0246	0.1451
	NaOCl+MAP1	10	0.0158	0.0079	0.0215	0.0118	0.0033	0.1356

Table 30. Changes in cell ratio(N/N<sub>0</sub>) of spoilage and pathogenic microorganisms treated with individual treatments during storage at 5°C.

	Treatment	Storage (day)	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> Typhimurium	<i>Staphylococcus aureus</i>
Pretreatment	Inoculated	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	EW-wAl	0	0.1188	0.1056	0.0463	0.0744	0.0000
	EW-wAl	10	0.3056	0.0113	0.0114	0.0070	0.0000
MAP	Inoculated	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	Ny+MAP1	5	0.2111	0.0793	0.4548	0.5054	0.0000
	Ny+MAP1	10	0.0578	0.0223	0.1241	0.3116	0.0000
Pretreatment +	Inoculated	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	EW-wAl	0	0.2563	0.3372	0.3182	0.2400	0.0000
MAP	EW-wAl+MAP1	5	0.0253	0.0156	0.0294	0.0018	0.0000
	EW-wAl+MAP1	10	0.0405	0.0094	0.0089	0.0018	0.0000
					0.3326		
					0.2833		
				- 141 -	1.0000		
					0.2535		
					0.1279		
					0.0805		

## IV. 결론

신선편이 채소의 제조, 유통, 판매과정 중 미생물학적인 안전성을 획득하고자 2종의 부패균과 4종의 병원성균을 세절양배추에 접종한 다음 적절한 전처리 및 포장처리를 한 후 5℃에서 10일간 저장하면서 미생물 생균수 및 관능평가를 한 결과는 다음과 같다.

1. 식품의 미생물 억제용으로 사용되는 유기산 가운데 acetic acid와 citric acid를 산의 형태와 나트륨의 형태로 구분하여 침지처리한 결과 나트륨 염의 경우 감균효과가 없었고 산 용액의 경우 모든 균종에서 1-2 log cycle 생균수 감소하였다. 또한 살균소독제로 사용되는 식품첨가물 중 탄산나트륨(SC)과 중탄산나트륨(SBC) 침지처리에서 탄산염은 농도가 높을수록 1 log cycle 이상 감소하였으나 중탄산염은 감균효과가 전혀 없었다.
2. 살균소독제 처리로 차아염소산나트륨( $\text{NaOCl}$ ), 과산화수소( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), 과산화초산( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$ )를 농도별로 침지 처리한 결과 양배추에 접종한 모든 미생물은 차아염소산나트륨 90 ppm 농도에서도 미생물 균종에 관계없이 약 1 log cycle 감소하였고, 과산화수소 처리시에는 최대 2% 에서 약 1 log 에 근접하는 감소효과가 있었다. 또한 과산화초산 처리시 50 ppm 농도에서도 1 log cycle 정도 생균수가 감소하였다.
3. 차아염소산의 살균효과를 높이기 위해 차아염소산나트륨 용액의 pH를 10% 염산, 초산, 구연산 용액을 이용하여 약산성으로 조절한 산성화 차아염소산나트륨 처리구와 단순 차아염소산나트륨 처리구 사이에 유의적인 생균수 차이는 없었다.

4. 차아염소산나트륨의 대체 수용액으로 제시되는 전해수 처리는 산성, 알칼리성, 약알칼리성의 전해수 물성에 관계없이 1 log cycle 이상 생균수를 감소시켰다. 반면에 오존수 처리에서는 물로 세척한 대조구와 비교하여 처리구의 생균수 차이를 전혀 구분할 수 없었다.
  
5. Fresh-cut 채소제품의 미생물 제어에 효과적일 것으로 판단되는 여러 가지 포장처리를 적용한 결과 필름종류별로는 투과율이 낮은 Ny/PE film 포장이 투과율이 높은 LDPE film 포장에 비해 전반적으로 좋은 외관을 유지하였다. 포장방법별로는 포장재질에 관계없이 고 O<sub>2</sub>/고 CO<sub>2</sub>조건의 MAP1 처리구에서 비교적 낮은 생균수를 유지하여 미생물 억제효과가 인정되었다. 이에 반하여 저 O<sub>2</sub>/고 CO<sub>2</sub>조건의 MAP2 처리구에서는 대조구에 비해 미생물이 억제되지 않았으며, 오히려 O<sub>2</sub>분압이 낮은 MVP 처리구에서는 증식이 촉진되거나 그대로 유지되는 경향이였다.
  
6. 이전 실험에서 세절 양배추에 혼합 접종된 6종의 균주의 저감효과와 관능적 품질을 종합적으로 고려하여 선정된 차아염소산나트륨과 약알칼리 전해수 2가지 적정 전처리와 Ny/PE film MAP를 병행처리 한 결과 전처리 종류에 따른 생균수의 유의적인 차이는 구분되지 않았다. 포장 방법의 영향 측면에서는 전반적으로 저 O<sub>2</sub>/고 CO<sub>2</sub>조건의 MAP2 포장은 미생물 제어에 긍정적인 영향을 미치지 않았으며, 상업적으로 빈번히 활용되고 있는 진공 포장의 경우 상품의 외관품질이 우수하게 유지되더라도 오히려 저온유통 fresh-cut 채소류에서 *L. monocytogenes*와 같은 혐기성 또는 미세 호기성 병원균의 급격한 증식을 유발할 가능성이 확인되었다. 이에 반해 고 O<sub>2</sub>/고 CO<sub>2</sub>조건의 MAP1 포장은 저장 중 비교적 외관품질을 양호하게 유지하였고 전반적으로 유해미생물의 생균수를 낮게 조절하므로 fresh-cut 채소제품의

미생물 안전성 향상에 유익한 처리방법이라고 판단되었다.

7. 단일 전처리, 단일 포장 처리, 전처리와 포장 병용처리의 효과를 비교해 본 결과, 단일 전처리에서는 외관품질 변화가 없는 조건에서도 초기 미생물의 생균수가 1 log 이상 감소하였고 저장 기간 동안에 꾸준히 감소하였다. 단일 포장 처리에서는 고O<sub>2</sub>/고CO<sub>2</sub> 조건의 MAP1 조건이 저온저장 중 세절 양배추의 미생물 증식을 억제하고 초기와 비슷한 외관품질을 유지시켰다. 전처리와 포장 병용처리에서는 전처리 직후 미생물 균체량이 1 log 이상 감소하였고 고O<sub>2</sub>/고CO<sub>2</sub> 조건의 MAP1 포장조건에서 단일 포장 처리에 비해 낮은 미생물 생균수와 시료 초기의 외관 품질이 유지되어 전처리와 포장 병용처리의 부가적인 효과를 얻을 수 있었다.

## Reference

- 곽창근, 장종근. 웰빙식품산업 활성화 방안-신선편의식품 시장을 중심으로-. 식품산업과 영양. 13: 17-27. (2008)
- 한국신선편이농산물협회(사). 신선편이 농산물 표준화를 위한 연구. p3-4, (2006)
- 박부길, 오민희, 오덕환. 전해수 및 유기산 처리에 의한 양상추 오염 *Listeria monocytogenes*의 생육저해. 한국식품저장유통학회지 11: 530-537 (2004)
- 박석준, 박지용. 식품산업에서 오존 살균법의 이용. 식품과학과 산업 33(2): 50-57 (2000)
- 정승원, 박기재, 박경조, 박병인, 김영호. 전해 산화수의 채소류 표면 살균효과. 한국식품과학회지 28: 1045-1051 (1996)
- 홍석인, 이은실, 김미란, 김동만. 신선 과채류 편의식품의 미생물 안정성. 식품기술제 13권 제1호 p. 3-35 (2000)
- Abdul-Rauf UM, Beuchat LR, Ammar MS. Survival and growth of *Escherichia coli* O157:H7 on salad vegetables. Appl. Environ. Microbiol. 59: 1999-2006 (1993)
- Adams MR, Hartley AD, Cox LJ. Factors affecting the efficacy of washing procedures used in the production of prepared salads. Food Microbiol. 6: 69-77 (1989)
- Ahvenainen R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. Trends Food Sci. Technol. 7: 179-187 (1996)
- Akbas MY, Ölmez, H. Effectiveness of organic acid, ozonated water and chlorine dippings on microbial reduction and storage quality of fresh-cut iceberg lettuce. J. Sci. Food Agric. 87:2609-2616 (2007a)
- Akbas MY, Ölmez, H. Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* on iceberg lettuce by dip wash treatments with organic acids. Letters in applied microbiology. 44:619-624 (2007b)

- Al-Haq M.I, Sugiyama J, Isobe S. Application of electrolyzed water in agriculture and food industries. *Food Sci. Technol. Res.* 11:135-150 (2005)
- Amantidou A, Smid EJ, Gorris LGM. Effect of elevated oxygen and carbon dioxide on the surface growth of vegetable-associated microorganisms. *J. Appl. Microbiol.* 86: 429-438 (1999)
- Ayebah B, Hung YC, Kim C, Frank JE. 2005. Enhancing the bactericidal effect of electrolyzed oxidizing water on *Listeria monocytogenes* biofilms formed on stainless steel. *J. Food Prot.* 68: 1375-1380.
- Aytac SA, Gorris LGM. Survival of *Aeromonas hydrophila* and *Listeria monocytogenes* on fresh vegetables stored under moderate vacuum. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 10: 670-672 (1994)
- Ballantyne A, Stark R, Selman JD, Modified atmosphere packaging of shredded lettuce. *Int. J. Food Sci. Technol.* 23: 267-274 (1988)
- Bari ML, Ukuku DO, Kawasaki T, Inatsu Y, Isshiki K, Kawamoto S. Combined efficacy of nisin and pediocin with sodium lactate, citric acid, phytic acid, and potassium sorbate and EDTA in reducing the *Listeria monocytogenes* population of inoculated fresh-cut produce. *J. Food Prot.* 68: 1381-1387 (2005)
- Barbosa-Canovas GV, Pothakamury UR, Palou E, Swanson BG. *Nonthermal Preservation of Foods.* Macel Dekker, Inc., New York, USA (1998)
- Barriga MI, Trachy G, Willemot C, Simard RE. Microbial change in shredded iceberg lettuce stored under controlled atmospheres. *J. Food Sci.* 56: 1586-1588 (1991)
- Baur S, Klaiber R, Hammes WP, Carle R. Sensory and microbiological quality of shredded, packaged iceberg lettuce as affected by pre-washing procedures with chlorinated and ozonated water. *Innovative food Science and Emerging Technologies* 5: 45-55 (2004)
- Behrsing J, Winkler S, Franz P, Premier R. Efficacy of chlorine for inactivation

- of *Escherichia coli* on vegetables. *Postharv. Biol. Technol.* 19:187-92 (2000)
- Beltran D, Selma MV, Marin A, Gil MI. Ozonated water extends the shelf life of fresh-cut lettuce. *J. Agric. Food Chem.* 53: 5654-5663 (2005)
- Beltran D, Selma MV, Tudela JA, Gil MI. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biol. Technol.* 37: 37-46. (2005)
- Berrang ME, Brackett RE, Beauchat LR. Survival and growth of *Listeria monocytogenes* on lettuce as influenced by shredding, chlorine treatment, modified atmosphere packaging and temperature. *J. Food Sci.* 55: 755-760 (1990)
- Beuchat LF. Use of sanitizers in raw fruit and vegetable processing. In S. M. Alzamora M.S. Tapia, & A. Lopez-Malo (Eds.), *Minimally processed fruits and vegetables* (pp. 63-78). Maryland: Aspen. 2001
- Beuchat LR. 1998. Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: a review. World Health organization, Food Safety Unit WHO/FSF/FOS/98.2. [www.who.int/fsf/fos982~1.pdf](http://www.who.int/fsf/fos982~1.pdf). Accessed 2008 July 25
- Beuchat LR, Ryu J-H. Produce handling and processing practices: special issue. *Emerg infect Dis* 3(4):459-65 (1997)
- Beuchat LR, Nail BV, Adler BB, Clavero MRS. Efficacy of spray application of chlorine in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoes, and lettuce. *J Food Prot.* 61: 1305-1311 (1998)
- Bosilevac JM, Shackelford SD, Brichta DM, Koohmaraie. Efficacy of ozonated and electrolyzed oxidative waters to decontaminate hides of cattle before slaughter. *J. Food Prot.* 68:1393-1398 (2005)
- Brackett RE. Microbiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *J. Food Quality* 10: 195-206 (1987)
- Brody AL. Modified atmosphere/vacuum packaging of meat. In:

- Controlled/Modified Atmosphere/Vacuum Packaging of Foods. Brody AL. (ed). Food and Nutrition Press, Trumbull, CT, pp. 17-37 (1989)
- Brul S, Coote P. Review. Preservative agents in foods. Mode of action and microbial resistance mechanisms. *Int. Food Microbil.* 50: 1-17 (1999)
- Castillo A, Escartin EF. Survival of *Campylobacter jejuni* on sliced watermelon and papaya : a research note. *J Food Prot.* 57(2): 166-168 (1994)
- CDC <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5413a1.htm> (2004)
- CDC, <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5635a3.htm> (2007)
- CDC, <http://www.cdc.gov/salmonella/saintpaul/alfalfa> (2009)
- Chaidez C, Lopez J, Vidales J, Campo NC. Efficacy of chlorinated and ozonated water in reducing *Salmonella* Typhimurium attached to tomato surfaces . *International J Environmental Health Research* 17:311-318 (2007)
- Choi JW, Park SY, Yeon JH, Lee MJ, Chung DH. Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. *J. Food Hyg. Safety* 20: 43-47 (2005)
- Church IJ, Parsons AL. Modified atmosphere packaging technology: A review. *J. Sci. Food Agric.* 67: 143-152 (1995)
- Code of Federal Regulations(CFR). Title 21. Part 184.1. Substances added directly to human food affirmed as generally recognized as safe (GRAS): Ozone (2007)
- Code of Federal Regulations(CFR). Title 21. Part 173.368. Secondary Direct Food Additives Permitted in Food for Human Consumption: Ozone (2007)
- Como-Sabetti K, Reagan S, Ritter K, Parrott CM, Simonds S, Hraboxy S, Ritter B. Outbreaks of *E. coli* O157:H7 associated with eating alfalfa sprouts-Michigan and Virginia, June-July. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 46: 741-744 (1997)
- Corral LG, Post LS, Montville TJ. Antimicrobial activity of sodium bicarbonate.

- A research note. J. Food Sci. 53: 981-982 (1988)
- Daniels DA, Krishnamurthi R, Rizvi SS. A review of effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality. J. Food Protect. 48: 532-537 (1985)
- Davidson PM. by Marcel Dekker, Dziejak JD. Preservatives: Antimicrobial agents. Food Technol. 104-111 (1993)
- Day B. High oxygen modified atmosphere packaging for fresh prepared produce. Postharvest News Inform. 7: 31-34 (1996)
- Day B. Novel MAP for freshly prepared fruit and vegetable products. Postharv. News inform. 11: 27-31 (2000)
- Delaquis PJ, Stewart S, Cliff M, Toivonen PM, Moyls AL. Sensory quality of ready-to-eat lettuce washed in warm, chlorinated water. J Food Qual. 23:553-563 (2000)
- Deza MA, Araujo M, Garrido MJ. Inactivation of *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* on stainless steel and glass surfaces by neutral electrolyzed water. Lett, Appl. Microbiol. 40:341-346 (2005)
- Deza MA, Araujo M, Garrido MJ. Efficacy of neutral electrolyzed water to inactivate *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Staphylococcus aureus* on plastic and wooden kitchen cutting boards. J. Food Prot. 70:102-108 (2007)
- Deza MA, Araujo M, Garrido MJ. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* on the surface of tomatoes by neutral electrolyzed water. Lett, Appl. Microbiol. 37: 482-487 (2003)
- Doores S. Organic acids. pp. 95-124 in: Antimicrobials in Foods. Branen AL, Davidson PM (ed). Marcel Dekker, Inc., Madison Avenue, NY, USA, (1993)
- Dixon NM, Kell DB. The inhibition by CO<sub>2</sub> of the growth and metabolisms. J. Appl. Bacteriol. 67:109-136 (1989)

- Doyle MP. Fruit and vegetable safety-microbiological. HortScience 25:1478-1481 (1990)
- El-Gazzar MA, Sommer NF. Effect of modified atmospheres on postharvest pathogens of fruits and vegetables. Hort. Rev. 3:412-421(1981)
- Fabrizio KA, Cutter CN. Comparison of electrolyzed water with other antimicrobial intervention to reduce pathogens on fresh pork. Meat Sci. 68:463-468 (2004)
- Fabrizio KA, Sharma RR, Demirci A, Cutter CN. Comparison of electrolyzed oxidizing water with various antimicrobial interventions to reduce *Salmonella* species on poultl. Poult. Sci. 81:1598-1605 (2002)
- Farber JM, Wang SL, Cai Y, Zhang S. Changes in populations of *Listeria monocytogenes* inoculated on packaged fresh-cut vegetables. J. Food Prot. 61: 192-195 (1998)
- Fatemi P, Frank JF. Inactivation of *Listeria monocytogenes*/*Pseudomonas* biofilms by peracid sanitizers. J Food Prot. 62:761-5 (1999)
- Favero MS. Products containing biocides; perceptions and realities. J. Appl. Microbiol. Symp. Supp. 92:72S-77S (2002)
- FDA. Reducing microbial food safety hazards for sprouted seeds. Available from:<http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/sprougdl.html>. Accessed on Feb. 8, 2009.
- Francis GA, Thomas C, O'Berine DO. The microbiological safety of minimally processed vegetables. Int. J. Food Sci. Technol. 34: 1-22 (1999)
- Fukumoto LR, Toivonen PMA, Delaquis PJ. Effect of wash water temperature and chlorination on phenolic metabolism and browning of stored iceberg lettuce photosynthetic and vascular tissue. J Agric. Food Chem. 50:4503-4511 (2002)
- Garg N, Churey JJ, Splitstoesser DF. Effect of processing conditions on the microflora of fresh-cut vegetables. J. Food Prot. 53: 701-703 (1990)

- Geysen S, Escalona VH, Verlinden BE, Aertsen A, Geeraerd AH, Michiels CW, Van Impe JF, Nicolai BM. Validation of predictive growth models describing superatmospheric oxygen effect on *Pseudomonas fluorescens* and *Listeria innocua* on fresh-cut lettuce. *Int. J. Food Microbiol.* 111: 48-58 (2006)
- Geysen S, Geeraerd AH, Verlinden BE, Michiels CW, Van Impe JF, Nicolai BM. Predictive modeling and validation of *Pseudomonas fluorescens* growth at superatmospheric oxygen and carbon dioxide concentrations. *Food Microbiol.* 22: 149-158 (2005a)
- Geysen S, Verlinden BE, Geeraerd AH, Van Impe JF, Michiels CW, Nicolai BM. Predictive modelling and validation of *Listeria innocua* growth at superatmospheric oxygen and carbon dioxide concentrations. *Int. J. Food Microbiol.* 105: 333-345 (2005b)
- Gómez-López VM, Ragaert P, Debevere J, Devlieghere F. Decontamination methods to prolong the shelf-life of minimally processed vegetables, state-of-the-art. *Crit. Rev. Food Sci. Nutri.* 48: 487-495 (2008)
- Gould GW. *New methods of food preservation.* Blackie Academic & Professional, Glasgow, UK (1995)
- Guzel-Seydim ZB, Greene AK, Seydim AC. Use of ozone in the food industry. *LWT Food Sci. Technol.* 37: 453-460 (2004)
- Grab LA and Bennet MK. Methods of testing sanitizers and bacteriostatic substances. In *Disinfection, Sterilization and preservation* 5<sup>th</sup> Ed. (Seymour, S.B. eds) Chap. 71, p. 1373-1382. Philadelphia, PA. Lippincott Williams and Wilkins (2001)
- Hassenberg K, Idler C, Molloy E, Geyer M, Plöchl M, Barnes. Use of ozone in a lettuce-washing process: an industrial trial. *J. Sci. Food Agric.* 87:914-919 (2007)
- Horvath M, Bilitzky L, Huttner J. *Ozone.* Amsterdam: Elsevier. 68-74, 034-31

- (1985).
- Hricova D, Stephan R, Zweifel. Review. Electrolyzed water and its application in the food industry. *J. Food Prot.* 71: 1934-1947 (2008)
- Hurst WC. Sanitation of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30: 22-24 (1995)
- Izumi H. Electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut vegetables. *J. Food Sci.* 64: 536-539 (1999)
- Jacxsens, L., Devlieghere, F., Debevere, J., Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensorial quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce. *Postharvest Biol. Technol.* 26: 59-73 (2002)
- Juven BJ, Pierson MD. Antibacterial effects of hydrogen peroxide and methods for its detection and quantitation. *J Food Prot.* 59(11): 1233-41 (1996)
- Kader AA, Lipton WJ, Morris LL. Systems for scoring quality of harvested lettuce. *Hort Sci.* 8:408-409 (1973)
- Kader AA, Ben-Yehoshua S. Review. Effect of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 20: 1-13 (2000)
- Kader AA. Fresh-cut products: Maintaining quality and safety, *Postharvest Horticulture Series* 10, mar.(1996)
- Khadre MA, Yousef AE and Kim JG. Microbiological aspects of ozone applications in food: a review. *Journal of food science.* 66: 1242-1252 (2001)
- Kiura H, Sano K, Morimatsu S, Nakano T, Morita C, Yamaguchi M, Maeda T, Katsuoka Y. Bactericidal activity of electrolyzed acid water from solution containing sodium chloride at low concentration, in comparison with that at high concentration. *J. Microbiol. Methods* 49:285-293 (2002)
- Kim C, Hung YC, Brackett RE, Lin CS. Efficacy of electrolyzed oxidizing water

- in inactivating *Salmonella* on alfalfa seeds and sprouts. *J Food Prot.* 66:208-214 (2003)
- Kim IJ, Ha JH, Kim YS, Kim HI, Choi HC, Jeon DH, Lee YJ, Kim AJ, Bae DH, Kim KS, Lee C, Ha SD. Evaluation for efficacies of commercial sanitizers and disinfectants against *Bacillus cereus* strains. *Food Sci. Biotechnol.* 18: 537-540 (2009)
- Kim IJ, Kim YS, Kim HI, Choi HC, Jeon DH, Lee YJ and Ha SD. Assessment of both standard and isolated vibrio parahaemolyticus on efficacy of commercial sanitizer and disinfectants. *J. Fd Hyg. Safety.* 22: 127-131 (2007)
- Kim JG, Yousef AE and Chism GW. Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. *J. Food Saf.* 19:17-34 (1999a)
- Kim JG, Yousef AE, Chism GW. Applications of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. *J Food Prot.* 62: 1071-1087 (1999b)
- Kim JG, Yousef AE. Inactivation Kinetics of Foodborne spoilage and pathogenic bacteria by ozone. *J Food Sci* 65:521-528 (2000)
- Kim YS, Choi HC, Jeon DH, Lee YJ. Studies on the efficacy test and management of sanitizers and disinfectants (I). Korea Food & Drug administration and Korea Health Industry Development Institute (2005)
- Kim JK. Safety technology for fresh-cut fruits and vegetables. *Food Preserv. Proc. Ind.* 4: 18-25 (2005)
- King AD, Magnuson JA, Torok T, Goodman N. Microflora and storage quality of partially processed lettuce. *J. Food Sci.* 56: 459-461 (1991)
- Korea Food & Drug administration(KFDA). [www.kfda.go.kr](http://www.kfda.go.kr)(2008)
- Koseki S, Itoh K. Fundamental properties of electrolyzed water. *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.* 47:390-393 (2000)
- Koseki S, Itoh K. Prediction of microbial growth in fresh-cut vegetables treated

- with acidic electrolyzed water during storage under various temperature conditions. J Food Prot. 64:1935-1942 (2001)
- Koseki S, Itoh K. The effect of available chlorine concentration on the disinfecting potential of acidic electrolyzed water for shredded vegetables. J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol. 47:888-898 (2000)
- Koseki S, Yoshida Y, Isobe S, Itoh K. Decontamination of lettuce using acidic electrolyzed water. J. Food Prot. 64:653-658 (2001)
- Koseki S, Yoshida Y, Kamitani K, Isobe S, Itoh K. Influence of inoculation methods, spot inoculation site, and inoculation size on the efficacy of acidic electrolyzed water against pathogens on lettuce. J. Food Prot. 66: 2010-2016 (2003)
- Koseki S, Yoshida Y, Kamitani K, Isobe S, Itoh K. Effect of mild heat pre-treatment with alkaline electrolyzed water on the efficacy of acidic electrolyzed water against *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on lettuce. Food Microbiol. 21:559-566 (2004)
- Lee JH, Phee P, Kim JH, Kim JJ, Paik SW, Rhee JC, Song JH, Yeom JS and Lee NY. Efficacy of electrolyzed acid water in reprocessing patient-used flexible upper endoscopes 19: 897-9003 (2007)
- Li CM, Moon SS, Doyle MP, Mcwatters KH. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* enteritidis, and *Listeria monocytogenes* on lettuce by hydrogen peroxide and lactic acid and by hydrogen peroxide with mild heat. J. Food Prot. 65: 1215-1220 (2002)
- Liew CL, prange RK. Effect of ozone and storage temperature on postharvest disease and physiology of carrots(*Caucus carota* l.). J Am Soc hortic Sci 119:563-7 (1994)
- Lund, D.B. Food processing from art to engineering. Food Technol. 43: 242-247 (1989)

- Mahmoud BS. Electrolyzed water: a new technology for food decontamination—a review. *Disch. Lebensm. Rundsch*, 103:212–221 (2007)
- Mahmoud BS, Yamazaki K, Miyashita K, Il-Shik S, Dong-Suk C, Suzuki T. Decontamination effect of electrolyzed NaCl solution on carp. *Lett. Appl. Microbiol.* 39:169–173 (2004)
- Manvell PM, Ackland MR. Rapid detection of microbial growth in vegetable salads at chill and abuse temperatures. *Food Microbiology*. 3: 59–65 (1986)
- Marchetti R, Casadei MA, Guerzoni ME. Microbial population dynamics in ready-to-use vegetable salads. *Italian J. Food Sci.* 44:97–108 (1992)
- Masson RB. Recherche de nouveaux désinfectants pour les produits de 4eme Gamme et de 5eme Gamme; Brussels. C.E.R.I.A. p101.(1992)
- Mayen C, Marshall M. 2005. "Consumer Preference for a Fresh-Cut Product—A Potential Value Added Product for Melon Growers". 「2005 IAMA Conference」
- Mazollier Jr. 1988. IVe gamme. Lavage-désinfection des salades. *Infras-Ctifl* 41:19.
- Nagamatsu Y, Chen KK, Tajima K, Kakigawa and Kozono Y. Durability of bactericidal activity in electrolyzed neutral water by storage. *Dent. Mater. J.* 21:93–105 (2002)
- Neil M, Dixon & Douglas B. Kell. The inhibition by CO<sub>2</sub> of the growth and metabolism of micro-organisms. *J. Appl. Bacteriol.* 67: 109–136 (1989)
- Nguyen-the C, Carlin F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 34:371–401 (1994)
- O'Mahony M, Cowden J, Smyth B, Lynch D, Hall M, Rowe B, Teare EL. An outbreak of *Salmonella saintpaul* infection associated with beansprouts. *Epidemiological Infections* 104:229–235 (1990)
- Palou L, Smilanick JL, Usall J, Viñas I. Control of postharvest blue and green molds of oranges by hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate.

- Plant disease. 85: 371-376 (2001)
- Park CM, Beuchat LR. Evaluation of sanitizers for killing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* and naturally occurring microorganisms on cantaloupes, honeydew melons, and asparagus. Dairy Food environ Sanit 19:842-7 (1999)
- Park H, Hung YC, Chung D. Effects of chlorine and pH on efficacy of electrolyzed water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. Int. J. Food. Microbiol. 91:13-18 (2004)
- Parish ME, Beuchat LR, Suslow TV, Harris LJ, Garret EH, Farber JN, Busta FF. Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh-cut produce. Comprehen. rev. Food Sci. Food Saf. 2: 161-173 (2003)
- Parry RT. Principles and applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods. Blackie Academic & Professional, Glasgow, UK (1993)
- Ragaert P, Devlieghere F, Debevere J. Role of microbiological and physiological spoilage mechanisms during storage of minimally processed vegetables. Postharvest Biol. Technol. 44: 185-194 (2007).
- Ragaert P, Verbeke W, Devlieghere F, Debevere J. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. Food Quality and Preferences 15:259-270 (2004)
- Restaino L, Frampton EW, Hemphill JB, Palmikar P. Efficacy of ozonated water against various food-related microorganisms. Appl Environ Microbiol 61(9): 3471-3475 (1995)
- Rico D, Martín-Diana AB, Barat JM, Barry-Ryan C. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. Trends in food science & technology, 18: 373-386 (2007)
- Smilanick JL, Crisosto C, Mlikota F. Postharvest use of ozone on fresh fruit. Perishables Handling Quarterly Issue. 99: 10-14 (1999)
- Sapers GM, Simmons ML. Hydrogen peroxide disinfection of minimally

- processed fruits and vegetables. *Food Technol.* 52:48-52 (1998)
- Sapers GM, Miller RL, Mattrazzo AM. Effectiveness of sanitizing agents in inactivating *Escherichia coli* in golden delicious apples. *J. Food Sci.* 64:734-7 (1999)
- Schlech WF, Lvigne PM, Boltolussi RA, Allen AC, Haldane EV, Wort AJ, Hightowe AW. Epidemic listeriosis-evidence for transmission by food. *New Eng. J. Med.* 308:203-206 (1983)
- Skog LJ, Chu CL. Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage. *Canadian J Plant Sci.* 81: 773-778 (2001)
- Sugiyama H, Yang KH. Growth potential of *Cl. Botulium* in fresh mushroom packaged in semipermeable plastic film. *Appl. Microbiol.* 30:964-969 (1975)
- Suslow T. Postharvest chlorination: Basic properties and key points for effective disinfection. Available from: <http://danrcs.ucdavis.edu>. Accessed on Feb. 2, 2009.
- Taormina PJ, Beuchat LR. Comparison of chemical treatments to eliminate enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. *J Food Prot.* 62(4): 318-24 (1999)
- Peters DL. Control of enteric pathogenic bacteria on fresh produce [Master of Science] . Lincoln: Univ of Nebraska Graduate Collage. (1995)
- USCFR-United States Code of Federal Regulations (2003). Title 21, Chapter I, Part 173. Secondary direct food additives permitted in food for human consumption: §173.315, Chemical used in washing or to assist in the peeling of fruits and vegetables/§173,368, Ozone. US Food and Drug Administration. Department of Health and Human Services, Washington, DC.
- Velani S, Roberts D. *Listeria monocytogenes* and other *Listeria* spp. In prepacked mixed salads and individual salads ingredients. *PHLS Microbiol. Digest* 8:21-22 (1991)

- Venkitanarayanan KS, Ezeike GOI, Hung YC, Doyle MP. Inactivation of *E. coli* O157:H7 and *L. monocytogenes* on plastic kitchen cutting boards by electrolyzed oxidizing water. *J. Food Prot.* 62: 857-860 (1999a)
- Winniczuk PP. Effects of sanitizing compounds on the microflora of orange fruit surfaces and orange juice [M.S.] . Gainesville (FL): Univ of Florida Graduate school. (1994)
- Yang H, Swem BL, Li Y. The effect of pH on inactivation of pathogenic bacteria on fresh-cut lettuce by dipping treatment with electrolyzed water. *J. Food Sci.* 68:1013-1017 (2003)
- Zagory D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. *Postharvest Biol. Technol.* 15: 313-321 (1999)
- Zhang S, Farber JM. The effect of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables. *Food Microbiol.* 13:311-21 (1996)

# Abstract

## Microbial Control of Fresh-cut Cabbage by Various Pretreatment and Packaging Methods

Lee, Hyun-Hee

Department of Food and Nutrition  
Graduate School

Sungshin Women's University

Fresh-cut produce which is supposed to be consumed immediately after opening the plastic package, has been physically altered from its original form, but remains in freshness. The important problem in fresh-cut produce for its production, distribution, and sale is its safety, particularly, for the harmful microorganism. Since fresh-cut produce

undergoes the least physical processes with no-sterilizing step, has high moisture contents within the package, and the cutted surface is exposed to the air, the possibility of contamination and proliferation of microorganisms in the products is very high in comparison with their intact counterparts. Furthermore, there is a possibility of the proliferation of psychrotrophic pathogens such as *L. monocytogenes* due to a distribution process at low temperatures. Therefore, a number of foodborne diseases has been attributed to the consumption of fresh-cut produce. The microbial safety of fresh-cut produce should be secured in addition to acceptable sensory quality.

The objectives of this study were (1) to search for proper chemical pretreatment methods for decrease of the initial microbial counts of fresh-cut vegetable without sensory change; (2) to apply various modified atmosphere packaging methods; (3) to confirm the combination effect of proper pretreatment and packaging on microbial inhibition and sensory quality.

The use of organic acid treatments which 1% acetic acid or 2% sodium carbonate, and the disinfectant treatments including over 100 ppm sodium hypochlorite, over 50 ppm peroxyacetic acid, 2% hydrogen peroxide, and the electrolyzed waters gave a noticeable reduction by over 1 log scale reduction of viable cell in the cabbage samples. However, in the sensory aspects, there were little changes in appearance of the shredded cabbage treated with 100 ppm sodium hypochlorite, 1% sodium carbonate, and weak-alkalized electrolyzed water pretreatments. Under various packaging conditions, the overall populations of the tested

bacteria were noticeably reduced in MAP1(70% O<sub>2</sub>/15% CO<sub>2</sub>/15% N<sub>2</sub>) with Nylon/LDPE film, whereas those were little influenced by MAP2(5% O<sub>2</sub>/15% CO<sub>2</sub>/80% N<sub>2</sub>) treatment. However, most of the inoculated bacteria in a vacuum package with Nylon/LDPE film significantly increased or leveled off. In a sensory evaluation, cabbage samples with the gas-barrier packages maintained much better visual appearance in comparison to the permeable ones.

Combined effects of proper pretreatment and packaging on the tested organisms and appearance of shredded cabbage were better than the individual treatment. No significant difference in the viable counts of cabbage samples with such pretreatment of 100 ppm sodium hypochlorite and weak-electrolyzed alkaline water could be found. During storage at 5°C for 10 days, proliferation of the facultative anaerobic or microaerophilic bacteria was not suppressed under the low O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub> condition. In the case of vacuum package with a low partial O<sub>2</sub> pressure, however the accelerated proliferation of saprogenic and pathogenic bacteria could be observed in the shredded cabbage, although its visual quality was evaluated to be the best among the various packaging treatments. Such an increment in viable counts was the most prominent for *L. monocytogenes* strain. Nevertheless, the MAP1 consisting of high O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub> significantly lowered viable cell counts of the tested bacteria strains compared to packaging without pretreatment and showed relatively good visual quality of cabbage samples during refrigerated storage.

Therefore, combination of proper pretreatment decreasing the initial

microbial loads without sensory change and packaging inhibiting the microbial growth with the high visual quality may give the beneficial effect on microbial safety, good quality, and longer shelf-life of the fresh-cut vegetables during distribution and sales.