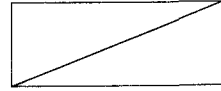


최 종
연구보고서

GA0372-0252



고품질 과채류 편의식품 유통을 위한
효율적인 hurdle technology 개발

Development of effective hurdle technology for
high quality fresh-cut fruits and vegetables

연구기관

한국식품개발연구원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고품질 과채류 편의식품 유통을 위한 효율적인 hurdle technology 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003. 08. 27.

주관 연구 기관 : 한국식품개발연구원
총괄연구책임자 : 정 승원(선임연구원)
세부연구책임자 : 정 진웅(책임연구원)
연 구 원 : 김 동만(책임연구원)
 김 명호(책임연구원)
 박 기재(연 구 원)
 김 종찬(위축연구원)
 김 성철(위축연구원)

요 약 문

I. 제 목

고품질 과채류 편의식품 유통을 위한 효율적인 hurdle technology 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

신선편이 과채류 가공품을 목적으로 과채류를 전처리 기술 및 0℃이하의 냉동처리 등의 처리기술을 개발, 적용함으로써 안전적이고 건강 지향적인 소비를 촉진할 뿐만 아니라 단기 및 중·장기적으로 저장, 유통시킬 수 있는 방안을 모색하여 원료 과채류의 수급조절에 이바지하며, 안전하고 위생적인 신선 편의식품 전처리 기술의 확립으로 소포장 센터 및 의식산업 분야 등의 분야에의 적용을 높이고자 함.

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 대상품목 과채류(메론 등 5품목 이상)의 국내외 유통 및 소비실태 조사
- 장·단 저장·유통을 위한 solution 개발
- 원료 과채류의 위생적 세척공정 개발
- Solution의 적용 안전성 확인
- 침지방법, Spraying System을 이용한 기능성 소재 solution 적용
- 냉동처리 조건별 내압발생 현상 조사 및 내압억제 기술 확립
- 빙점강하제 처리 및 포장조건에 따른 저장온도별 품질변화 조사
- Hurdle effect 조합에 의한 multi-target preservation 기술 적용시험

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

고품질 과채류 편의식품 유통을 위한 효율적인 hurdle technology 개발의 일환으로 포장후 유통중의 총균수 증식, 갈변화 및 조직 약화 등의 품질 저하 요인을 최소화시키기 위한 최적의 처리방법을 모색하기 위하여 연구를 수행하였다.

- 국내산 주요 과채류의 신선 편의식품 생산시 공정관리 지침 제공
- 최소가공처리 공정의 표준화 및 매뉴얼화로 소포장 센터의 자동화 공정 유도
- 최소가공식품의 선도유지를 위한 살균, 제균 및 포장기술개발로 우리나라 산지 소포장 사업의 활성화 유도
- 1일 1만5천톤에 달하는 음식물쓰레기 발생량을 산지의 소포장 센터에서 전처리 공급함으로써 10% 이상 절감 가능
- 농산물 소포장 센터의 HACCP 관리를 위한 기초자료 제공
- 안전하고 위생적인 신선 편의식품 전처리 기술의 확립으로 소포장 센터의 생산성 향상

SUMMARY

This study was aimed to identify maximum treatment methods for minimizing quality deteriorating factors such as the growth of microbial counts, and the browning and the softening of texture during the distribution after packaging, as part of developing effective hurdle technology for fresh-cut products of high-quality fruits and vegetables. The results and findings are summarized in the following:

○ The maximum dip solution, first selected in preferential consideration of hurdle effects related to the inhibition of the growth of microbial counts, has 0.25%~0.75% of malic acid, 0.5%~1.0% of ascorbic acid, and 0.25%~0.75% of calcium chloride.

○ Not the sequential treatment but the simultaneous treatment was employed for the mild heating method (40°C) for one minute. The former uses the heat treatment first and then the dip solution while the latter directly uses the 40°C dip solution.

○ The minimum amount of the components of the dip solution was set as MACmin (malic acid 0.25%, ascorbic acid 0.5%, and calcium chloride 0.25%) and the maximum as MACmax (malic acid 0.75%, ascorbic acid 1.0%, and calcium chloride 0.75%).

○ The 40°C heat treatment should be necessarily applied at the time of putting lysozyme into MACmax treatments, but the concentration of the

lysozyme was not enough of a difference in the range of 0.01% ~ 0.1%.

○ In general, PP materials are more effective in controlling microorganisms than PE materials. As such, it is verified that the best packaging material is PP film 0.05mm when fresh-cut products are manufactured from apples using the MACmax-mild heating-lysozyme treatment as in this study.

○ In the prevention of discoloration, the MACmax-mild heating-lysozyme 50ppm treatment is the most effective for PE film 0.05mm, followed by PE film 0.03mm and then PP film 0.05mm. The MACmax-mild heating treatment is the most effective for PE film 0.03mm, and the method that does not use pre-treatments is the most effective for PE film 0.03mm, followed by PE film 0.07mm, and then PE film 0.05mm. However, ΔE value(L value) varies little at the level of 1 in the order of precedence. After all, PE film 0.03mm is the most excellent in the prevention of discoloration of fresh-cut apple in all the pre-treatment methods.

○ When fresh-cut Fuji apples were experimentally stored at the temperature of 4°C using the dipping method, non-treated samples showed on the 25th day of the storage the total microbial counts of 7 log cycle, MACmax treated samples the total microbial counts of 6.0×10^3 cfu/g, and MACmax-lysozyme treated samples the total microbial counts of 1.3×10^4 cfu/g. It is also found out that MACmax-lysozyme treated samples showed excellent chromaticity and firmness during the storage.

○ When fresh-cut Fuji apples were experimentally stored at the temperature of 4°C using the spray method, there was generally no

significant difference in the total microbial counts of treated samples, and the firmness of all the treated samples decreased rapidly.

○ When fresh-cut Tsugaru apples were experimentally stored at the temperature of 4°C using the dipping method, non-treated control samples showed on the 10th and 20th days the total microbial counts of 2.4×10^3 cfu/g and 1.0×10^6 cfu/g, respectively. In contrast, MACmax treated samples and MACmax-lysozyme treated samples showed from the 1st to the 20th day the total microbial counts of under 1 log cycle, a very low level. MACmax treated samples and MACmax-lysozyme treated samples also showed excellent chromaticity and firmness during the storage. On the other hand, in general, the content of free sugar increased and that of vitamin C decreased during the storage.

○ When fresh-cut peaches were experimentally stored at the temperature of 18°C using the dipping method, non-treated control samples showed on the 5th and 8th days the total microbial counts of 4 log cycle and 7 log cycle, respectively. In contrast, MACmax-100ppm lysozyme treated samples did not show any microbial count until the 5th day but on the 8th day the total microbial counts of under 2 log cycle, still a very low level. The chromaticity of non-treated samples was reduced on the 8th day to 63 based on L value while the other treated samples had maintained over 72 throughout the storage period.

○ When fresh-cut cabbages were experimentally stored at the temperature of 18°C using the dipping method, non-treated samples showed on the 5th a rapid increase of the total microbial counts of 6 log cycle. In contrast,

MACmax-100ppm lysozyme treated samples maintained the total microbial counts of no more than 1 log cycle per lg of samples throughout the storage period; it was an excellent restraint of microbial growth.

○ When fresh-cut potatoes were experimentally stored at the temperature of 18°C using the dipping method, samples treated in a lysozyme solution whose concentration 50~100ppm maintained a certain level of total microbial counts and chromaticity.

○ When fresh-cut vegetables were dipped in a 10 w/w% solution of fructose:glucose:sucrose=2:1:1 for one minute, the freezing point of celery was depressed to -1.1°C, red cabbage -1.9°C, radish -2.2 °C, cabbage -2.1°C, and chicory -2.0°C. When the vegetables were dipped in a 10 w/w% solution of fructose:glucose:sucrose:ethyl alcohol= 2:1:1:1 for one minute, the freezing point depression was set: as for celery at -1.9°C, red cabbage -2.0°C, radish -2.8 °C, cabbage -2.3°C, and chicory -2.3°C.

○ The initial freezing points of fresh-cut fruits were set: as for untreated melons at -1.2°C, pears -1.2°C, watermelons -1.0 °C, and apples -1.4°C. When the samples were dipped in 0.75% Malic acid, 1.0% Ascorbic acid and a solution of 0.75% CaCl₂ and when they were dipped in 0.1% Lysozyme, 0.75% Malic acid, 1.0% Ascorbic acid and 0.75% CaCl₂, their freezing points were almost not depressed.

○ The weights of fruits and vegetables were the least decremented when they were frozen using the dipping method. The weights of watermelons were decremented the most and those of apples and pears the least, when

they were frozen using the dipping method. The results show that the more moisture a sample contains, the greatest effect its freezing speed has.

○ When pears, apples, and melons were frozen using the dipping method their volumes increased or shrank, which had the least effect on the difference in their internal pressures. In contrast, when pears, apples, and melons were frozen using the air-blast method, the increase or shrinkage in their volumes had the greatest effect on the difference in their internal pressures. The results show that the faster the freezing speed is, the least the difference in internal pressures is attested. However, when strawberries and watermelons were frozen using the dipping method, the greatest internal pressure was attested.

○ The internal pressure of fruits which were not treated using the thermal equalizing method rapidly dropped at the time when the initial material temperature dropped. However, when their material temperature were moved from its initial freezing stage into the zone of maximum ice crystal formation, the internal pressure of fruits was abruptly raised. Then, as their material temperature lowered, their internal pressure steadily rose. Accordingly, it is found that their pressure increased and rose at the level of about 2 psig. The internal pressure of watermelons, which were treated using the thermal equalizing method, fluctuated in a similar way as when they were not were treated using the thermal equalizing method. Their internal pressure was about 1.3 psig, a considerably small pressure, from the initial freezing stage to the end freezing stage, because a certain level of internal pressure was generated by the temperature of samples treated with the thermal equalizing method. Furthermore, when thawed, the internal

pressure of samples treated with the thermal equalizing method was smaller than that of samples not treated with the thermal equalizing method.

○ When melons, apples, and pears were frozen using the hurdle technology technique, the range of their internal pressures fluctuated less if the thermal equalizing method was employed for 3~4 times, than if the multi-step thermal equalizing method was applied. The internal pressure of pears dipped in a solution of 40°C was much greater than that of pears treated using mild heating. In contrast, the internal pressure of untreated pears changed the least when they were frozen.

CONTENTS

Chapter I	Introduction	14
Section 1	Background and objectives	14
Section 2	Literature review	17
Chapter II	Materials and Methods	30
Section 1	Samples and pre-treatment	30
Section 2	Measurement and analysis	33
Chapter III	Results and Discussion	39
Section 1	Optimum dip solution and pre-treatment determination	39
Section 2	Multi-hurdle effects	81
Section 3	Changes in the qualities of fresh-cut products during storage	100
Section 4	Physical characteristics of fruits and vegetables during freezing, frozen storage and thawing	122
Chapter IV	Conclusion	152
Reference	157

목 차

제 I 장 서 론	14
제 1 절 연구개발의 필요성	14
제 2 절 국내외 관련기술의 현황 및 문제점	17
제 II 장 재료 및 방법	30
제 1 절 시료 및 전처리	30
제 2 절 측정 및 분석방법	33
제 III 장 결과 및 고찰	39
제 1 절 최적 dip solution 선정 및 전처리방법 결정	39
1. 최적 dip solution 선정	39
2. 물리적 방법의 hurdle 적용	67
3. 최적 dip solution 및 mild heating 병행처리 효과	75
제 2 절 Hurdle effects의 다단계 도입	81
1. Lysozyme 농도별 효과 및 Air 충전포장 효과	81
2. Mixed Gas 충전포장 효과	85
3. 포장 재질 및 두께별 초기미생물 제어효과	89
제 3 절 Hurdle effects도입 과채류의 저장중 품질특성 변화	100
1. Hurdle effects도입 신선편의 사과에 대한 효과	100
가. Dipping 방법에 의한 후지사과 처리 및 저장	100
나. Spray 방법에 의한 후지사과 처리 및 저장	103
다. Dipping 방법에 의한 쓰가루사과 처리 및 저장	107
2. Hurdle effects도입 신선편의 과채류에 대한 효과	114

가. Dipping 방법에 의한 복숭아 처리 및 저장	114
나. Dipping 방법에 의한 양배추 처리 및 저장	116
다. Dipping 방법에 의한 감자 처리 및 저장	119
제 4 절 동결처리 조건 및 빙점강하제 첨가에 따른 냉동 과채류의 물리적 특성	122
1. 빙점강하제에 의한 효과 검토	122
2. 시료별 초기빙결점 측정	128
3. 동결에 의한 중량 감소	131
4. 과채류의 냉동 및 해동중 내부압력 변화	133
5. 균온처리에 의한 내부압력	145
제 IV 장 결 론	152
참고 문헌	157

제 I 장 서 론

제 1 절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

○ 과일 및 채소류의 선도유지 등 다양한 유통기술 개발을 위한 많은 연구가 수행되어 왔으나 실용화된 적용기술은 미미한 실정임. 이와 관련한 비가열가공(nonthermal process) 기술의 일환으로 초고압(ultra-high pressure) 기술, 펄스전기장(pulsed electric field) 기술 등이 있으나 초고압 기술의 경우 고가의 장치, 연속조업의 어려움 등이 있으며, 펄스전기장 기술은 적용대상물이 액상이어야 하는 등의 문제점과 특히 높은 비용 문제로 현장 적용에 많은 어려움이 있음.

○ 최근의 과채류 소비형태는 천연상태의 품질을 최대한 유지하기 위한 기술에 역점을 두고 있으며 흔히 최소가공식품(minimal processing foods)이라는 영역을 확대해 나가고 있음. 최소가공기술은 저비용의 기술로 건강지향성, 편의성과 환경친화성 등의 다양한 장점을 지니고 있으나 기존의 최소가공 과채류의 일반적인 유통기간은 길어야 15일 전후이며, 저장성 확보를 위해 과도한 양의 chemical 사용과 공정의 효율성이 낮다는 문제점이 있음.

○ 과숙 속도가 빠른 과일의 경우에는 수확시기에 국한된 원료 과일의 수급 문제가 최소가공신선편의식품의 생산에 많은 제한적 요소가 되고 있음.

○ 냉동처리에 의한 초기 품질 유지 방법의 개발과 고품질 신선식품을 일정기간 유지시킬 수 있는 있는 미동결 상태의 빙온저장 및 부분동결 등은 기존의 냉동냉장으로 초래되는 조직과괴, 중량손실 및 영양소 손실 등을 방지할 수 있는 기술로 그 적용가능성이 기대되고 있는 기술임.

○ 따라서 이와같은 문제를 해결하기 위한 방안으로 국내에서 유통 및 소비

량이 많고, 또한 계절성 원료 과채류에 있어 가장 간편하고 신속하게 처리하여 저장성과 부가가치를 향상시킬 수 있는 새로운 기술의 개발 및 응용은 필수적으로 해결되어야 할 것인 바, 현장에서 바로 적용이 가능한 저비용의 실용화 연구가 시급함.

2. 경제 · 산업적 측면

○ 최근 식품소비에 있어 나타나고 있는 특징적인 변화는 종전의 칼로리 및 영양성 위주에서 건강지향성과 편의성이 중시되고 있고, 식품 소재별로는 과일 및 채소류의 비중이 점차 증가되고 있으며, 신선식품에 대한 소비기호가 뚜렷한 신장세를 보이고 있다는 특징이 있음.

○ 또한, 경제성장에 따른 산업화는 독신자 증가, 맞벌이 부부 증가와 함께 젊은세대의 증가로 패스트푸드 산업이 크게 신장함에 따라 과채류 소비에 있어서도 지금까지는 구입후 가정에서 세척 및 가공처리에 의해 소비하여 왔으나 앞으로는 슈퍼나 식품점에서 구입 후 바로 식탁에서 소비하는 방향으로 발전할 것으로 전망됨.

○ 뿐만아니라, 학교, 회사 등에서 단체급식의 증가로 과채류 최소가공제품의 수요는 더욱 증가될 것으로 예상되며, 비타민류와 미량요소가 함유되어 있는 신선 과채류 편의식품의 구매를 용이하게 함으로써 국민 건강증진과 함께 삶의 질 향상에 기여할 것으로 판단됨.

3. 사회 · 문화적 측면

○ 식생활 형태가 편리화, 서구화되면서 육류소비의 증가와 이에 따른 과채

류 소비 증가가 두드러지게 나타나고 있다. 즉, 외식 및 조리식품 등의 편의성이 향상된 가공품에 대한 수요가 증가하고 있으며, 또한, 식품의 구매 행동도 질과 서비스 및 가격과 가치의 균형을 중시하는 경향이 있으며, 환경문제에 관심이 집중되면서 과잉포장의 개선, 용기의 개선, 폐자원의 재사용 등에 관심이 증가하고 있는 실정임.

○ 그리고, 국민소득 증대로 인한 국민식생활 향상에 따라 신선 채소류를 그대로 또는 착즙하여 음용하는 형태의 소비가 급증함으로써 유통물량의 증대와 더불어 소비구조가 영양, 위생, 안전, 기호, 편의성 등의 소비취향과 같은 양적인 측면보다는 질적인 측면으로 전환되고 있어 우수한 품질의 과채류를 선호하는 경향이 두드러지고 있음.

○ 특히, 상치, 썩갓 및 딸기 등 대부분의 청과물은 세정 후 그대로 식용하는 기회가 증가하고 있고, 건강문제가 대두되면서 샐러리, 신선초 등을 착즙하여 음용하는 가정이 증가함에 따라 최소가공(minimal processing) 채소의 유통이 콜드체인 형태로 일반화되고 있으나 청과물 표면에 오염되어 있는 대부분의 위해 물질과 오염물질은 세척과정에서 거의 제거되지 않기 때문에 식용시 국민건강 측면에서 문제를 야기 시킬 수 있어 가시적인 살균효과를 부여할 수 있는 방법의 필요성이 점차 고조되고 있는 실정임.

○ 신선 과채류 편의식품을 산업적 측면에서 살펴보면 최근 들어 그 규모가 날로 확장되고 있는 단체급식(catering) 업체는 비용, 노동력, 위생적인 이유로 박피, 제심, 절단, 세척 등의 최소가공 공정을 거쳐 완성된 편의식 채소나 과일을 구입하고자 하는 경향이 급증하고 있으며 일반 소비자들도 점차 편리하고 바로 이용 가능(ready-to-use)하거나 바로 먹을 수 있는(ready-to-eat) 상태의 과일이나 채소에 대한 선호가 증가함에 따라 기존 과실 및 채소류의 유통 방법에서 탈피하여 상당량의 신선 농산물은 점차 최소가공 처리되어 유통될 것으로 예상하고 있음.

제 2 절 국내외 관련기술의 현황 및 문제점

1. 신선 편이식품의 가공 및 유통

과채류를 “신선 편이식품”으로 가공하기 위한 방법으로는 원료 과채류의 수확후 처리기술과 포장기술이 근간을 이룬다. 이러한 식품류를 가공하기 위해서는 가능한 처리과정을 최소화하여야 하지만 박피, 절단 및 포장을 빼놓을 수 없는 처리공정이다. 신선편이 과채류제품의 가공 및 유통공정에 대한 이해를 돕기 위해 미국에서 행하고 있는 양상치의 가공예를 Fig. 1에 나타내었다(Kader, 1992).

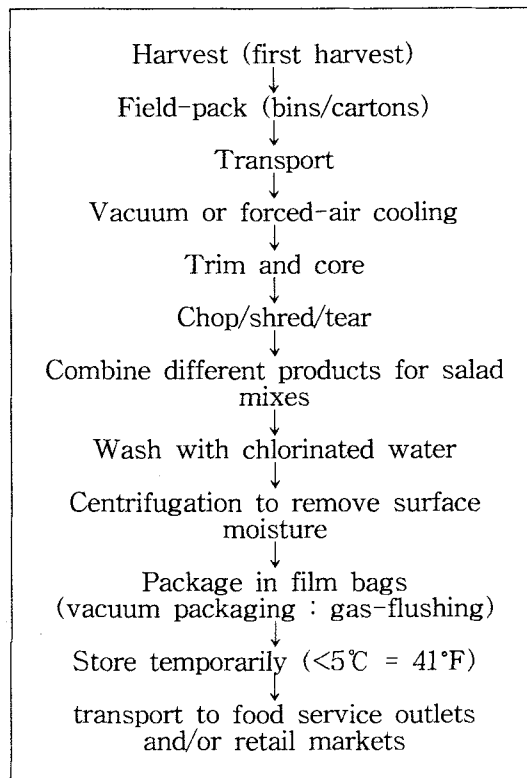


Fig. 1. Preparation of minimally processed lettuce products.

종래에는 가공용 양상치의 원료로 시장에 출하하고 들판에 남은 상치를 사용하였으나 가공제품의 품질을 높이기 위해 시장출하용보다 우수한 품질의 원료를 선택하여 사용하고 있다. 가공용 원료 상치는 적절한 용기 등에 담아 운송 즉시 감압냉각이나 강제송풍식 냉각방법을 이용하여 예냉하고 다듬기, 심빼기, 절단 등의 처리를 하여 염소가 함유된 물로 씻어 건져낸다. 이러한 처리후 절단 상치 표면에 남아 있는 물은 원심분리 등을 하여 제거한 후 진공포장 또는 가스치환 포장을 하여 일반소비자 및 단체급식처에 공급하고 있다. 한편 신선편이 식품의 처리조건은 품목별 특성 및 유통기간이 고려되어야 하는데 이에 대하여서는 Table 1에 나타내었다.

한편, 최소가공 과채류의 가공 및 유통방법은 2가지로 대별된다(Huxsoll 과 Bolin, 1989). 그 첫 번째가 원료 과채류를 가공한 후 즉시 수송하여 소비자에게 전달되도록 하는 시스템(A)이고 두 번째로는 원료를 1차 가공하여 저장한 후 수요에 따라 재가공 또는 2차 가공하여 유통시키는 시스템(B)이다. 후자의 경우 1차 가공 자체는 신선 편이식품으로의 가공이라기보다 부분가공(partially processed)이라는 용어가 보다 적합하겠지만 신선도 자체를 유지한다는 의미에서는 최소가공의 방법이라 해도 무방하리라 사료된다. 위와 같은 가공, 유통시스템에서 A 시스템의 적용에 적합한 품목으로는 당근, 셀러리 등과 같은 신선 채소 스낵류가 속하며, B 시스템에서는 파이용으로 사용할 사과, 복숭아, 파인애플 절편 등이 대표적 품목이다. 신선편이식품의 가공은 원료생산지에서 또는 소비지 근교에서 할 수 있으며 제품의 특성, 선도유지 및 유통기술 정도에 따라 결정하여야 하는데 미국의 경우 최근에는 처리장치 및 포장유통기술의 발전과 가공부산물의 처리 등을 고려하여 원료산지에서 가공하는 것이 보편적인 경향이다.

2. 신선 편이식품의 시장성

최근 들어 식품산업에서 그 규모가 날로 확장되고 있는 단체급식(catering)

업계는 비용, 노동력, 위생적인 이유로 박피, 제심, 절단, 세척 등의 최소가공 공정을 거쳐 완성된 편의식 채소나 과일을 구입하고자 한다. 또한 일반 소비자들도 점차 편리하고 바로 이용 가능(ready-to-use)하거나 바로 먹을 수 있는(ready-to-eat) 상태의 과일이나 채소를 원하는데, 다만 이들 상품은 반드시 천연 재료만 들어 있고 가공처리를 거치지 않은 듯한 신선한 상태의 고품질을 유지하여야만 상품으로서의 가치를 지닌다. 이러한 신선 과채류 편의식품은 구미 선진국, 특히 영국이나 프랑스에서는 1990년대 초부터 이미 그 시장이 폭발적으로 성장하였고, 미국에서는 2000년까지 미국 소매점에서 판매되는 모든 제품의 25% 가량을 이들 신선 편의식품(fresh-cut produce)이 잠식할 것이라고 예측한 바 있다.

한편 과채류 편의식품의 생산과 가공 부산물인 박피 쓰레기 등의 효율적 이용 측면을 고려한다면 박피 및 최소가공(minimal processing) 처리과정을 가급적 한 곳에 모아서 처리하는 것이 합리적이다. 원료 상태의 과일, 채소를 최소가공하는 데에는 2가지 목적이 있다. 첫째, 영양학적 품질을 손실하지 않은 채로 편리한 형태의 제품을 공급하되 상품을 신선하게 유지하는 것이 중요하기 때문이다. 둘째, 상품이 목적하는 소비자에게 도착하기까지 충분한 유통기간을 가질 수 있게 하기 위함이다. 이상적인 개념으로 최소가공은 ‘보이지 않는’ 처리과정으로 여겨질 수 있다. 이렇게 최소가공된 신선 과채류 편의식품의 미생물학적, 관능적, 영양적 유통기한은 적어도 4-7일은 되어야만 하고 시장에 따라서는 그 이상도 가능하여야 한다.

3. 신선 편의식품의 품질변화 요인

원료 과일이나 채소의 껍질을 벗기고 표면을 다듬거나 절단하는 과정을 거치면서 결과적으로 이들 편의식품은 몇 주 또는 몇 달간의 유통기간을 지닌 안정한 상품에서 냉장 온도에서만 1-3일 정도의 짧은 유통기간을 갖는 부패하기 쉬운 상품으로 전환된다. 즉, 신선 편의식품은 과일이나 채소가 살아있는 생체

이기 때문에 수반되는 생리적 노화, 생화학적 변화, 미생물적 변패에 의해 그 품질이 열등화되기 쉬운데, 구체적으로 상품의 색상, 조직감, 향미의 손실을 유발하게 된다. 특히 껍질을 벗기고 다듬는 과정 중에 수많은 식물 세포가 파괴되고 산화 효소와 같은 세포내 물질이 유리되기 때문에 급격한 품질변화가 가능하다.

1) 생리, 생화학적 변화

과일, 채소류의 최소가공과 관련된 가장 중요한 효소는 갈변을 일으키는 polyphenol oxidase(PPO)이다. 효소적 갈변이 일어나려면 산소, 산화 효소, 구리, 적절한 기질 등 4가지 구성 요소가 필요하기 때문에, 갈변을 방지하기 위해서는 적어도 이러한 구성 요소 중 한가지를 제거해야만 한다. 품질변화와 관련한 또 다른 주요 효소로는 lipoxidase가 있는데, 이는 과산화 반응을 촉진시켜 aldehyde와 ketone을 형성함으로써 여러 가지 불쾌한 냄새를 유발한다.

최소가공 공정에 의해 과일이나 채소류의 에틸렌 생성 또한 증가하는데, 에틸렌은 과일의 성숙과 관련이 있는 효소의 생합성을 증가시키기 때문에 절단(sliced) 과일에서 조직의 연화와 같은 생리적 변화를 일으키는데 부분적으로 작용을 한다고 볼 수 있다. 더욱이 최소가공 처리를 거친 과채류의 호흡 작용은 대상 품목, 절단 정도, 보관 온도에 따라 1.2-7.0 배 또는 그 이상 증가하게 되므로, 만약 포장 조건이 적절치 못하다면 혐기성 호흡을 일으킴으로서 ethanol, ketone, aldehyde 등을 생성하게 된다.

2) 미생물학적 변화

박피, 절단, 세절 과정 중 과채류의 표면은 공기에 노출되고 세균, 효모, 곰팡이 등에 오염될 수 있다. Garg 등에 따르면 공장 내에서 일어나는 오염의 주요 원인은 세절기(shredder)로서 이는 coleslaw 용의 양상치나 양배추를 세절할 때 사용된다. 특히 최소가공 처리된 채소류의 경우, 대부분 저산성(pH 5.8-6.0) 식품으로 분류되고 높은 수분 함량을 지니며 단면의 수가 많아서 미생물 생육에 이상적인 조건이 될 수 있다.

과일이나 채소에서 발견되는 세균군은 매우 광범위하다. 신선 엽채류의 주요

오염 미생물은 *Pseudomonas*와 *Erwinia* 속으로 초기 균수는 대략 g당 10^5 cfu 정도이지만 간혹 약간의 곰팡이와 효모도 존재한다. 특히 최소가공 처리를 거친 엽채류를 저온에서 저장하는 경우, 펙틴 분해능을 갖는 *Pseudomonas* spp.의 일부 균종은 세균성 부패증(bacterial soft rot)을 일으킨다.

한편 이탈리아와 미국에서는 상품화된 최소가공 과채류 제품에 대해 미생물 검사를 실시한 바 있다. 수프용으로 MA 포장된 채소류 제품에서 초기 세균수 입에도 대략 호기성 세균은 10^8 cfu/g, coliform은 5.6×10^6 cfu/g, *Pseudomonas* spp.는 1.5×10^7 cfu/g, 젖산균은 10^6 cfu/g 수준으로 결과가 나왔다. Manzano 등은 수프 제조용 채소류의 초기 미생물 수가 높은 이유를 아마도 작업자에 의한 오염과 자연적 오염뿐만 아니라 사용된 기계나 환경 등에 의한 것이라고 하였다. 또한 Marchetti 등도 상업적으로 판매되는 여러 가지 채소 샐러드 제품에서 저온성 세균 및 중온성 총세균 수가 10^8 cfu/g를 넘는 정도로 매우 높다는 것을 확인한 바 있다. 특히 혼합 샐러드와 당근 제품의 경우 적색 치커리나 녹색 치커리보다 더 오염 정도가 심했다. 더욱이 *Aeromonas hydrophila*의 초기 균수도 10^6 cfu/g 정도로 매우 높다는 사실을 발견하였는데, *Aeromonas hydrophila*는 흔히 질병을 일으키기도 하는 병원성 균종으로 즉석 샐러드 제품에서 잘 자랄 수 있다.

초기 미생물수가 많으면 부패의 기준으로 판단할 수 있는 절대적 미생물 수치(미생물 수가 이 숫자 이상이면 부패하였다고 보아도 무방한 수준)를 정하기가 어렵다. 여러 연구결과에 의해 밝혀졌듯이 pH, lactic acid, acetic acid, CO₂ 농도와 같은 부패의 화학적 지표나 관능적 품질, 총 미생물수 사이에는 단순한 상관관계가 성립되지 않는 것으로 나타났다. 실제로 최소가공 처리된 과일이나 채소 제품의 경우 각기 다른 부패 양상을 나타내는데, 이는 원재료의 특성에 따라 매우 달라진다.

3) 신선 과채류 편의식품의 안전성

최소가공 처리된 과채류 제품은 가열처리를 하지 않았으므로 사용된 첨가물이나 포장재에 관계없이 5℃ 이하의 냉장 온도에서 취급하고 저장하여야

만이 충분한 유통기한과 미생물적 안전성을 확보할 수 있다. 이러한 최소가공 신선 편의식품에 있어서 온도 관리의 중요성은 각종 연구결과 뿐만 아니라 기초적인 교재에서도 잘 나타내주고 있다. 예를 들어, 온도가 높아지면 제품의 호흡이 급격히 증가하는데, 이는 절단 정도(slicing grade) 등과 같은 다른 요소보다도 제품에 더 큰 영향을 미친다. 그러나 *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella* spp., *A. hydrophila*와 같은 일부 병원균은 저온에서도 살 수 있고 심지어 증식하기도 한다. 반면, Brackett은 최소가공 과채류 제품이 다른 식품에 비해 상대적으로 안전하다고 하였는데, 특별히 과일 제품의 경우 일반적으로 병원균의 성장을 억제하기에 충분할 정도의 산성 식품이므로 안전하다고 하였다. 대부분 냉장 유통되는 신선 식품에 부패 미생물이 존재할 경우 이는 저온성균이므로 다른 병원균보다 경쟁적 우세를 나타낸다. 그러나 이들 최소가공 신선 과채류 제품의 미생물학적 안전성에 대한 체계적인 연구는 아직까지 너무 부족한 상태로 더 많은 연구노력이 필요하다. 또한 HACCP이나 GMP 원칙의 적용 등을 포함한 각종 위생관련 제조과정을 도입하여 신선 편의 식품에 있어 미생물 오염 위험성을 방지하도록 노력하는 것이 가장 중요하다고 볼 수 있다.

4) 영양성분의 변화

최근 자료에 의하면 최소가공 처리된 과일 및 채소류 제품은 미생물학적 기준뿐만 아니라 색상, 향미, 질감 등을 객관적, 주관적으로 측정하여 상품의 품질기준으로 결정한다고 한다. 아직까지 신선 편의식품의 비타민, 당, 아미노산, 지질, 섬유소 함량 등 영양적 가치에 관해서는 알려진 바가 거의 없으나, 최소가공 처리된 농산물의 비타민 함량이 세척에 의해 어떠한 영향을 받는지에 대한 일부 결과가 보고되어 있다. 향후 최소가공 처리된 과채류의 영양적 가치 측면에 관한 연구가 더 필요함은 두말할 나위가 없다고 본다.

Table 1. Requirements for the commercial manufacture of pre-peeled and/or sliced, grated or shredded fruit and vegetables

Working principle	Demands for processing	Customers	Shelf life at 5°C (days)	Examples of suitable fruit and vegetables
Preparation today, consumption tomorrow	<ul style="list-style-type: none"> Standard kitchen hygiene and tools No heavy washing for peeled and shredded produce; potato is an exception Packages can be returnable containers 	Catering industry, restaurants, schools, industry	1-2	Most fruit and vegetables
Preparation today, the customer uses the product within 3-4day	<ul style="list-style-type: none"> Disinfection Washing of peeled and shredded produce at least with water Permeable packages; potato is an exception 	Catering industry, restaurants, schools, industry	3-5	Carrot, cabbages, iceberg lettuce, potato, beetroot, acid fruit, berries
Products are also intended for retailing	<ul style="list-style-type: none"> Good disinfection Chlorine or acid washing for peeled and shredded produce Permeable packages; potato is an exception Additives 	Retails shops, in addition to the customers listed above	5-7	Carrot, Chinese cabbage, red cabbage, potato, beetroot, acid fruit, berries

Table 2. Inhibiting treatments for quality enhancement of minimally processed fruits and vegetables

Respiration	Browning	Softening	Microorganism
Selection of good cultivar	Ascorbic acid and Na salt	Calcium infiltration	Streptomycin sulfate
	Erythrobic acid and Na salt	MA & active packaging	
Sharp cutting	Ascorbic acid-2-mono-and triphosphate	Natural PG & β -galactrosidase inhibitors	Hydrogen peroxide S o d i u m hypochlorite
MA & active packaging	Citric acid		Sodium benzoate
Divalent ions	Cysteine	Mild heat treatment	Potassium sorbate
UV lights	N-acetyl cysteine		
	4-Hexyiresorcinol	Selection of good cultivar	CIP and HACCP system
	EDTA(disodium salt)		pH control
	Sodium acid pyrphosphate		MA & active packaging
	Sporix		
	Sodium hexametaphosphate		
	Hydroxypropyl β -cyclodextrin		
	Zinc chloride		
	MA & vaccum packaging		
	Selection of good cultivar		

4. 빙점강하제 첨가 및 균온처리에 의한 과채류 냉동처리기술

일반 농산물과 같은 식물체가 동결되면 먼저 세포외 동결로 세포벽이 파괴됨과 동시에 세포내 동결이 일어나 액포나 기타 세포내 소기관이 붕괴되어 생명력을 소실하게 되며, 세포의 팽압보유력 또한 소실되어 조직 연화로 인한 상품성을 소실하게 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 가압이나 빙점강하제를 이용하여 빙결점의 폭을 확대시키려는 연구가 진행중인 것으로 알려져 있다. 빙점강하제는 단당류, 이당류, 다가 알코올 및 무기염류 등의 냉동보호물질(cryoprotectants)을 첨가하여 냉동저장하는 방법으로서 축산냉동제품의 단백질 침전이나 유화안정성을 부여하기 위하여 많이 연구되어 왔다. 이에 대한 연구로서는 Trout와 Scheid가 크림에 10%의 설탕을 첨가하여 냉동하면 크림의 유화안정성을 향상시킬 수 있으며, Badcock 등은 살균우유에 설탕과 ascorbic acid를 첨가하여 냉동저장하면 단백질의 침전 및 지방의 산패를 어느 정도 막을 수 있다고 하였다. 또한 Wakamatu 등은 난황에 설탕과 NaCl을 각각 첨가하여 냉동시킨 후 해동을 하였을 때 난황의 gel화를 방지할 수 있다고 보고하였다. Meryman에 의하면 냉동보호물질은 냉동저장시 작은 얼음 입자를 형성하고, 결합수를 증가시켜 단백질의 변성을 방지함은 물론 유화 안정성을 유지시키는 역할을 할뿐만 아니라 액체식품에 냉동보호물질을 첨가할 경우에는 조직의 변화를 극소화함과 동시에 빙점강하효과를 얻을 수 있다고 보고한 바 있다. Sterling은 과실의 냉동에 있어 glycerol, ethylene glycol, propylene glycol, sorbitol, 당류, 염화나트륨 등의 동결방지제로서의 보호작용에 관하여 보고하였다. 그리고 국내에서는 Lee와 Shin의 우유와 오렌지주스의 냉동냉장시 동결방지제를 이용한 연구가 있으며, Jeong 등의 딸기펄프와 붉은 생고추 페이스트의 냉동저장시 염류, citric acid, dextrose, fructose, sorbitol, ascorbic acid 등의 동결방지제를 이용한 것이 고작으로 과채류의 저온저장에 동결방지제를 이용한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

그러나 이들의 연구는 주로 냉동보호물질을 식품에 첨가하여 식품 중의 수분

을 빙결점으로 전환시켜 냉동저장하는 방법에 관하여 연구되었다. 또한 빙점강하제를 이용하여 상의 변화를 초래하지 않고 신선물 상태로 저장한 연구결과로서는 국내에서 신 등이 과실펄프 및 오렌지주스의 가공식품에 대한 연구보고가 있으며, 일본에서는 山根이 20세기 배, 오이 등에 대한 개론적인 보고만 있을 뿐이다. 특히 山根은 빙온영역에서 생체 저장시 저온 stress에 대항하기 위하여 체내의 단백질이나 다당류를 저분자화하여 세포액 중의 용질의 분자수를 증가시켜 세포액의 삼투압을 높이는 관계로 빙결점이 하강하는 것으로 판단하고 있다. 또한 그는 실제 20세기 배에 대하여 sorbitol, vitamin C, fructose, iodine를 사용하였을 때 빙점강하효과는 fructose가 가장 우수하였으나 선도 면에서는 요소가 가장 우수하다고 하였으며, 오이의 경우에는 glucose, alcohol, NaCl, sodium acetate를 사용한 결과 20% NaCl이 가장 우수한 결과를 나타내었다고 하였다. 그러나 20세기 배에 적용한 빙점강하제의 농도를 0.5%로 고정하여 실험한 관계로 실제 빙점강하 효과가 미미한 것으로 나타났다. 또한 NaCl은 빙점강하 효과는 높으나 절임 현상으로 인하여 조직감이 상실됨과 동시에 갈변 등의 색 변화도 상당히 촉진되어 상품성이 소실되는 문제가 있으나 이에 대한 체계적인 연구가 되어 있지는 않는 실정이다. 따라서 농산물의 빙결저장시 빙점강하제의 선택에는 제품의 특성과 경제성을 충분히 고려되어야 하며 동시에 적정 농도와 적용방법 등에 대한 체계화된 연구가 요구된다.

한편, 현재까지 보고된 동결방지제의 식품에 이용한 예와 그 기능을 소개하면 Table 3과 같다.

Table 3. Utilization and function of cryoprotectants in foods

Cryoprotectants	Function	Remarks
<u>Mono- and disaccharides</u>		
Glucose	minimize gelation of egg yolk minimize precipitation of milk proteins.	Lopez et al Loneragan et al
Fructose	minimize gelation of egg yolk	Jaax, Lopez et al
Sucrose	minimize gelation of egg yolk minimize precipitation of milk proteins.	Wakamatu et al Loneragan et al
Sucrose syrups & other sugar syrups	retard oxidative browning of fruit by excluding O ₂ .	Pointing
Various mono- & disaccharides	minimize insolubilization of protein in fish.	Tamoto et al
<u>Polyhydric alcohols</u>		
Glucose	minimize gelation of egg yolk minimize insolubilization of protein in fish minimize precipitation of milk proteins.	Lesser Love & Elerian Minson et al
Sorbitol	minimize precipitation of milk proteins.	Desai et al
<u>Salts</u>		
Sodium chloride	minimize gelation of egg yolk. inhibit oxidative enzymes in fruit.	Wakamatu et al Reed
Sodium citrate	minimize precipitation of milk proteins.	Doan & Warren
Polyphosphates	minimize precipitation of milk proteins. minimize thaw-exudate in fish minimize thaw-exudate in poultry.	Doan & Warren Meyer et al Klose et al

Table 3. (continued)

Cryoprotectants	Function	Remarks
<u>Other</u>		
Ascorbic acid	minimize oxidative browning in fruits by serving as a reducing agent.	Reed
Citric acid	minimize oxidative browning in fruits by altering pH to a value less suitable for oxidative enzymes.	Pointing
Carboxymethyl-cellulose, alginates & other gums	improves texture of ice cream by promoting the formation and stability of small ice crystals.	Doan & Warren
Lactose	minimize precipitation of proteins in milk by prevention of lactose crystallization.	Lonergan et al

한편, 동결은 식품의 장기간 보존을 위한 가장 안전한 방법 중의 하나로 알려져 있다. 만일, 동결식품이 정확히 가공 처리되었으면 식품 본래의 향미, 색, 조직감 및 영양가가 신선상태 그대로 유지되어야 할 것이다. 그러나 동결은 모든 품질변화를 방지하는 신비의 방법은 아니다. 이미 알려진 바에 의하면 비록 급속동결은 적은 drip 손실과 고품질을 유지하는 잇점을 지닌 것으로 소개되고 있지만 어떤 제품에서는 낮은 온도의 침지식 또는 송풍식 동결에 의해 장시간 처리한 경우 제품 표면에 금이 생기거나 심지어 부숴지기도 한다.

지금까지 freeze-cracking을 설명하는 메카니즘은 다양하지만 가장 일반적인 설명은 water-ice의 상변화와 연계된 체적변화에 기인하는 급속동결에 의한 기계적 손상으로 설명되고 있다. Fennema와 Powrie(1964)는 동결중 조직에 기계적 손상을 입히는 주요 인자로서 미세조직 내에 있는 빈 공간의 양과 체적팽창으로 서술하였다. 그리고 동결중 체적변화는 0℃ 순수한 물이 동일한 온도에서 ice로 변환할 때 대략 9% 수준의 팽창을 일으키지만, 대부분 식품은 순수한 물보다는 다소 적게 팽창하며, 식품에 있어 각기 다른 균열 민감도를 가지는 것은

수분함량, 조성 및 결합수(bound water) 함량 등의 차이에서 기인되는 것으로 보고되고 있다.

제 II 장 재료 및 방법

제 1 절 시료 및 전처리

1. 실험재료 및 시약

실험에 사용된 후지 사과는 국내산 오존처리 사과(풍기농협백신지소, 250~295g)를 성남시 소재의 대형마트에서 당일 배송된 것을 구매하였다. 복숭아는 충북 음성에서 재배한 아부백도(10-11ea/box)를 가락동 청과물 시장에서 구입하였으며 양배추(한풀영농조합), 감자(햇감자), 샐러리(하남 서부농협), 케일 등은 실험당일 배송된 신선한 것을 성남시 소재의 대형마트에서 구입하였고 모든 시료는 5°C 이하의 RH 90~95% 조건에서 저장하면서 실험에 사용하였다.

동결처리 시험에 사용된 사과, 배, 딸기, 메론 및 수박 등의 시험용 과채류는 현지에서 당일 새벽에 수송되어 온 신선한 것을 농협 하나로마트(경기도 성남)에서 구매하여 5°C에서 1일간 보관한 것을 사용하였다.

신선편이 과채류의 전처리용 침지액 제조에 사용된 천연 항균제 및 시약은 lysozyme(Sigma Co.), chito oligo[노디케이-F, (주)벤스랩], Grapefruit seed extract(GSE)[DF-100, (주)에프에이뱅크], 매실농축액(광양매실영농조합법인) 및 주정(대한주정)이었다. 또한 유기산은 malic acid(Yakuri pure chemicals Co., Japan)와 citric acid(Junsei chemical Co., Japan)를 사용하였으며, 갈변방지제로는 Ascorbic acid(Showa chemical., Japan)와 조직 강화제로 CaCl₂(Duksan pure chemical Co.)를 사용하였다. 이외 시약은 모두 승인된 등급의 Extra pure 급 시약을 사용하였다.

포장재로는 Sealed Air Co.의 CRYOVAC P640B (Oxygen transmission rate: 12 cc/m²/24hr/73F/0%RH), CRYOVAC B190 (Oxygen transmission rate: 250 cc/m²/24hr/73F/0% RH) 및 Tenneco Packaging Inc.의 제품으로 시중 매장에서 다량 판매되고 있는 Hefty One Zip Storage slider bag을 사용하였다.

2. 침지액 및 피막액 조제

주로 ascorbic acid, CaCl₂ 및 citric acid를 이용하여 각각 0.25~1.0%의 범위에서 1:1:1(w/w) 혼합비율을 기준으로하여 조제하되, 시료의 종류에 따라 NaCl, chitosan을 혼합하여 사용하였다. 한편, 피막액은 키토올리고당 80% 및 팜유, 대두유, 갈릭오일 조성물 20%에 200~400배(v/v)의 증류수와 30ppm Tween 80을 혼합하여 조제하였으며, 사용방법은 침지액의 방법에 준하였다.

3. 시료의 전처리

가. 침지처리

사과, 복숭아는 core를 제거한 것을, 감자, 우엉, 연근 등은 유수에 세척한 다음 자연탈수하고 박피한 것을 slicer(Mirra 275, Sirman Co., Italy)로 5mm 두께로 slicing하고 양배추는 수세후 자연탈수한 것을 그대로 slicer로 세절하여 미리 제조하여 각각 40℃로 유지시킨 침지액에 1분간 침지하였다. 침지 후 상온에서 표면탈수(표면온도 28~29℃) 시킨 후 50℃의 dry oven에서 10시간 가열, UV를 조사한 각각의 포장 film에 포장하였다.

나. 분무처리

사과는 core를 제거한 것을, 우엉과 딸기는 유수에 세척한 다음 자연탈수하고 박피한 것을 slicer로 5mm 두께로 slicing하고 양배추는 수세후 자연탈수한 것을 그대로 slicer로 세절하여 시험제작한 Spraying system으로 개별 침지용액을 분사 수압 1~2kg/cm², 분사 시간 0.2sec로 시료의 앞뒷면을 각각 2회 반복 분사하였다. 분사 후 80℃ dry oven에서 3min간 열풍건조한 다음 50℃의 dry oven에서 10시간 가열, UV를 조사한 각각의 포장 film에 포장하였다.

다. 건열처리

시료의 건열처리는 열풍 건조장치를 사용하여 실시하였으며, 건조온도는 18℃, 80℃, 120℃ 및 160℃였으며 처리시간은 각각 1분과 3분으로 하였다. 열풍 건조장치는 향온항습기, 건조실, 송풍팬 및 덕트, 로드셀, 자료수집장치로 구성되어진 것을 사용하였다. 즉, 향온항습기 내부크기는 80×90×90cm이며, 운전조건은 건조온도 0~150℃와 상대습도 30~95%이었다. 송풍팬은 0.5HP의 DC모터로 구동되며 최대송풍량은 0.96m³/min이었고 시료가 건조되는 건조실의 크기는 50×50×50cm 이고, 건조실 및 송풍기와 향온항습실의 연결관은 5cm 두께의 유리섬유 재질의 단열재로 피복되어 있는 것을 사용하였다.

라. 동결시험용 전처리

사과, 배, 딸기, 메론 및 수박 등의 시료를 박피한 후 일정 크기의 4각형(3×2×2cm)으로 절단하여 5℃ 이하로 보관하면서 사용하였고, 동결시 균온처리는 0±0.5℃, -5±0.5℃, -10±0.5℃ 및 -15±0.5℃의 4단계에서 각각 3~6시간 동안 처리하였다. 해동은 실온에 그대로 방치하면서 품온이 +1.0℃에 도달할 때까지 실시하였다.

제 2 절 측정 및 분석방법

1. 표면온도의 측정

건열처리 등 시료의 가열처리 중 표면온도는 spot thermometer(HT-11D, Minolta, Japan)을 이용하여 측정하였다.

2. 총균수의 측정

미생물 측정은 시료에 10배수의 멸균생리식염수[0.85%(w/v) NaCl]를 가한 후 스토마커(Seward, Stomacher 400 circulator)로 고체시료(사과, 감자, 복숭아)인 경우에는 1~2분간 230~260rpm으로 균질화하고, 채소류의 착즙액(샐러디, 케일)은 녹즙기[(주) 동아산업, Oscar 만능요리기 DA 502)를 이용하여 착즙한 다음, 각각 1ml를 취한 후 단계 희석하고 배지에 pour plating한 후 35°C incubator에서 48~72시간 동안 배양한 다음 plate당 25~250개의 colony를 형성한 plate를 취하여 계수하고 시료 1g당 또는 시료 1ml당 총균수로 환산하였다. 균수측정용 배지는 PCA(Plate Count Agar, Difco Lab.)를 이용하였다.

3. 미생물 생육저해 시험

미생물 생육저해 효과시험을 위해 사용된 균주는 Table 4의 균주를 한국식품개발연구원에서 동결건조 상태로 분양 받아 시험전 생육배지에서 overnight culture하여 activation시킨 다음 lysozyme, citric acid, malic acid 및 ascorbic acid에 의한 미생물 초기 제어 효과를 각각 측정하였다. 이들 공시균주를 28~37°C에서 12~24시간 배양한 후 생육저해제 첨가후 즉시 1%(v/v)의 농도로 접종하고 30°C incubator에서 배양하면서 배양시간별 균주의 생육도를 UV Spectrophotometer(Jasco V-570, Japan)를 사용하여 OD₆₆₀에서 흡광도 값으로 측정하고 경시적 변화를 관찰하였다.

Table 4 . Microorganisms and medium used in this experiments

Strain	Medium
<i>Lactobacillus plantarum</i> KFRI 00163	MRS medium(Difco lab.)
<i>L. acidophilus</i> NRRL B-4495	“
<i>L. amylophilus</i> NRRL B-4437	“
<i>L. brevis</i> ATCC 8287	“
<i>Bacillus subtilis</i> KFRI 01121	Nutrient medium(Difco lab.))
<i>Escherichia coli</i> KFRI 00242	“
<i>S. typhimurium</i> KFRI 00191	“
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> KFRI 00190	“
<i>P. fluorescens</i> KFRI 00194	“

4. 색차의 측정

시료의 표면 색차는 색차계(UltraScan XE, Hunter Lab., USA)를 사용하여 고체시료는 RSIN mode로 시료 당 2개의 시료를 선정하여 표면부위 4 곳을 각각 2회 반복 측정하였고, 액체시료의 경우 TTRAN mode를 사용하여 2개의 시료를 착즙 상태로 2회 반복하여 Hunter 색차계의 밝은 정도를 나타내는 L값(Lightness), 붉은 색의 정도를 나타내는 a값(redness) 및 노란색의 정도를 나타내는 b값(yellowness)으로 측정하였다.

Table 5. Operation condition of color test

Index	Condition
Color system	HunterLab UltraScan XE
Scale	Hunter Lab
Illuminant	D65
Mode	RSIN, TTRAN
Port size	1.00 ”
Standardization Modes	RSIN/TTRAN

5. 조직감의 측정

조직감은 Texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro System Ltd., England)을 이용하여 rupture test로 측정하였다. Rupture test에 사용한 probe는 $\Phi 10$ mm의 stainless steel rod형이며, test speed 1.0mm/sec, distance format은 strain이고 strain은 50%으로 고정하였다. 측정결과는 probe가 접촉한 시료에 가해진 힘 force(g) 값으로 나타내었으며 처리구당 3개의 시료를 무작위로 추출, 각 시료에 대해 4회 반복 측정한 후 평균치를 나타내었다. 조직감 측정시 사과 및 복숭아의 slice 두께는 각각 7mm이었다.

Table 6. Operation condition of rupture test

Index	Condition
Type	Measure force in compression
Distance format	strain(50%)
Test speed	1.0 mm/s
Probe diameter	10 mm/s

6. 비타민 C 함량

시험용 시료의 비타민 C 함량은 HPLC법으로 측정하였다. 즉, 시료에 5%(w/v) metaphosphoric acid를 가하고 저온에서 신속히 추출한 다음 5분간 교반하였다. 추출액을 0.45 μ m 멤브레인 필터로 여과하여 HPLC에 주입하였다. 이 때 사용한 HPLC system은 Table 7과 같으며 다음 식으로 비타민 C의 함량을 계산하였다.

$$\text{비타민 C 함량(mg/100g)} = \frac{C \times D}{s} \times 100$$

C : 검량곡선 상에서 구한 비타민 C의 함량(mg)

D : 희석배수

s : 시료의 무게(g)

Table 7. HPLC operating conditions for vitamin C analysis

○ Instrument	JASCO HPLC system
○ Detector	UV/VIS 254nm
○ Oven temp.	30 °C
○ Flow rate	1.0 ml/min
○ Column	Waters μBondapak C ₁₈ (3.9×300mm)
○ Mobile phase	50mM sodium phosphate : MeOH = 9 : 1

7. 유리당 함량

시료 약 5g을 100ml의 공전 플라스크에 취하고 약 50%(v/v) 에탄올 용액 100ml를 가한 다음 필요에 따라 10% 수산화 나트륨을 사용하여 중화하였다. 30분간 초음파로 추출하고 추출액을 0.45μm 멤브레인 필터로 여과하여 HPLC에 주입하였다. 이 때 사용한 HPLC system은 Table 8과 같으며 표준당 검량곡선으로부터 다음 식으로 유리당 함량을 계산하였다.

$$\text{당 함량(\%)} = \frac{C \times D}{s} \times 100$$

C : 검량곡선 상에서 구한 당의 함량(mg)

D : 희석배수

s : 시료의 무게(g)

Table 8. HPLC operating conditions for free sugar analysis

○ Instrument	JASCO HPLC system
○ Detector	RI
○ Oven temp.	30 °C
○ Flow rate	1.0 ml/min
○ Column	Carbohydrate Cartridge(4.6×250mm)
○ Mobile phase	CH ₃ CN:H ₂ O(75:25, v/v)

8. 산도의 측정

시료의 산도는 시료의 각 부위별로 균일하게 채취하여 blender(Oster 861-66L, USA)로 균질화하고 시료액 50~100ml를 비커에 취한 다음 pH meter(ORION 520A, Orion Research Inc., USA)를 이용하여 0.1N-NaOH(Yakuri pure chemical Co., Japan) 용액으로 pH 8.2까지 적정하고 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{산도(젓산\%)} = \frac{V \times f \times 0.009}{W} \times 100$$

V : 시료액을 적정하는데 소요된 0.1N-NaOH 용액의 양(ml)

W : 적정에 사용된 시료액의 양(ml)

f : 0.1N-NaOH 용액의 역가

9. 동결실험, 내부압력, 빙결점 및 온도 측정

시료 처리조건에 따른 내부압력 및 품온 측정을 위한 주요 장치는 동결장치, 압력 및 온도 측정부 및 데이터 출력부로 구성하였다. 시료의 송풍식 및 정지공기식 동결은 2원냉동시스템의 초저온동결고(모델: SW-UF 400, 삼원냉열)를 이용하여 고내(유효면적: L1,850×W850×H980mm) 중심부에 설치한 트레이 위에 시료를 얹고 -20~-70°C범위에서 온도조절기와 송풍량으로 온도를 조절하

도록 하였고, 프로필렌글리콜을 사용할 침지식 동결에서는 브라인 냉각을 위해 2Hp의 압축기 유니트(저온측: R-503, 고온측: R-502)와 브라인 가열을 위해 2.2kW의 전열히터를 설치하였다.

압력측정은 $-14.8\sim 100\text{psi}$ 범위의 pressure transducer(모델: C280E, Setra, USA)의 압력부에 길이 10cm, 직경 2mm 동관을 연결하여 나사로 고정시켜 밀봉처리 한 후, 온도를 동시에 측정하고자 K-type의 0.3mm 동-콘스탄탄 열전대를 함께 고정하여 단열처리 하였다. 동결시의 내부압력 및 소요시간은 시료의 기하학적 중심부의 온도가 -18°C , 해동시의 내부압력 및 소요시간은 품온이 $+1^{\circ}\text{C}$ 에 도달할 때까지 Hydra data acquisition(모델: 2625A, Fluke, USA)를 이용하여 연속 측정하였다.

시료의 빙결점은 각각의 중심부위에 thermocouple을 사용하여 Beckman법에 의하여 빙결점을 결정하였으며, 온도측정은 Hackert 등의 방법에 따라 0.3mm Ψ copper-constantan 열전대를 시료의 기하학적 중심부에 부착하여 일정온도에 도달할 때까지 Hydra data acquisition(2625A, Fluke, USA)을 사용하여 연속측정 하였다. 본 실험에 사용한 내부압력 측정용 transducer의 표준편차는 $\pm 0.40\text{psig}$, 열전대는 $\pm 0.12^{\circ}\text{C}$ 이다.

제 III 장 결과 및 고찰

제 1 절 최적 dip solution 선정 및 전처리방법 결정

1. 최적 dip solution 선정

침지액(dip solution)의 조성 및 농도를 결정하기 위해 갈변, 조직 연화방지 및 미생물 생육 억제와 관련된 기존의 문헌에서 antibrowning activity는 ascorbic acid, isoascorbic acid, NaCl, kojic acid, trehalose 및 oxalic acid 등을, 조직과 관련하여서는 CaCl_2 , calcium propionate, calcium lactate 및 chitosan 등을, 미생물과 관련하여서는 lysozyme, pediocin, calcium propionate, isoascorbic acid, kojic acid 및 chitosan 등을 침지액 제조를 위한 첨가제로 각각의 효능을 측정하였다. 그 결과 효과가 우수하고 생산현장에 실제 적용이 가능하다고 판단되는 몇가지 첨가제를 중심으로 후지사과를 대상시료로 하여, 총균수 및 색도 변화와 저장에 따른 관능특성 측면에서 각 첨가제의 사용 농도별 정균 효과를 확인하였다.

가. 첨가제 종류에 따른 미생물 제어 효과 및 관능특성 변화

유기산의 항균성은 pH 저하작용과 유기산 자체의 항균력에 의한 것으로 알려져 있으며, 이런 특성을 이용하여 채소류 등의 농산물 전처리 공정에서 세정시에 표면 미생물 감소를 목적으로 사용되고 있다. 또한 ascorbic acid는 가장 널리 알려지고 현장에서 활용되고 있는 대표적인 항갈변제이며, CaCl_2 는 과채류에 대한 조직강화 등의 작용으로 널리 알려져 있다. 따라서 이들 첨가제를 비롯하여 식품첨가제 용도의 lysozyme, chitosan 및 DF-100 등의 시중에 유통되는 몇몇 항균성 천연첨가제를 대상으로 초기 미생물 제어 효과, 색도(L value) 및 관능특성을 확인하였다.

1) Citric acid

구연산 농도 0.1~1.5%를 사용하여 제조한 침지액에 절단된 후지사과를 침지하여 18℃ 저장중 총균수의 변화 및 관능특성을 확인하였다. 침지후 초기 미생물의 수는 무처리구, 증류수 처리구, 0.25%이하 구연산 처리구에서는 g당 10^3 cfu 수준이었으며, 0.5%이상 구연산 처리구에서는 10^2 cfu 수준으로 나타났다(Fig. 1, Fig.2). 즉, 0.5% 수준의 구연산 농도에서 초기 3일간의 미생물수의 양상에 뚜렷한 차이를 보여, 최소 농도가 0.5% 수준임을 알 수 있었다. 구연산 농도 0.5%이상의 처리구를 비교해 볼 때(Fig.1), 1.0% 구연산 처리구가 가장 우수한 것으로 나타나 3일차에 10^5 cfu, 6일차에는 4.8×10^7 cfu의 수준을 보였다. 한편, 0.75%이상의 구연산 처리구에서는 저장 4일차를 전후해서부터 무처리, 증류수처리 및 0.5%이하의 구연산 처리구에 비해 오히려 총균수가 증가하는 현상을 보였다.

저장기간에 따른 색도(L value)의 변화에 있어서는 총균수의 경우와 다른 양상을 보여 저장기간에 관계없이 무처리가 가장 우수한 것으로 나타났으며, 저장 초기부터 3일까지는 구연산의 농도가 높아질수록 L value가 낮은 것으로 나타나 갈변이 심화됨을 알 수 있었다(Fig. 3, Fig.4). 특히, 초기미생물 제어 측면에서 우수한 1.0% 구연산 처리구의 경우, 저장 초기부터 L value가 가장 낮은 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 저장 6일까지 지속되었다.

한편, 관능적 특성에 있어 전반적으로 저장 3일까지에는 무처리구 및 1.25% 구연산 처리구를 제외하고 열등한 수준이었으며, 저장 6일의 경우 대부분의 처리구가 매우 열등한 것으로 나타났다.

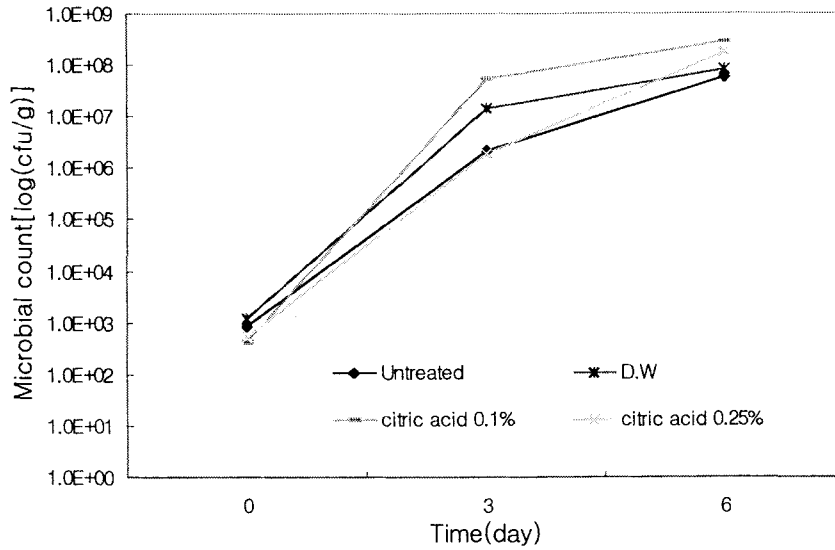


Fig. 1. Hurdle effect of 0.1~0.25% citric acid on microbial count

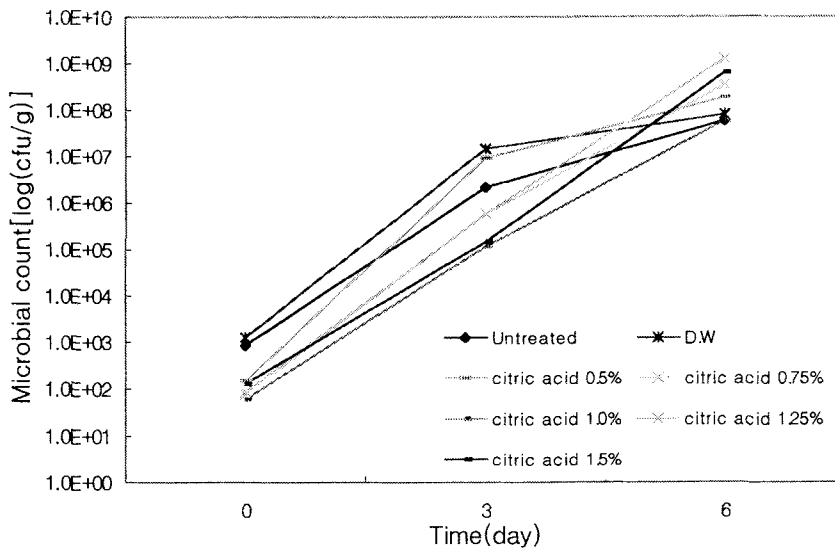


Fig. 2. Hurdle effect of 0.5~1.5% citric acid on microbial count

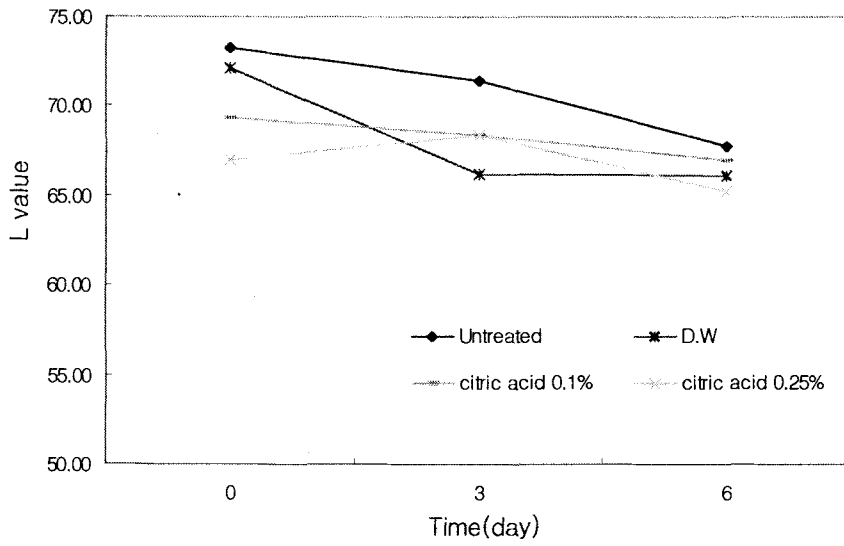


Fig. 3. Hurdle effect of 0.1~0.25% citric acid on L value.

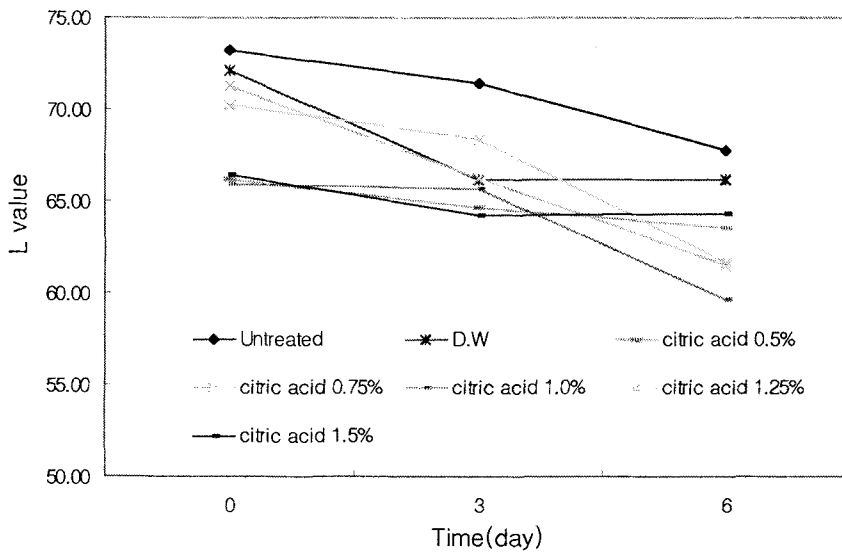


Fig. 4. Hurdle effect of 0.5~1.5% citric acid on L value.

2) Malic acid

사과산 농도 0.1~1.5%를 사용하여 제조한 침지액에 절단된 후지사과를 침지하여 18℃ 저장중 총균수의 변화 및 관능특성을 확인하였다. 침지 후 초기 미생물수의 수준을 확인한 결과 증류수 처리구의 경우 10^3 cfu/g 수준이었으며, 0.1%이상의 모든 사과산 처리구에서는 g당 10^2 cfu의 수준을 보였다(Fig. 5, Fig.6). 상온(18℃) 저장 3일차를 볼 때, 사과산의 농도가 높아질수록 총균수의 증가가 억제되는 것을 알 수 있었으며, 특히, 0.75% 수준 이상의 사과산 농도에서는 총균수가 10^5 cfu/g 수준이하로 억제되는 것으로 나타났다. 이러한 정균작용은 구연산의 농도에 따른 결과(Fig. 2)와 비교할 때에 구연산 1.0% 처리구에서 볼 수 있는 억제수준에 해당된다. 한편, 사과산의 경우 구연산 처리구에서 보인 것과 같은 0.75%이상의 높은 구연산 농도에서 저장후반기에 오히려 총균수가 증가하는 현상은 나타나지 않았다.

사과산의 농도별 처리후의 저장기간에 따른 후지사과의 색도(L value)의 변화에 있어서는 구연산 처리의 경우와 유사하게 전반적으로 사과산의 농도가 높아질수록 L value가 낮은 것으로 나타나 갈변이 심화됨을 알 수 있었다(Fig. 7, Fig.8). 특히, 1.0% 이상의 사과산 처리구에서는 저장 초기에서 3일차까지 L value가 낮은 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 저장 6일까지 지속되었다.

한편, 1.0% 이상의 사과산 처리구들은 외관과 조직감 등 관능특성이 저장 3일차부터 현저하게 저하되어 상품적 가치를 잃어버리는 것으로 보여지며 실제 적용에 어려움이 있는 것으로 판단되었다.

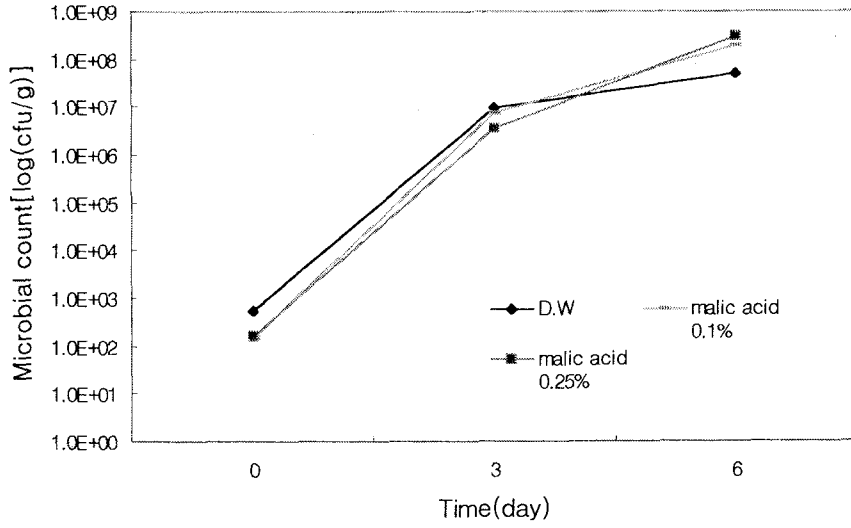


Fig. 5. Hurdle effect of 0.1~0.25% malic acid on microbial count

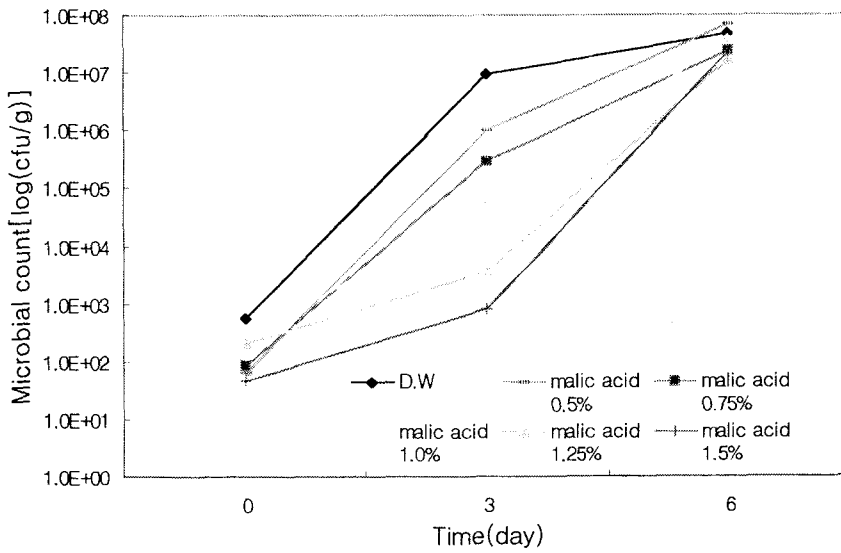


Fig. 6. Hurdle effect of 0.5~1.5% malic acid on microbial count.

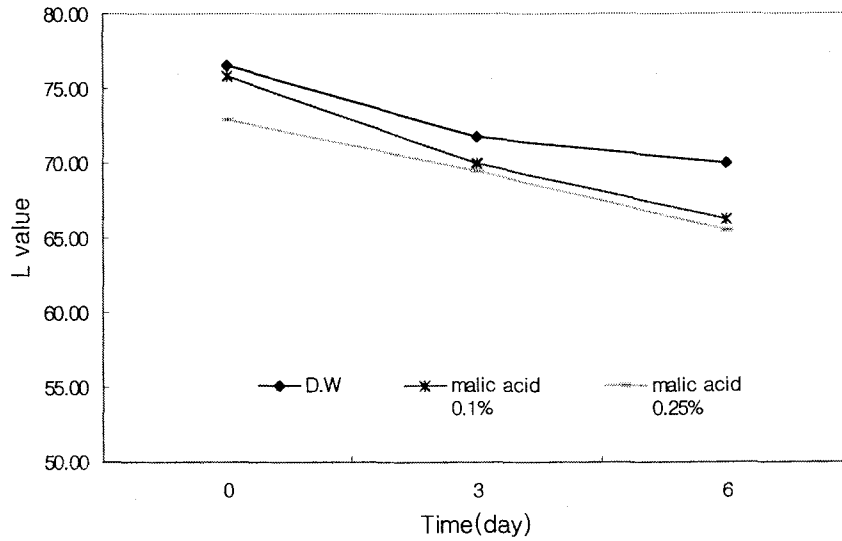


Fig. 7. Hurdle effect of 0.1~0.25% malic acid on L value .

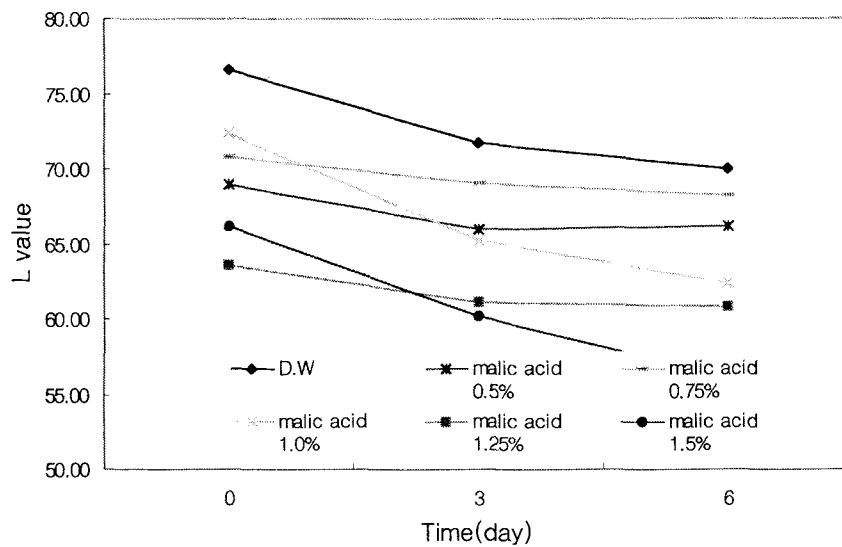


Fig. 8. Hurdle effect of 0.5~1.5% malic acid on L value.

3) Ascorbic acid

Ascorbic acid는 식품산업현장에서 가장 널리 사용되고 있는 산화방지제 중의 하나로 과일류의 항갈변 효과를 위해 전처리 및 직접 투입에 사용되고 있다. 본 연구에서는 전처리제로 활용할 목적으로 ascorbic acid의 항갈변 작용과 초기 미생물 제어 효과 등을 확인하여 목적에 따른 농도를 결정하고자 하였다. 먼저, ascorbic acid 농도 0.1~1.0%를 사용하여 제조한 침지액에 절단된 후지사과를 침지하여 18℃에서 저장하면서 총균수의 변화를 확인하였다(Fig. 9). Ascorbic acid의 농도가 높아짐에 따라 일정수준의 미생물 생육억제효과를 볼 수 있으며, 0.1% ascorbic acid 처리구에 비해 1.0% ascorbic acid 처리구가 약 1 log cycle 수준의 생균수 감소효과를 나타내었다.

Ascorbic acid의 농도별 처리후의 저장기간에 따른 후지사과의 색도(L value)의 변화에 있어서는 ascorbic acid 농도별로 뚜렷한 차이를 볼 수 있어, ascorbic acid의 농도가 높을수록 변색이 억제되는 것을 알 수 있었다(Fig. 10). 특히, ascorbic acid 0.5% 이상의 농도에서는 18℃ 저장 3일차에도 L값이 70이상으로 대조구로 사용한 증류수 처리구 수준의 값을 보여 색도가 양호한 것으로 나타나, 색도 측면에서 ascorbic acid의 최소농도가 0.5% 수준임을 알 수 있었다.

한편, 관능적으로 ascorbic acid 0.5% 이상의 농도 처리구의 외관품질이 현저하게 우수한 것으로 나타나 최소 ascorbic acid농도를 0.5%로 확인하였다.

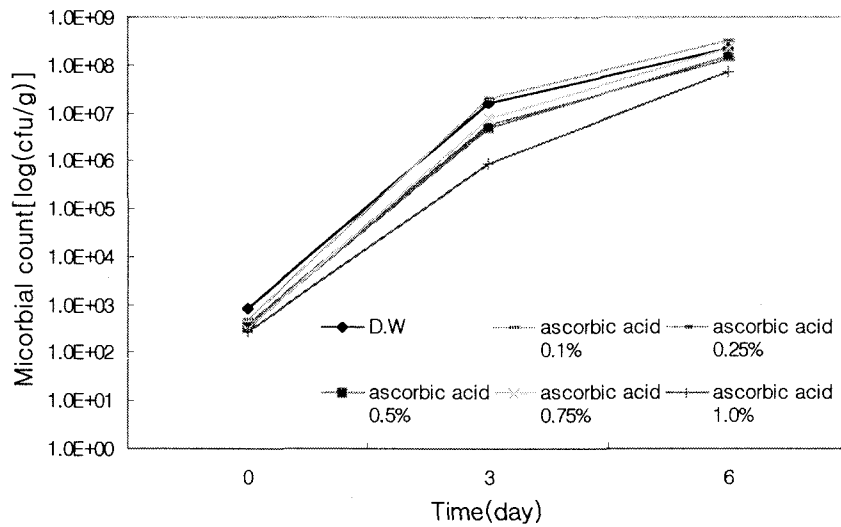


Fig. 9. Hurdle effect of 0.1~1.0% ascorbic acid on microbial count

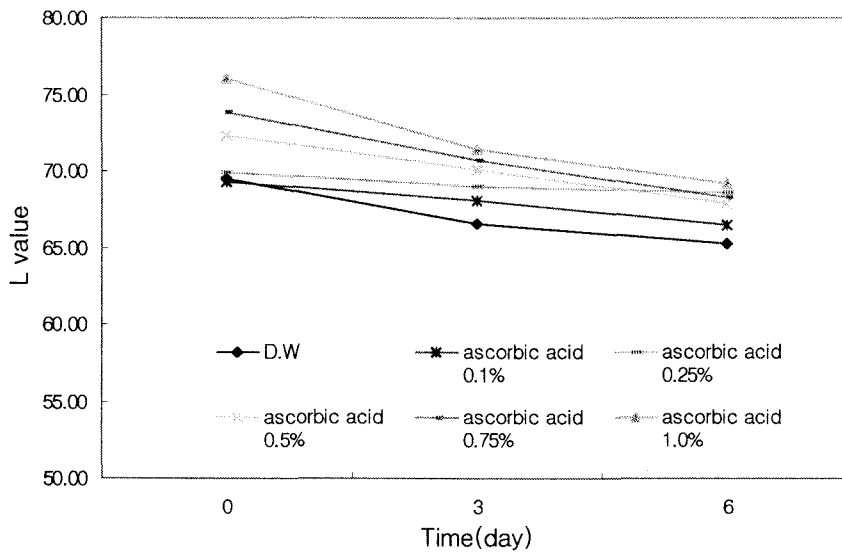


Fig. 10. Hurdle effect of 0.1~1.0% ascorbic acid on L value.

4) Calcium chloride

Calcium chloride는 과채류에 대한 조직강화 등의 작용으로 널리 알려져 있다. 본 연구에서는 조직강화의 위해 사용하는 것을 목적으로 최적 농도를 확인함과 동시에 calcium chloride 자체가 가지는 초기 미생물 제어 효과와 사용 농도에 따른 관능적 특성을 확인하고자 하였다. 먼저, calcium chloride 농도 0.1~1.0%에서 제조한 침지액에 절단된 후지사과를 침지하여 18℃에서 저장하면서 총균수의 변화를 확인하였다(Fig. 11). Calcium chloride의 농도가 높아짐에 따라 일정수준의 미생물 생육억제효과를 볼 수 있으며, 증류수로 처리한 대조구에 비해 대부분의 calcium chloride 처리구가 일부의 미생물 생육억제효과를 볼 수 있었으며, 본 실험에서 가장 높은 calcium chloride 농도인 1.0%의 경우 증류수 처리구에 비해 18℃ 저장 3일차 이후 저장 6일차까지 약 1 log cycle 수준의 생균구 감소효과를 나타내었다(Fig. 11).

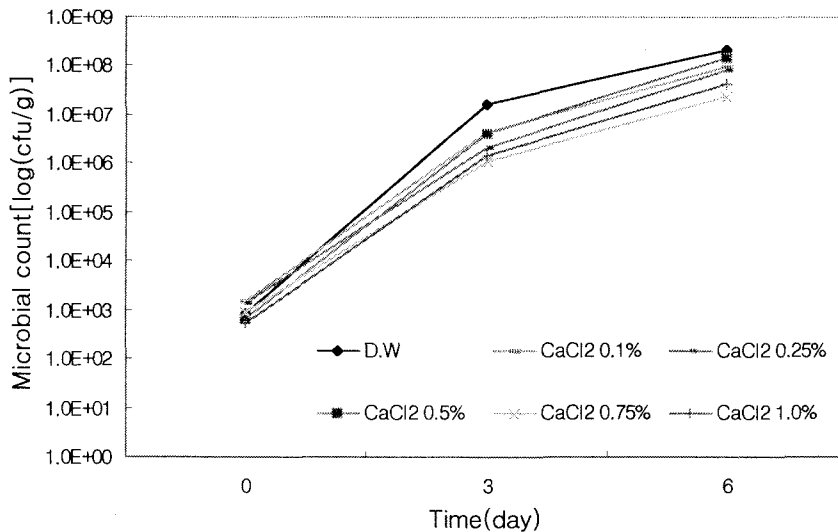


Fig. 11. Hurdle effect of 0.1~1.0% calcium chloride on microbial count.

색도(L value)의 변화에 있어서는 ascorbic acid의 경우와 마찬가지로 calcium chloride를 처리함에 따라 변색이 억제되는 것을 볼 수 있었으며, 그 효과는 저장 0일차부터 저장 6일차까지 지속적으로 나타났다(Fig. 12). 한편, ascorbic acid의 경우에 비해 calcium chloride 처리구는 전반적으로 저장 초기부터 대조구로 사용한 증류수 처리구에 비해 색도변화의 측도로 이용한 L값의 평균 ΔE 가 5~10 수준 높은 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 calcium chloride가 색도에 미치는 영향이 크지 않을 것이라는 당초 예상과는 차이가 있는 것으로, 절단 사과 시료의 저장 초기 색도 변화를 제어하는 데에 calcium chloride가 유용하게 사용될 수 있으며, 그 농도는 0.1%의 농도에서도 일정수준의 효과를 볼 수 있으나, 최소 0.25% 이상의 수준이 적정한 것으로 판단되었다.

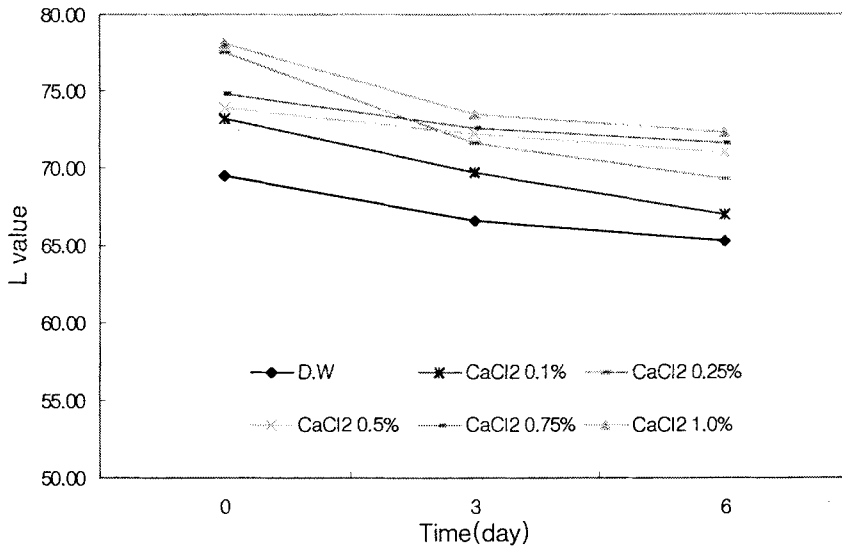


Fig. 12. Hurdle effect of 0.1~1.0% calcium chloride on L value.

한편, 관능적으로 calcium chloride 처리구는 우수하였으며, 특히, 저장 6일 차에서도 모든 calcium chloride 처리구의 조직이 양호하였으며, 색도 변화 억제에도 유용한 것으로 나타났다.

5) Lysozyme

Lysozyme은 계란의 난백에 다량 함유되어 있는 아미노산 129개 분자량 14,000수준의 염기성 polypeptide로 현재 식품용으로 사용되는 것은 계란 난백 유래의 염화 lysozyme이 주류를 이루고 있다. Lysozyme의 작용은 세균 세포벽의 peptidoglycan 층의 *N*-acetylmuramic acid와 *N*-acetylglucosamine 사이의 β -1, 4-glucoside 결합을 절단하여 용균작용을 일으키는 것으로, 이러한 특성 때문에 Gram 양성 세균에는 쉽게 작용하지만 Gram 음성 세균의 경우 표면의 lipoprotein-리포다당층으로 용해작용이 방해되어 용균작용에까지 미치지 못하는 것으로 알려져 있다. Lysozyme은 미생물 생육억제 용도의 식품보존료로 많은 연구가 진행되어 왔으며, 주요 대상 식품은 치즈, 청주, custard cream, 면류 및 소시지류 등의 축육제품으로 적용대상 식품에 따라서는 상당한 효과를 보여 상당부분 산업적으로 이용되고 있다.

본 연구에서는 신선 편이 과채류에의 적용을 목적으로 실질적으로 산업현장에서 적용이 가능한 수준의 최적 농도를 확인함과 동시에 lysozyme 자체가 가지는 초기 미생물 제어 효과와 사용 농도에 따른 관능적 특성을 확인하고 하였다. 먼저, 산업적으로 적용이 가능한 농도인 0.01~0.5%의 수준에서 제조한 침지액에 절단된 후지사과를 침지하여 18℃에서 저장하면서 총균수의 변화를 확인하였다(Fig. 13). Fig에서 보는 바와 같이 증류수로 처리한 4 log cycle의 대조구에 비해 평균 1 log cycle에서 최대 2 log cycle의 초기 총균수의 감소를 확인할 수 있었다. 그러나, 18℃ 저장 3일차 및 6일차에서는 그 효과가 없는 것으로 나타난 바, 이는 침지액 처리온도가 상온인 18℃ 수준인 점과 절단전의 사과를 보관하는 냉장실이 5℃인점, 그리고 1차 세척과정 등을 거쳐 최종적으로

포장하기 직전의 절단된 사과사료 표면온도가 15℃ 전후인 점과 무관하지 않는 것으로 판단되었다. 즉, lysozyme의 효소활성 최적온도가 35℃ 전후임을 감안할 때 효소의 최적활성이 작용하기 어려운 온도조건이 문제가 되었을 가능성을 배제할 수 없는 바, 이에 대한 실험이 필요한 것으로 판단되었다. 그러나, 이러한 결과에도 불구하고 저장초기(0일차) 총균수 감소 효과는 그 유효성이 인정되며, 결국 시료의 초기미생물의 제어 수단으로 사용이 시도될 필요성은 있는 것으로 보였다.

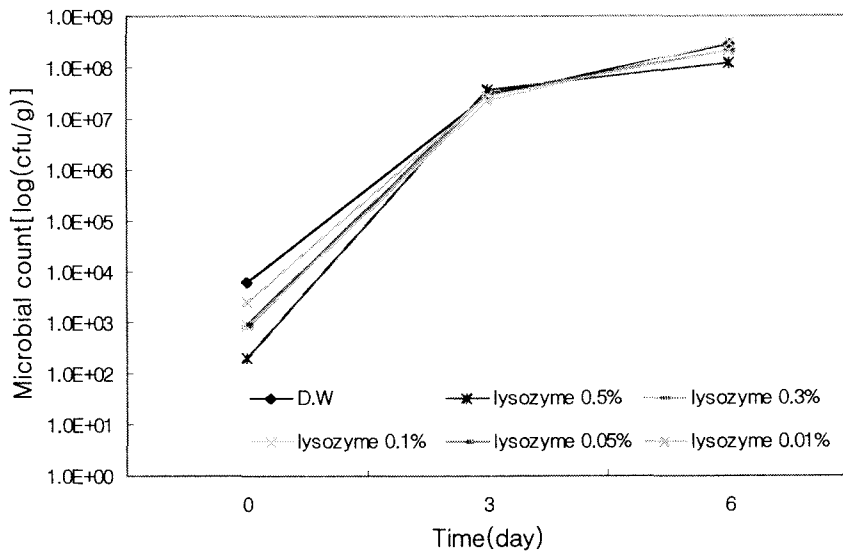


Fig. 13. Hurdle effect of 0.01~0.5% lysozyme on microbial count.

Lysozyme이 색도(L value)의 변화에 미치는 영향은 효과가 없거나 일부 변색시키는 것으로 보였다. 즉, Fig. 14에서 보는바와 같이 lysozyme 농도 0.3~0.5%수준에서는 L값 기준으로 변색에 미치는 영향이 크지 않은 것으로 보였으나, lysozyme의 농도 0.01~0.1%수준의 농도에서는 L값의 평균 ΔE가 5수준 감소되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 지금까지의 첨가제 경우와 상이한 것

으로 비교적 높은 농도의 lysozyme 처리에서는 색도에 대한 큰 영향이 없으나, 오히려 낮은 농도에서 색도를 악화시키는 결과를 보여, 색도 측면만을 고려한다면 lysozyme의 처리 농도를 최소한 0.3% 이상 높여야 한다는 결론인 바, 수차례의 반복실험에도 동일한 결과를 나타낸 것으로 보아 다른 측면에서의 보다 심도 있는 연구가 진행되어야 것으로 판단되었다.

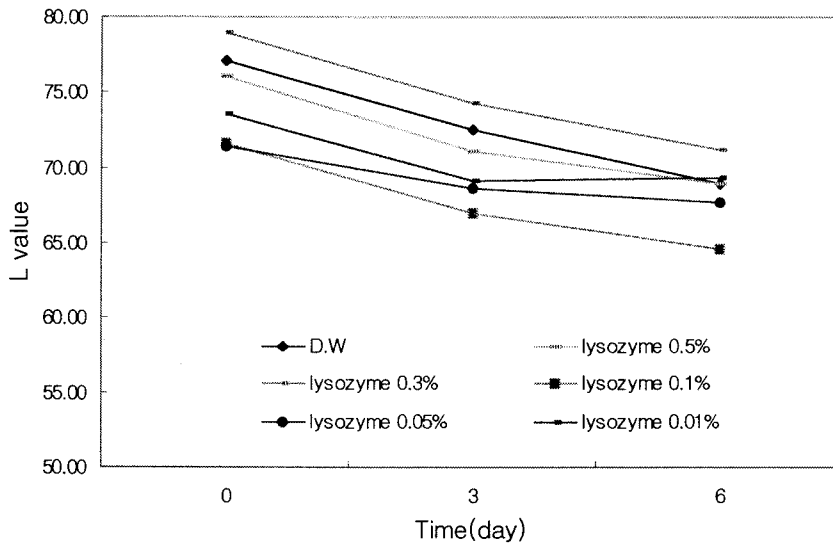


Fig. 14. Hurdle effect of 0.05~0.5% lysozyme on L value.

저장중인 시료의 외관을 중심으로 한 관능특성에 있어서는 모든 lysozyme 처리구가 대조구로 사용한 증류수 처리구에 비해 관능적으로 우수하였으며, 처리 농도에 따른 차이는 그 유효성을 인정하기가 어려웠다.

6) Chitooligosaccharide

Chitooligosaccharide는 키토산을 강산으로 화학적 분해하는 방법 혹은 키토산 분해효소를 이용하는 효소적 분해로 제조된 것으로 현재 식

품공전에서는 효소적 분해로 제조된 것만을 인정하고 있는 항균성의 천연보존료이며, 최근에 건강기능성이 보고되면서 식품첨가물로의 용도가 주목되는 물질이다. 본 연구에서는 침지액제조를 위한 천연첨가제의 일환으로 시중에 유통되고 10% chitooligosaccharide 액상제품을 구입하여 chitooligosaccharide 자체가 가지는 초기 미생물 제어 효과와 변색방지 효과 및 사용 농도에 따른 관능적 특성을 확인하였다.

먼저, chitooligosaccharide 농도 0.05~0.3% 범위의 처리구 모두에서 초기 미생물 생육억제효과를 볼 수 있었다(Fig. 15). Chitooligosaccharide 농도가 0.05%일 때 저장초기(0일차)의 억제효과는 1 log cycle 수준이었으며, 0.1% 및 0.3%의 농도에서는 2 log cycle 수준의 초기미생물 생육억제효과를 볼 수 있었다. 그러나 저장 3일차에서는 0.3%의 농도만이 2 log cycle 수준의 효과를 유지하였으며, 그 이하의 농도에서는 효과를 인정하기가 어려운 것으로 판단되었다. 또한 저장 6일차의 경우 chitooligosaccharide 첨가농도가 높을수록 오히려 총균수가 증가되는 양상을 보였으며, 이러한 결과는 여러차례의 반복 실험에서도 동일하였는 바, 저장 후반기에는 사용한 chitooligosaccharide 자체 혹은 올리고당과 같은 분해물이 오히려 미생물의 증식을 촉진한 것으로 추정되었다.

Chitooligosaccharide가 색도(L value)의 변화에 미치는 영향은 매우 부정적인 측면이 많은 것으로 확인되었다. 즉, Fig. 16에서 보는 바와 같이 저장초기(0일차)에 이미 색도변화가 급속히 진행되어 대조구에 비해 L값의 평균 ΔE 가 10 수준 감소되었다(Fig. 16). 즉, 0.05%의 낮은 농도에서 ΔE 가 8 수준 감소하였고, 0.1% 및 0.3%에서는 ΔE 가 각각 11 및 15 수준 감소되었다. 이러한 결과는 외관을 중심으로 한 관능검사에서도 그대로 반영되어 저장 초기부터 관능적 제품가치를 상실한 것으로 판단되었는 바, 첨가제로의 사용이 불가한 것으로 판단하였다.

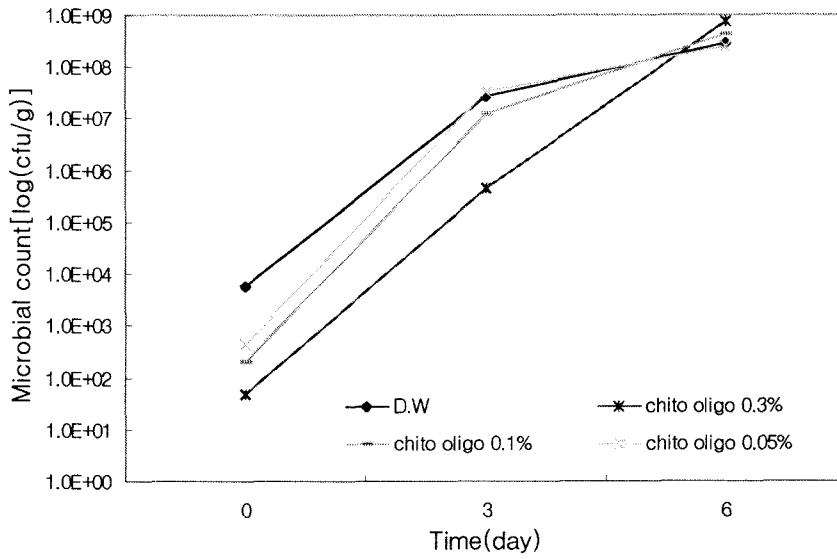


Fig. 15. Hurdle effect of 0.05~0.3% chitoooligosaccharide on microbial count.

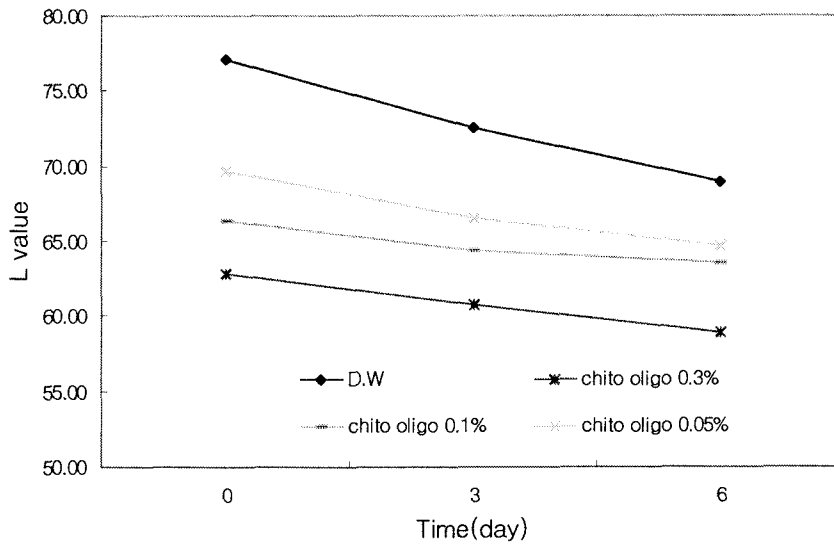


Fig. 16. Hurdle effect of 0.05~0.3% chitoooligosaccharide on L value.

7) Grapefruit seed extract(GSE)

자몽종자추출물(grapefruit seed extract)은 항균성이 높은 천연물질로 자몽(*Citrus paradise*)의 종자를 물, 에틸알코올 또는 글리세린으로 추출한 것이다. 이의 주요성분은 지방산, 플라보노이드 등으로 천연항균성 식품첨가물 소재에 응용이 많이 되고 있다. 그 응용분야가 매우 넓어, 수박을 수확한 후 수박의 자루 및 표피에 적용하여 수박의 신선도 유지를 연장시키기도 하며, 수확 후 단감의 병해방지 및 선도유지, 김치, 어묵 등 다양한 농산물과 수산물에 대해 상업적으로 적용되고 있다. 이에 본 연구에서는 절단된 사과를 대상시료로 하여 GSE의 항균특성 등을 확인하고자 하였다. 실험에 사용한 GSE는 글리세린으로 추출한 것으로 DF-100(QUINABRA-Quimica Natural, Brazil)이라는 제품명으로 판매되고 있으며, 그 성분은 GSE(grapefruit seed extract) 50% 와 글리세린(glycerin) 50%로 구성된 것이다.

GSE 농도를 50ppm, 250ppm, 500ppm 및 1000ppm으로 구분하여 절단된 사과를 대상시료로 적용하였다. Fig. 17에서 보는 바와 같이 저장초기(0일차)의 경우 GSE의 농도가 높아질수록 확실한 총균수의 감소를 확인할 수 있어, 실험에 사용한 최대농도인 1000ppm의 경우 초기미생물이 거의 나타나지 않는 수준까지 총균수를 조절할 수 있었다. 그러나, 이러한 결과에도 불구하고 저장 3일차에 실험한 결과는 정반대의 상황으로 나타나, 오히려 GSE를 사용한 농도가 높을수록 총균수가 많은 현상이 발생하였으며, 최대농도인 1000ppm의 경우 대조구에 비해 무려 2 log cycle 수준의 총균수가 증가하였음을 알 수 있었다(Fig. 17). 이러한 결과는 그 동안 보고된 내용과는 대치되는 것으로, 결국 본 실험에서 GSE를 사용하는 것이 현실성이 없음을 보여준다고 판단되었다.

한편, 색도의 실험결과도 매우 부정적인 것으로, Fig. 18에서 보는 바와 같이 저장초기(0일차)부터 GSE를 사용한 처리구 모두에서 색도가 매우 불량하였다. 이러한 결과는 저장기간 내내 동일한 양상이었으며, GSE의 농도가 높을수록 낮은 L값을 나타내었다(Fig. 18).

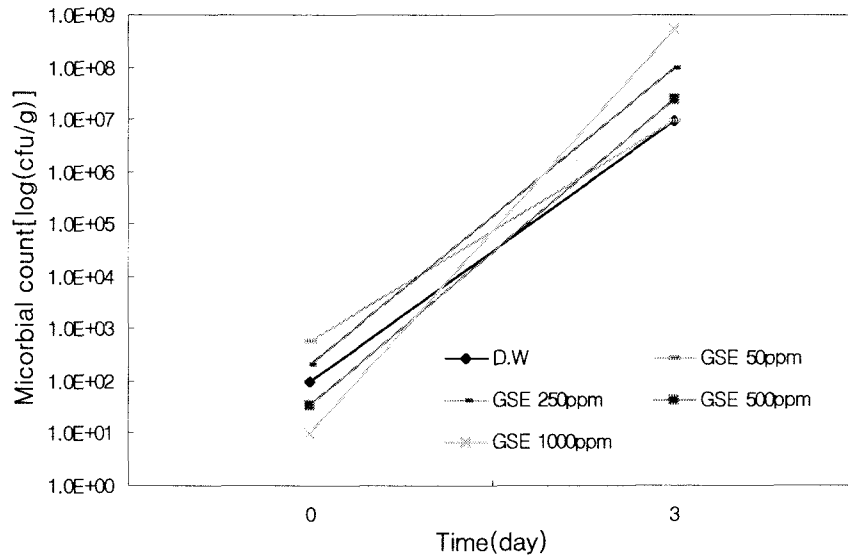


Fig. 17. Hurdle effect of 50~1000ppm GSE on microbial count

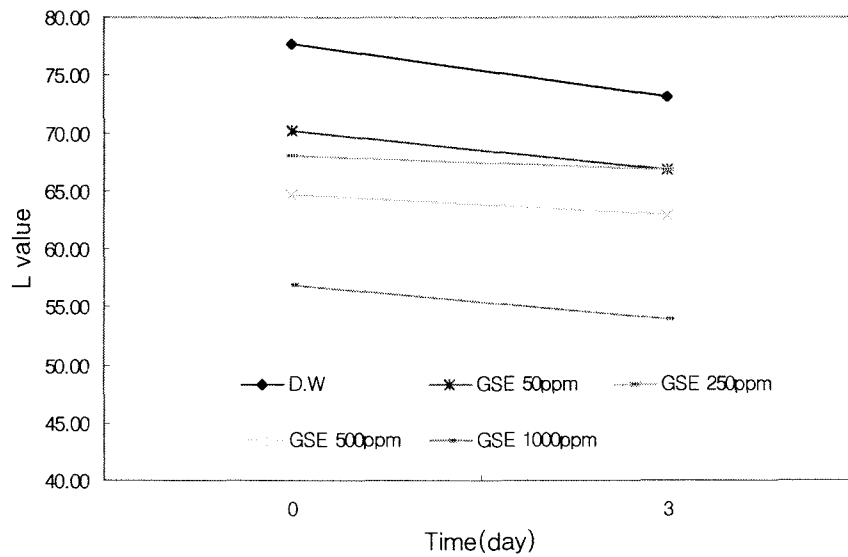


Fig. 18. Hurdle effect of 50~1000ppm GSE on L value.

8) Ethanol(주정)

Ethanol은 설명이 필요 없을 정도로 현재 식품산업에서 가장 오랜 역사와 가장 폭넓게 활용되고 있는 항균성 물질이다. 본 실험에서는 주정이 가지는 고유의 냄새로 인해 실제적 적용에 어려움이 있음을 알고는 있으나, 현재 천연항균제재의 소재로 사용되는 등의 현장에서 적용하는 경우가 많을 뿐만 아니라, hurdle 효과를 증대할 목적으로 소량의 수준일지라도 주정을 사용하고자 하였다. 결과에 따라서는 1차 세척의 목적으로 사용이 가능할 것으로 예상되며, 또한, 미래에 발생할 수 있는 향기성분을 투입기술을 대비하고자 하는 측면의 일환으로 진행하였다.

Ethanol 농도 10~50% 범위의 처리구 모두에서 초기미생물 생육억제효과를 볼 수 있었다(Fig. 19). 이미 알려진 바와 마찬가지로 총균수 생육억제효과가 우수하여 저장 3일차의 경우 대조구에 비해 10% 농도에서 1 log cycle 수준, 50% 농도에서는 무려 5 log cycle 수준 차이를 보였다. 이러한 결과는 저장기간 후반에는 총균수 생육억제효과가 일정부분 감소하기는 하였으나 동일한 양상으로 나타났다.

색도의 경우 저장 3일차 기준으로 ethanol 농도 20% 이하에서는 대조구에 비해 약간의 효과를 보였으나, 그 이상의 농도 즉, 30% 이상은 대조구와의 차이가 거의 없는 것으로 확인되었다(Fig. 20).

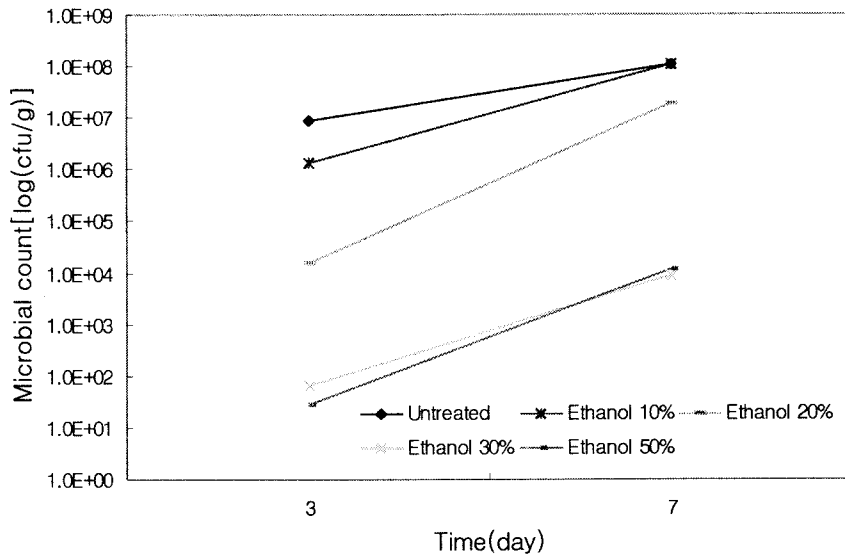


Fig. 19. Hurdle effect of 10~50ppm ethanol on microbial count

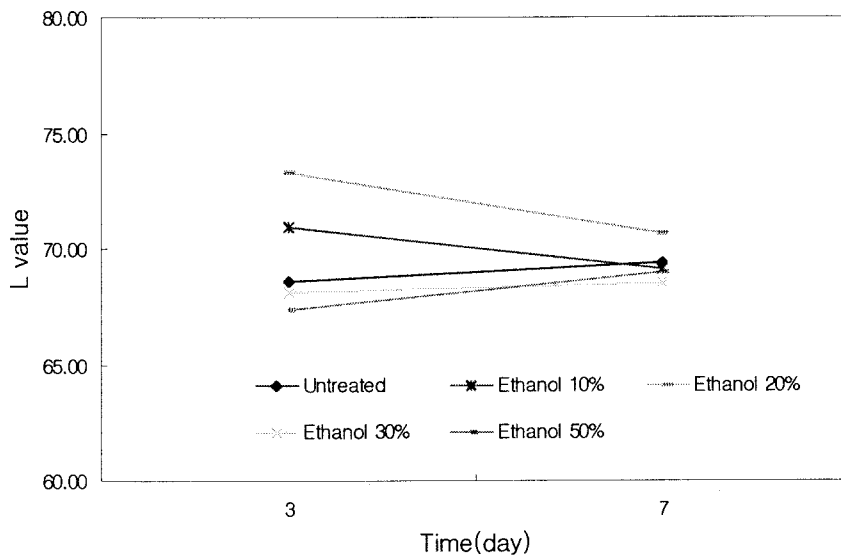


Fig. 20. Hurdle effect of 10~50ppm ethanol on L value.

9) 기타 첨가물 소재

이상에서 언급한 첨가물 소재이외에도 미생물 제어와 관련하여 calcium propionate, isoascorbic acid, kojic acid, 매실농축액, grapefruit seed extract 및 chitosan을, 색도와 관련하여서는 isoascorbic acid, kojic acid, trehalose 및 oxalic acid 등을, 조직과 관련하여서는 calcium propionate, calcium lactate 및 chitosan 등을 적용하였다. 그러나, calcium propionate의 경우 시약의 불쾌취 및 조직 연화 작용을 발생시키고, isoascorbic acid, kojic acid 및 chitosan의 경우에도 오히려 조직을 연화시키거나 색도 변화를 유발시키는 것으로 나타났는 바, 이들 대부분의 경우 그 효과가 없거나 매우 미흡하고, 제품의 관능특성을 악화시키는 등 현장에서 적용하기에는 부작용이 많은 것으로 판명되어 저장실험 처리구에서 배제하였다.

나. 첨가제 혼용에 따른 효과

앞서 실험한 첨가제 종류에 따른 미생물 제어 효과 및 관능특성 변화의 연구결과에서 그 효과가 인정되며, 실질적으로 현장에서 적용이 가능한 것으로 판정된 몇몇 소재를 중심으로 이들의 혼용처리에 의한 저장중 미생물 제어 효과 및 관능특성 변화를 측정하였다. 이때, 적용한 각 첨가물 소재의 사용 농도는 일정수준 앞선 실험에서 효과과 인정되는 최소 농도를 기준으로 하여 최소 농도 이상으로 농도를 높여가면서 실시하였고, 대상시료는 후지사과를 절단하여 18℃에서 저장하면서 확인하였다.

1) Citric acid 및 Calcium chloride 혼용 효과

Citric acid 및 calcium chloride는 각각의 최소 농도를 0.25%로 하여, 다음과 같은 비율로 사용하였다.

처리방법 I citric acid : calcium chloride = 0.25% : 0.25%

처리방법 II	citric acid : calcium chloride = 0.25% : 0.75%
처리방법 III	citric acid : calcium chloride = 1.0% : 0.25%
처리방법 IV	citric acid : calcium chloride = 1.0% : 0.75%

Fig. 21에서 보는 바와 같이, 저장초기(0일차)에는 각 첨가물의 단용처리때와 유사한 수준인 1 log cycle 수준의 미생물 감균효과가 있는 것을 알 수 있었다. 그러나, citric acid 및 calcium chloride의 혼용처리효과는 저장3일차에서 확연하게 차이가 나는 것을 볼 수 있어, 처리방법 III 및 IV의 경우 약 4 log cycle 수준의 미생물 감균효과가 발생함을 알 수 있었으며, 특히, 처리방법 III의 경우 저장초기(0일차)부터 저장 6일차까지 지속적으로 그 효능이 우수하였다. 또한, citric acid 및 calcium chloride의 혼용처리에서 미생물생육억제와 관련한 major factor가 citric acid임을 확인하였다.

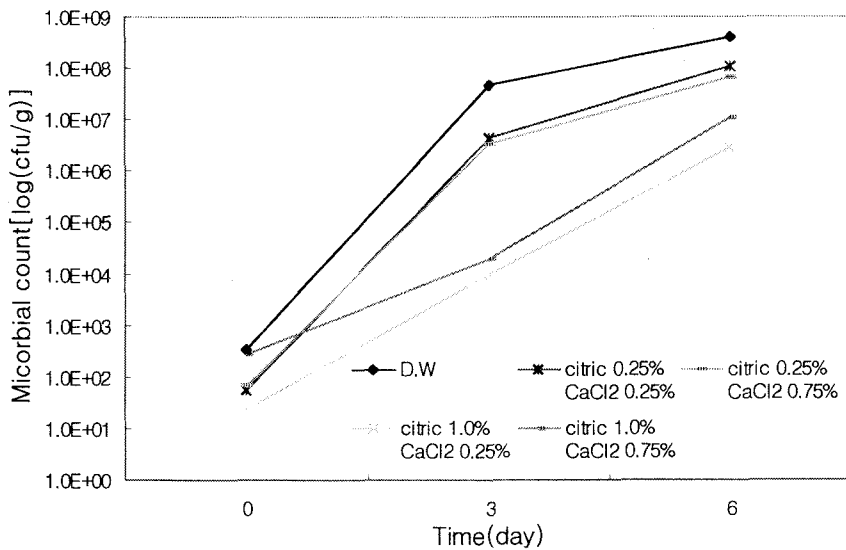


Fig. 21. Hurdle effect of citric acid and calcium chloride mixture on microbial count.

한편, 색도의 경우에는 처리방법 IV(citric acid : calcium chloride = 1.0% : 0.75%)가 가장 우수하여 저장초기(0일차)에 증류수 처리 대조구에 비해 $\Delta E(L \text{ value})$ 가 8수준의 차이를 보였고, 저장 3일차 이후에도 5수준의 차이를 지속적으로 나타내었다(Fig. 22). 반면에 처리방법 I (citric acid : calcium chloride = 0.25% : 0.25%)은 대조구와 거의 차이가 없었으며, 처리방법 II 및 처리방법 III은 저장초기(0일차)에 $\Delta E(L \text{ value})$ 5수준의 효능을 보였으나 저장 3일 및 6일차에는 대조구와의 차이를 확인할 수 없었다.

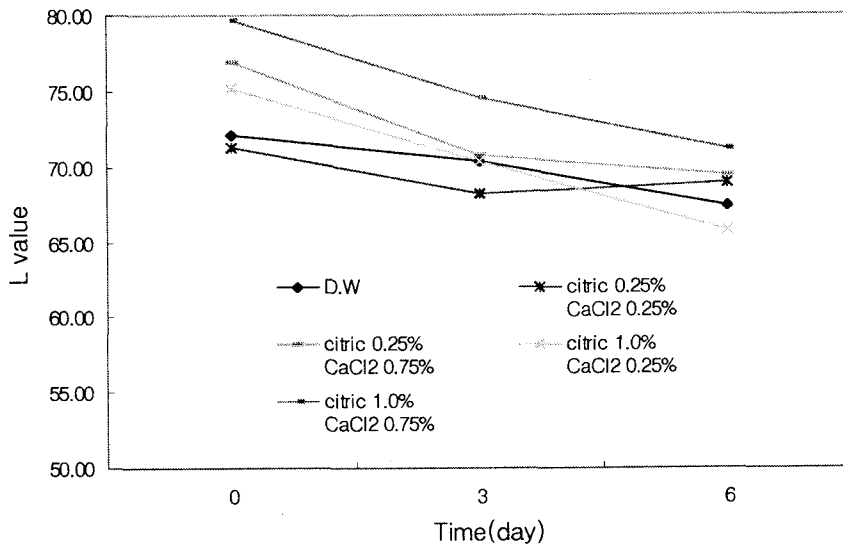


Fig. 22. Hurdle effect of citric acid and calcium chloride mixture on L value.

2) Malic acid 및 Calcium chloride 혼용 효과

Malic acid 및 calcium chloride의 최소 농도를 각각 0.25%로 하여, 다음과 같은 비율로 사용하였다.

처리방법 I	malic acid : calcium chloride = 0.25% : 0.25%
처리방법 II	malic acid : calcium chloride = 0.25% : 0.75%
처리방법 III	malic acid : calcium chloride = 1.0% : 0.25%
처리방법 IV	malic acid : calcium chloride = 1.0% : 0.75%

Malic acid 및 calcium chloride의 경우도 citric acid 및 calcium chloride혼용 처리와 유사한 양상을 보였다(Fig. 23). 저장초기(0일차)에는 1 log cycle 수준의 미생물 감균효과를 나타내었다. 특이한 것은 처리방법 IV(malic acid : calcium chloride = 1.0% : 0.75%)는 매우 우수한 저해효과를 보여 저장초기(0일차)에도 가장 우수할 뿐만 아니라, 저장 3일차에서 대조구에 비해 무려 5 log cycle 수준의 총균수 생육억제효과를 보였다. Citric acid 및 calcium chloride의 혼용처리시와 마찬가지로 미생물생육억제와 관련한 major factor는 malic acid 인 것으로 판단되었다.

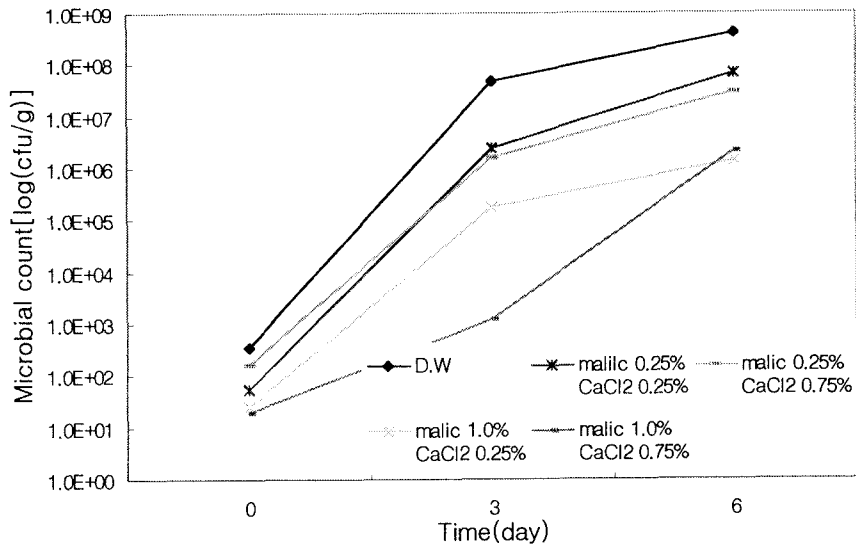


Fig. 23. Hurdle effect of malic acid and calcium chloride mixture on microbial count.

한편, 색도의 경우에도 처리방법 IV(malic acid : calcium chloride = 1.0% : 0.75%)가 가장 우수한 결과를 보였으며, 이는 앞선 실험의 처리방법(citric acid : calcium chloride = 1.0% : 0.75%)에서와 비슷한 수준으로 확인되었다. 한편, 처리방법 I(malic acid : calcium chloride = 0.25% : 0.25%)은 앞선 실험의 동일한 농도의 처리방법(citric acid : calcium chloride = 0.25% : 0.25%)에 비해 색도변화가 심하지 않고, 저장초기(0일차)에는 일정수준의 효능을 보이는 것으로 나타난 바, 색도값에 있어서 동일농도로 처리할 경우 citric acid보다는 malic acid가 유용할 것으로 판단하였다.

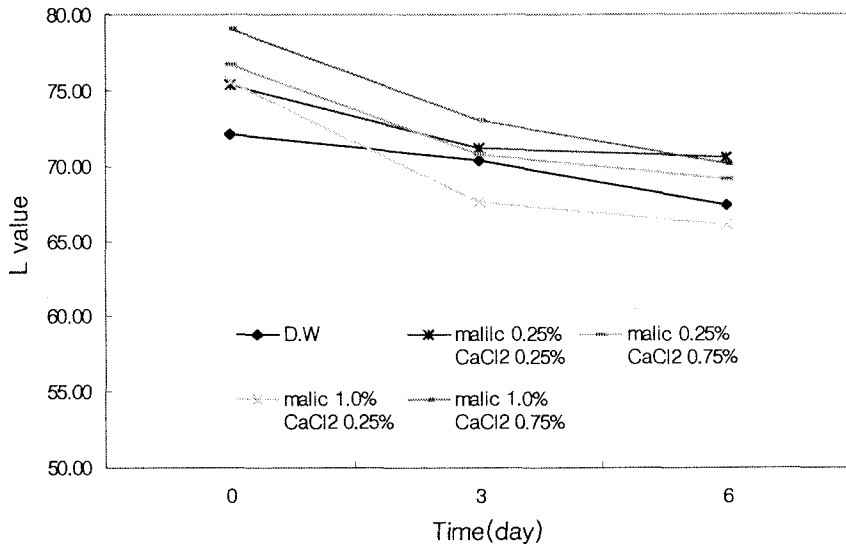


Fig. 24. Hurdle effect of malic acid and calcium chloride mixture on L value.

3) Malic acid, Calcium chloride 및 Ascorbic acid 혼용 효과

선행 실험결과를 활용하여 malic acid 및 calcium chloride의 최소 농도를 각각 0.25%로 하고, ascorbic acid는 0.5%를 최소 농도로 하여 다음과 같은 비율

로 사용하였다.

- 처리방법 I malic acid : calcium chloride : ascorbic acid = 0.25% : 0.25% : 0.5%
처리방법 II malic acid : calcium chloride : ascorbic acid = 0.25% : 0.25% : 1.0%
처리방법 III malic acid : calcium chloride : ascorbic acid = 0.25% : 0.75% : 0.5%
처리방법 IV malic acid : calcium chloride : ascorbic acid = 0.25% : 0.75% : 1.0%
처리방법 V malic acid : calcium chloride : ascorbic acid = 1.0% : 0.25% : 0.5%
처리방법 VI malic acid : calcium chloride : ascorbic acid = 1.0% : 0.25% : 1.0%
처리방법 VII malic acid : calcium chloride : ascorbic acid = 1.0% : 0.75% : 0.5%
처리방법 VIII malic acid : calcium chloride : ascorbic acid = 1.0% : 0.75% : 1.0%

Fig. 25에서 보는 바와 같이 저장초기(0일차) 및 저장 3일차 모두 처리방법 VII(malic acid : calcium chloride : ascorbic acid= 1.0% : 0.75% : 0.5%)이 가장 우수한 미생물 제어효과를 나타내어 저장 3일차의 경우 3 log cycle 이상의 높은 저해능을 보였다. 한편, 처리방법 VI(malic acid : calcium chloride : ascorbic acid= 1.0% : 0.25% : 1.0%) 및 처리방법 VIII(malic acid : calcium chloride : ascorbic acid= 1.0% : 0.75% : 1.0%)의 경우도 처리방법 VII의 수준과 거의 유사한 수준의 높은 미생물 제어효과를 나타내었으나, 저장 3일차에 1 log cycle 수준 정도의 저해효율이 낮은 것으로 나타났다.

저장중 색도변화에 있어서는 매우 흥미 있는 결과를 볼 수 있었다. Fig. 26에서 보는 바와 같이, 처리구 모두 대조구에 비해서는 높은 L값을 저장기간 동안에 유지하였다. 그러나, ascorbic acid의 농도에 색도값이 결정되기 보다는 malic acid의 농도에 따라 L값이 결정되는 현상을 보였다. 즉, 2배 농도차이의 ascorbic acid 및 3배 농도차이의 calcium chloride는 영향을 미치지 못하고, 4배 농도차이의 malic acid 농도가 저장 3일차의 L값을 결정하는 인자로 작용한 것이다. Malic acid의 농도가 0.25%인 처리방법 I, II, III 및 IV는 malic acid의 농도가 1.0%인 처리방법 V, VI, VII 및 VIII에 비해 높은 L값을 유지하였고, 이때 ascorbic acid

는 2배의 처리농도 차이에도 불구하고 영향을 미치지 못하였다. 또한, 처리방법 I, II, III 및 IV중에서는 ascorbic acid 농도가 낮은 처리방법 I 및 III이 처리방법II 및 IV보다 전반적으로 우수한 색도를 보였다. Malic acid의 농도가 1.0%인 처리방법 V, VI, VII 및 VIII는 대부분 저장초기에는 우수한 색도값을 보였으나 일단 저장이 시작되면 변색이 급격하게 진행된다는 것을 알 수 있었다. 이러한 현상은 ascorbic acid 등의 항산화제가 색도 결정의 가장 중요한 요소라는 지금까지의 고정관념과는 차이가 있는 것으로, 신선편이 절단 과채류의 변색을 억제하기 위해서는 ascorbic acid와 같은 항산화제의 농도를 높이는 노력도 중요하지만, malic acid 등과 같이 함께 혼용하여 사용하는 다른 혼용첨가제와의 상호작용을 감안하는 것이 더욱 중요할 수 있다는 사실이다.

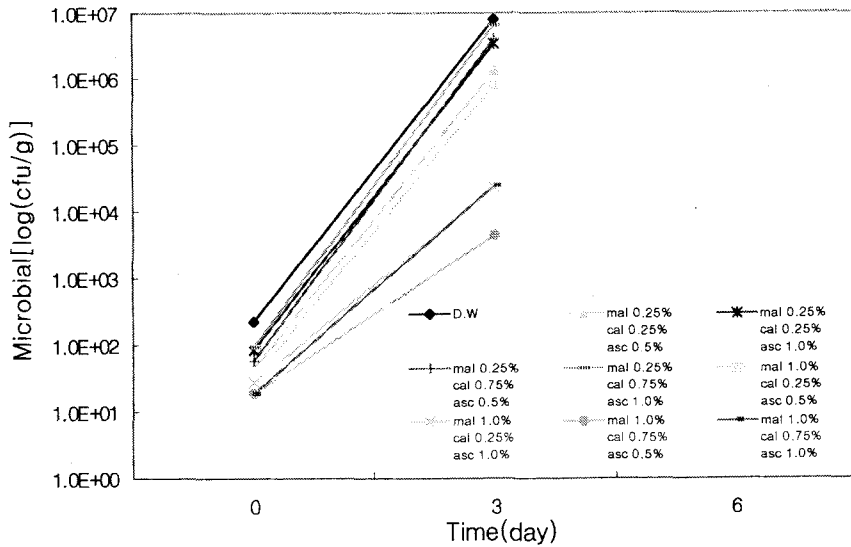


Fig. 25. Hurdle effect of malic acid and calcium chloride and ascorbic acid mixture on microbial count.

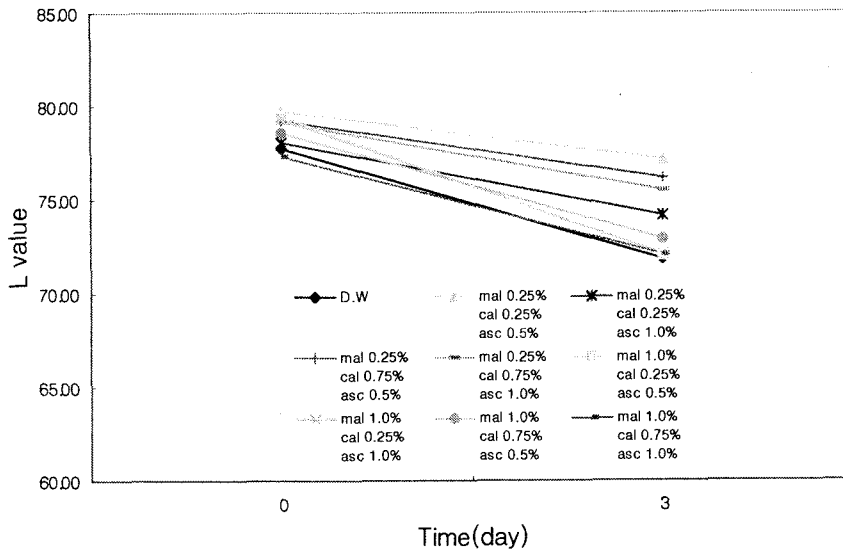


Fig. 26. Hurdle effect of malic acid and calcium chloride and ascorbic acid mixture on L value.

2. 물리적 방법의 hurdle 적용

이상에서 언급한 유기산 등의 첨가제 처리만으로는 초기에 목적인 신선편이 과채류제품의 20일 이상 유통가능을 위한 효율적인 hurdle 기술적용을 충족시키기 어렵고, 현장에 바로 적용이 가능할 정도로 간단하며 경제적인 방법이 강구되어야 할 것으로 판단되었다. 이에 첨가제가 아닌 물리적 방법의 일환으로 heating 처리를 적용하고자 하였으며, 그 방법으로는 열풍 및 열수침지 방법으로 진행하였다.

가. Heating 처리에 따른 미생물 제어 효과 및 관능특성 변화

1) 단순 heating 처리방법에 의한 효과

Mild heating에 의한 hurdle effect 증대 가능성을 확인하기 위해 물증탕된 증류수 혹은 송풍 열을 열전달 매체로 사용하여 실험을 진행하였다.

가) 증류수를 이용한 열전달

물증탕된 증류수를 열전달 매체로 사용하여 40℃, 50℃, 60℃ 및 70℃에서 30초 ~ 2분간 mild heating 처리하면서 저장중의 hurdle effect를 확인하였다 (Fig. 26). 결론적으로 40℃-1분-dipping 처리가 가장 우수한 hurdle effect를 보여, 18℃ 저장 3일차에 대조구에 비해 2 log cycle 수준 이상의 효과를 보였으며, 이러한 결과는 저장초기(0일차)부터 저장 6일까지 지속되었다. 효과의 강도는 40℃-1분-dipping에 미치지 못하였으나 40℃-2분-dipping 및 50℃-1분-dipping 처리구의 경우도 1 log cycle 이상의 효과를 보였다. 반면에 처리구 중에서 가장 높은 온도조건인 70℃-1분-dipping 처리구는 예상과는 달리 대조구와의 효과차이를 확인 할 수가 없었다(Fig. 27).

색도의 경우에는 거의 모든 처리구가 18℃ 저장기간동안 대조구와 비슷한 수준 혹은 약간 좋은 값을 유지하였다(Fig. 28). 그러나, 70℃-1분-dipping 처

리구 색도에 매우 부정적인 영향을 미쳐, 저장초기(0일차) $\Delta E(L \text{ value})$ 값이 15 수준이상 감소하였고, 이러한 양상은 저장 6일차까지 지속되었다(Fig. 28).

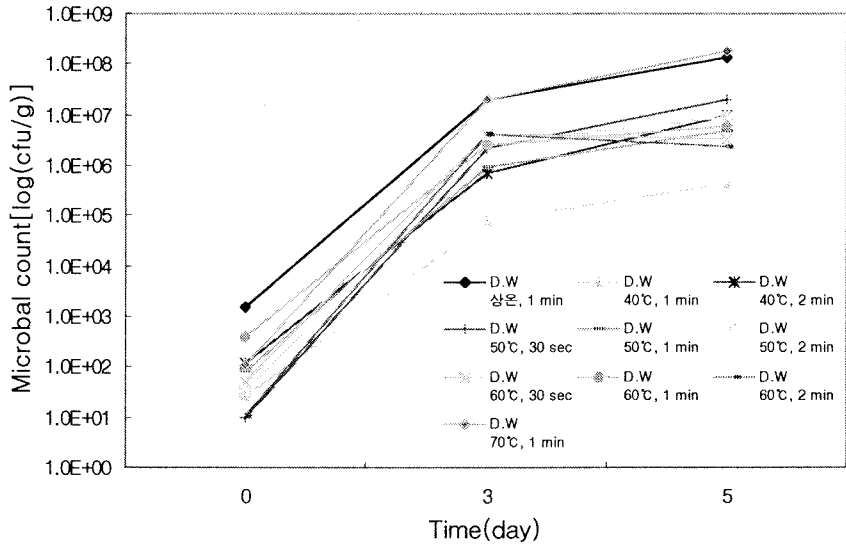


Fig. 27. Hurdle effect of heat treatment on microbial count.

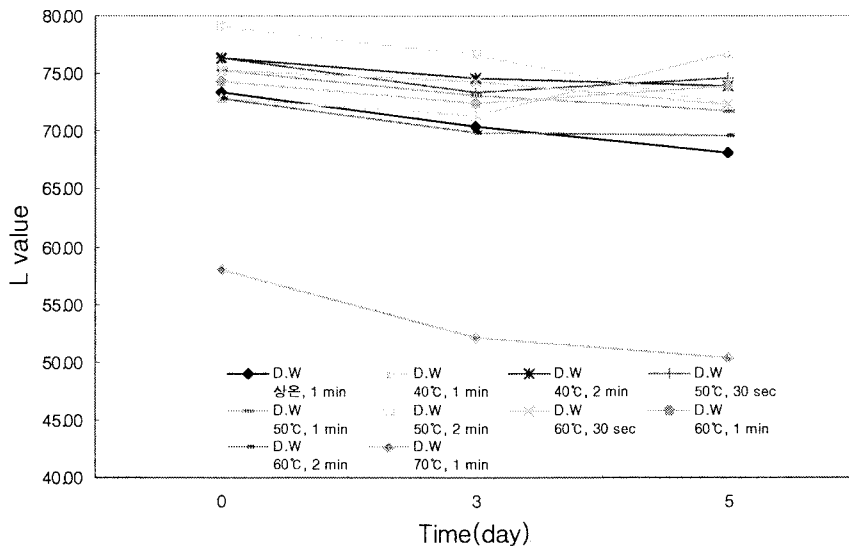


Fig. 28. Hurdle effect of heat treatment on L value.

나) 송풍 열을 이용한 열전달

송풍을 통한 열전달은 작업의 편리성 측면에서 시도해볼만한 측면이 있는 바, 처리한 절단 시료의 절단면 표면온도가 15℃, 30℃, 40℃ 및 50℃로 되는 수준에서 1분 ~ 3분간 송풍을 통한 열처리를 시행하였다. 결론적으로 총균수(Fig. 29) 및 색도(Fig. 30) 모두에서 처리온도 및 처리시간에 따른 처리구간의 유의성을 확인하기가 어려웠으며, 관능적 측면에서 외관상의 시료표면 건조가 과도하게 진행되는 문제점이 발생하였고, 또한 시료의 표면온도를 열송풍을 통해 통제하기에도 여러 가지 문제점이 있는 것으로 드러나 실제로 현장에 적용하기에는 무리가 있을 것으로 판단되었다. 그러나 처리구내에서는 40℃-3분-열풍 및 50℃-1분-열풍 처리구가 초기 미생물 제어에 가장 우수하였으며, 다른 처리구에 비해 1 log cycle 전후 수준의 총균수 제어 효과를 보였다(Fig. 29).

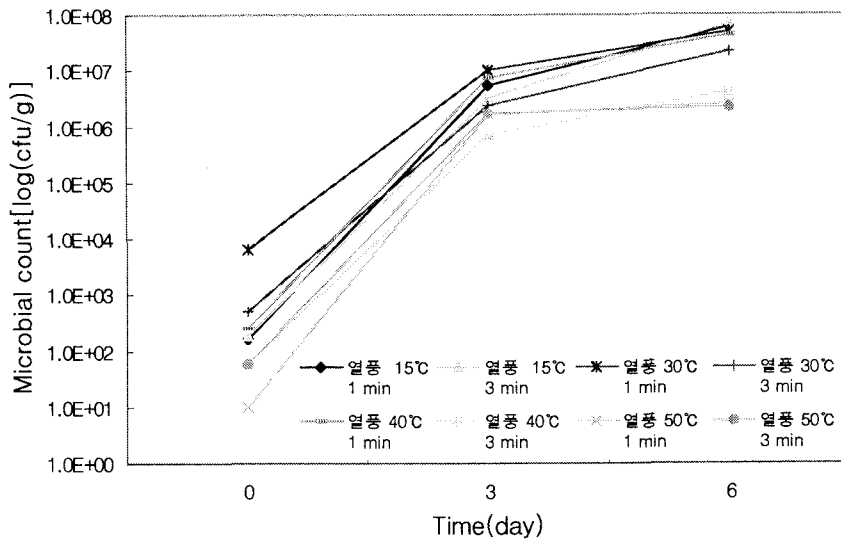


Fig. 29. Hurdle effect of heat treatment by air on microbial count.

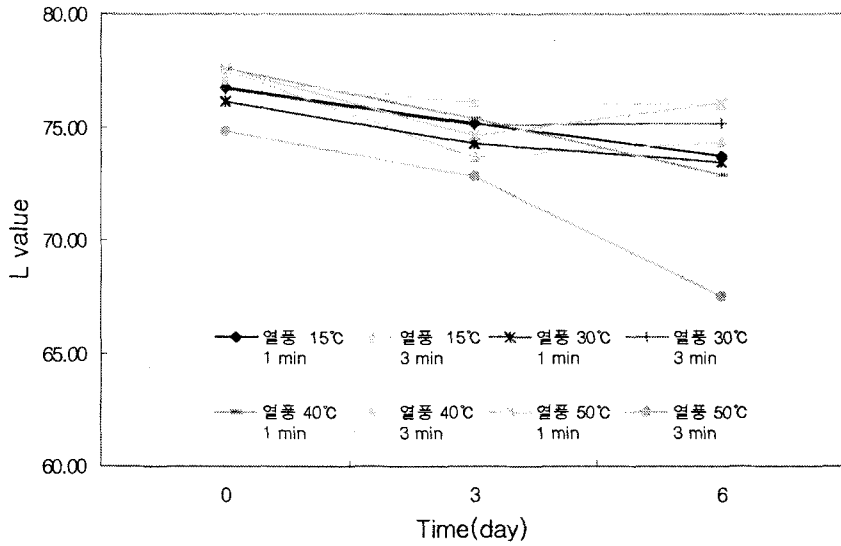


Fig. 30. Hurdle effect of heat treatment by air on L value.

2) 첨가제-heating 병용 처리효과 및 처리방법

앞서 실험한 첨가제들 및 열처리 방법중에서 hurdle effect가 우수한 방법을 선택하여 이들을 병용처리하면서 18°C 저장중의 hurdle effect를 확인하였다. 첨가제로는 citric acid 및 malic acid 등을 사용하였고, mild heating 방법으로는 40°C-1분-dipping, 즉 첨가제를 증류수에 용해하여 40°C로 조절한 것에 시료를 1분간 dipping하는 것으로 하였다.

가) Citric acid -heating 병용 처리 및 처리방법

Citric acid 0.25% ~ 1.0%를 증류수에 용해하여 40°C로 가열한 수조에, 절단한 후지사과 시료를 1분간 dipping처리한 후 상온에서 방열하고, 18°C에 저장하면서 hurdle effect를 확인하였다. Fig. 30에서 보는 바와 같이, 동일한 처리 방식에서는 citric acid 1.0% + heating 병용처리구 > citric acid 0.5% + heating

g 병용처리구 > citric acid 0.25% + heating 병용처리구의 순서로 효과가 우수하였으며, citric acid 1.0% + heating 병용처리구가 가장 현저한 총균수 증식 저해효과를 보여 저장 3일차에 열처리 없이 증류수로 처리한 대조구에 비해 3 log cycle 이상의 저해수준을 보였으며, 이러한 효과는 저장 6일차까지 지속되었다. 한편, 열처리 방법을 달리 적용한 경우, 즉 40℃ 증류수에 먼저 dipping하여 열처리 한 후에 상온의 citric acid 0.25% ~ 1.0% 용액에 1분간 dipping하여 처리한 시료는 앞서 실험한 citric acid + heating 병용처리구 보다 저해효율이 미흡하였다. 단지, 동일한 처리 방식에서는 citric acid의 농도에 따라 저해효율이 높아 heating-citric acid 1.0% 순차처리구 > heating-citric acid 0.5% 순차처리구 > heating-citric acid 0.25% 순차처리구의 순서로 효과가 우수하였다(Fig.31).

색도의 경우, 열처리 없이 증류수로 dipping한 대조구의 수준과 비슷하거나 색도가 일정부분 악화되는 것으로 확인되었다(Fig. 32). 이러한 결과는 앞서 실험에서의 결과, 즉 40℃ 증류수에서 dipping만 처리한 경우에 색도가 약간 개선되거나 대조구와 동일하다는 내용과는 어느 정도의 차이가 있는 것이다. 이러한 사실로 미루어 보아 첨가액의 종류 및 농도에 따라 색도값에 미치는 영향이 달라지는 것으로 추정되었다.

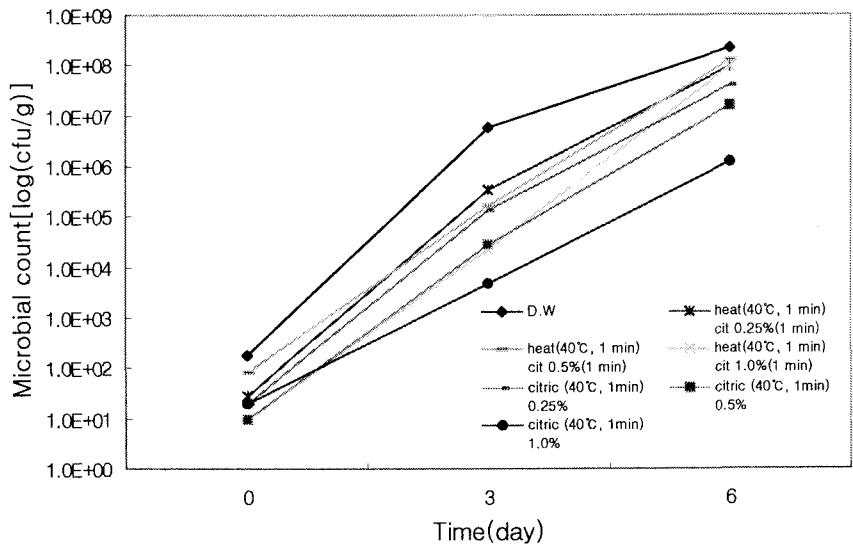


Fig. 31. Hurdle effect of citric acid and heat treatment on microbial count.

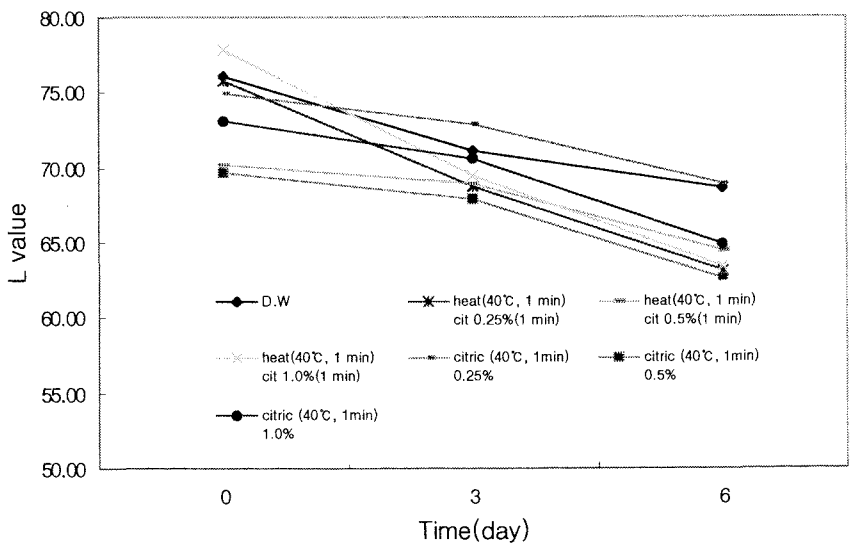


Fig. 32. Hurdle effect of citric acid and heat treatment on L value.

나) Malic acid - heating 병용 처리 및 처리방법

Malic acid 0.25% ~ 1.0%를 증류수에 용해하여 40℃로 가열한 수조에, 절단한 후지사과 시료를 1분간 dipping처리한 후 상온에서 방열하고, 18℃에 저장하면서 hurdle effect를 확인하였다. Fig. 32에서 보는 바와 같이, 동일한 처리 방식에서는 malic acid 1.0% + heating 병용처리구 > malic acid 0.5% + heating 병용처리구 > malic acid 0.25% + heating 병용처리구의 순서로 효과가 우수하였으며, 이들 중에서는 malic acid 1.0% + heating 병용처리구가 가장 현저한 총균수 증식 저해효과를 보여 저장 초기(0일차)에 열처리 없이 증류수로 처리한 대조구에 비해 3 log cycle 수준의 저해수준을 보였으며, 저장 3일차에도 3 log cycle 수준의 저해효과를 보였다. 한편, 열처리 방법을 달리 적용한 경우, 즉 40℃ 증류수에 먼저 dipping하여 열처리 한 후에 상온의 malic acid 0.25% ~ 1.0% 용액에 1분간 dipping하여 처리한 시료는 앞서 실험한 malic acid + heating 병용처리구 보다 저해효율이 미흡하였다. 단지, 동일한 처리 방식에서는 malic acid의 농도에 따라 저해효율이 높아 heating-malic acid 1.0% 순차처리구 > heating-malic acid 0.5% 순차처리구 > heating-malic acid 0.25% 순차처리구의 순서로 효과가 우수하였다(Fig. 33).

색도의 경우, 열처리 없이 증류수로 dipping한 대조구의 수준과 거의 비슷하거나 색도가 일정부분 악화되는 것으로 확인되었다(Fig. 34). 이러한 결과는 앞서 실험에서의 결과, 즉 40℃ 증류수에서 dipping만 처리한 경우에 색도가 약간 개선되거나 대조구와 동일하다는 내용과는 어느 정도의 차이가 있는 것이다. 이러한 사실로 미루어 보아 첨가액의 종류 및 농도에 따라 색도값에 미치는 영향이 달라지는 것으로 추정되었다.

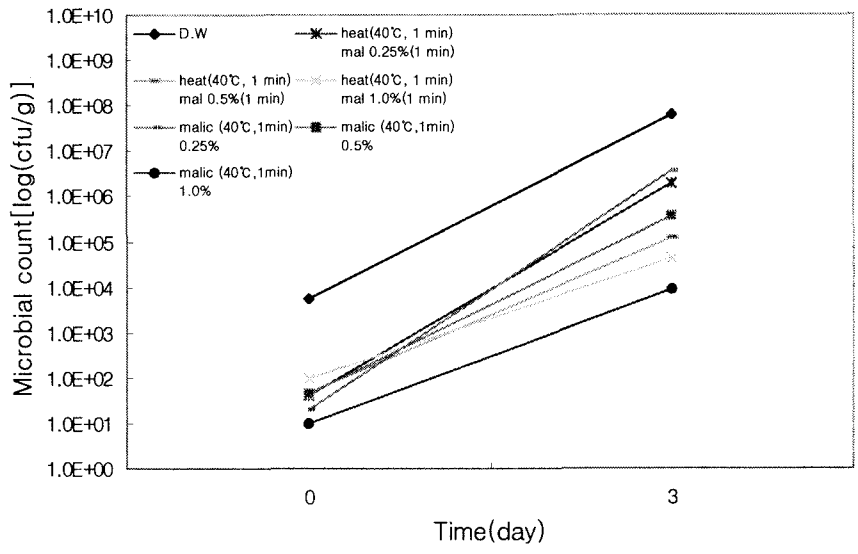


Fig. 33. Hurdle effect of malic acid and heat treatment on microbial count.

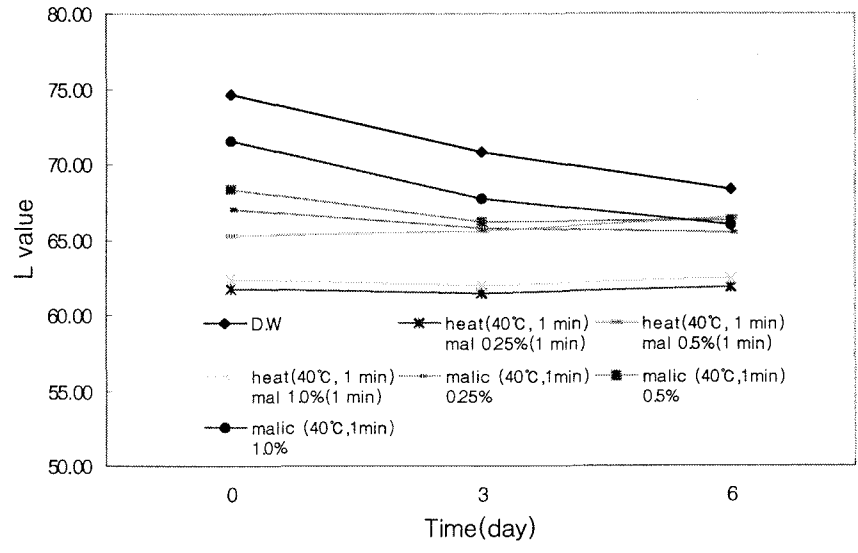


Fig. 34. Hurdle effect of malic acid and heat treatment on L value.

3. 최적 dip solution 및 mild heating 병용처리 효과

앞서 진행한 실험결과에서 최적 dip solution의 구성 및 함량은 malic acid 0.25%~0.75% : ascorbic acid 0.5%~1.0% : calcium chloride 0.25%~0.75% 수준으로 확인되었다. 이러한 3가지의 첨가물 구성기준은 (1) 가급적 최소한의 첨가물 종류를 사용하고, (2) 같은 작용의 유사한 기능을 가진 첨가물들 중에서는 효과가 높은 첨가물을 선택하며, (3) 첨가물의 기능중에서는 미생물 증식억제와 관련한 hurdle effect를 우선적으로 고려한다는 기준에서 선정하였다. 또한, 최적 dip solution을 구성하는 각 첨가물들의 함량에 있어서는, 최소량으로 사용하여 일정수준의 hurdle effect를 얻을 수 있는 양을 최저량으로 설정하였고, 높은 수준의 hurdle effect를 얻을 수 있는 양을 최대량으로 설정하였다. 한편, mild heating 처리온도 및 처리시간은 각각 40℃, 1분으로 결정하였다. 그리고, 처리방법은 열처리를 먼저한 후에 dip solution에 침지하는 순차적 처리방법이 아닌 40℃ dip solution에 직접 침지하는 병용처리방법을 사용하였다. 이상의 내용을 요약하여 최소량의 dip solution 구성물을 MACmin(malic acid 0.25% : ascorbic acid 0.5% : calcium chloride 0.25%)으로 명명하였고, 최대량의 dip solution 구성물을 MACmax(malic acid 0.75% : ascorbic acid 1.0% : calcium chloride 0.75%)으로 명명하여 추가 연구를 진행하였다.

가. MAC-mild heating 병용처리에 대한 lysozyme의 효과

위에서 언급한 MAC(malic acid : ascorbic acid : calcium chloride) dip solution은 그 자체가 절단된 사과와 저장에서 요구되는 미생물, 색도, 조직 및 관능적 우수성 유지에 효과적인 작용을 한다. 여기에 mild heating 병행처리 적용은 hurdle 효과를 더욱 강화한 것으로 볼 수 있다. 그러나, 더욱 더 장기간의 안전한 제품유통을 위해서는 보다 개선될 필요성이 요구된다 하겠다. 이에 본 실험에서는 미생물적 안전성을 강화하기 위해 천연첨가물로 항균효과가 인정되는 lysozyme을 추가적으로 적용하는 실험을 진행하였다.

1) MACmin-mild heating 병용처리에 대한 lysozyme의 효과

Fig. 35는 MACmin에 일정농도의 lysozyme을 투입하여 그 결과를 본 것이다. 사용된 lysozyme 농도보다는 lysozyme 투입 후 40℃ 열처리 여부가 저장 초기(0일차) 및 저장 3일차의 미생물수 결정하는 중요한 요인으로 작용하였음을 알 수 있었다. 색도의 경우, lysozyme 0.1% 투입 처리구가 증류수만을 이용한 대조구에 비해 저장초기(0일차)의 $\Delta E(L\ value)$ 값이 5수준 높은 값을 보였으나, 18℃ 저장 3일차에는 대조구와 차이가 없었다(Fig. 36). 또한, Lysozyme 투입 처리구들 사이에는 $\Delta E(L\ value)$ 값이 1수준이하의 차이를 보여 차이가 없는 것으로 판단하였다.

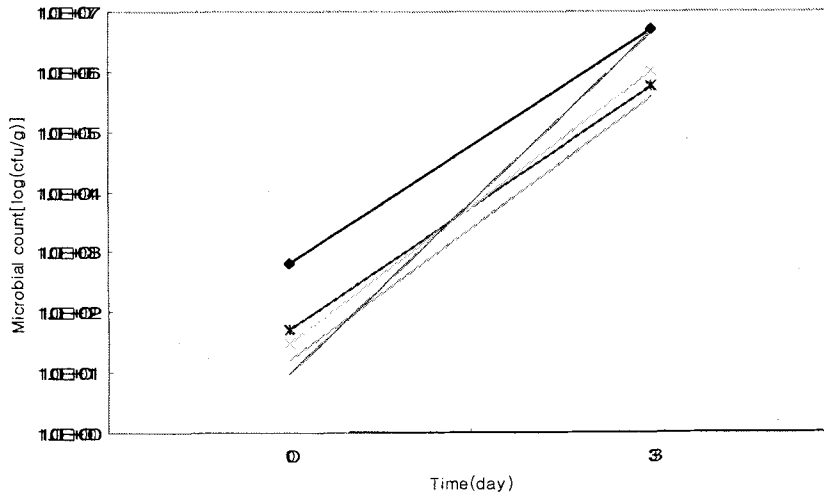


Fig. 35. Hurdle effect of MACmin-mild heating on microbial count.

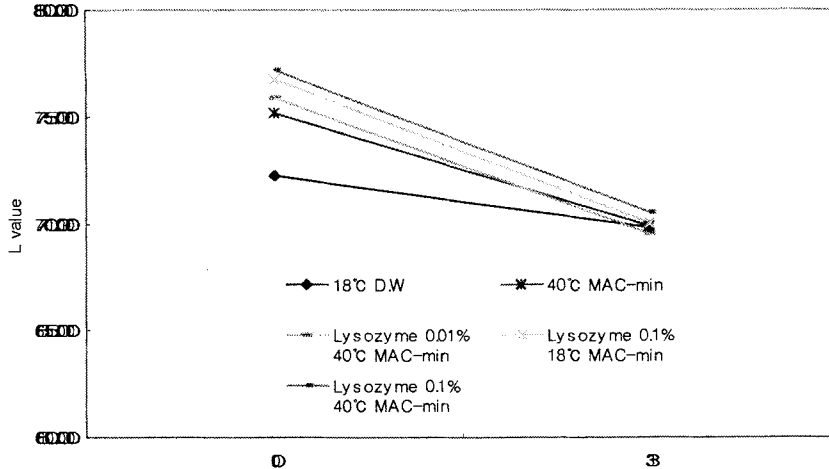


Fig. 36. Hurdle effect of MACmin-mild heating on L value.

2) MACmax-mild heating 병용처리에 대한 lysozyme의 효과

Fig. 37은 MACmax에 일정농도의 lysozyme을 투입하여 그 결과를 본 것이다. 매우 분명하게 lysozyme 투입 및 40°C 열처리의 총균수에 대한 hurdle 효과를 확인할 수 있었다. 즉, lysozyme 투입 및 40°C 열처리를 병용함에 따라 18°C 저장 3일차에서 대조구로 사용한 lysozyme 투입이 없는 비열처리 MACmax처리구에 비해 4 log cycle 수준의 총균수 저해효과를 보였다. 이로보아 lysozyme 투입시에는 40°C 열처리 병용이 필수적이라는 사실을 알 수 있었다. 반면에, 투입되는 lysozyme의 농도는 0.01% ~ 0.1% 사이에서 큰 차이를 볼 수 없었다(Fig. 37).

명도값을 기준으로 한 색도의 경우도 총균수의 경우와 유사한 양상을 보여, lysozyme 투입 및 40°C 열처리를 병용한 처리구들이 비교적 높은 L value를 유지하였다. 여기에는 lysozyme 투입효과도 일부의 영향을 미친 것으로 보이나, 특히 열처리구에서 높은 L value이 나타난 것은 polyphenol oxidase 등의 변색

관련 효소활성의 저해 가능성이 있는 것으로 추정되었다. 이러한 결과는 18℃ 저장초기(0일차)부터 저장 3일차까지 계속 지속되었다(Fig. 38).

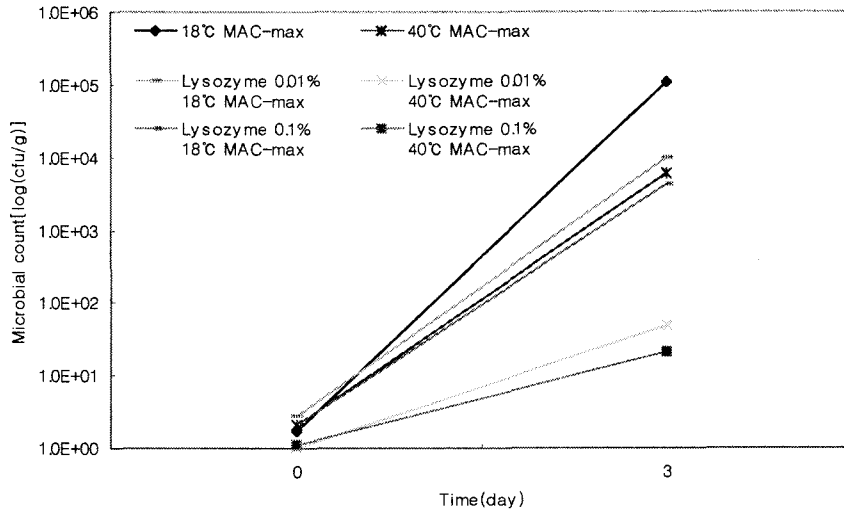


Fig. 37. Hurdle effect of MACmax-mild heating on microbial count.

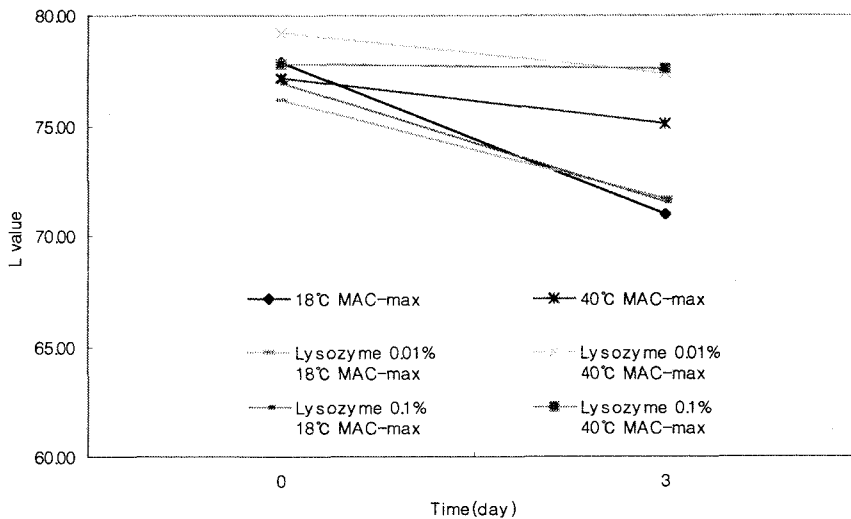


Fig. 38. Hurdle effect of MACmax-mild heating on L value.

나. MAC-mild heating 병용처리에 대한 chitooligosaccharide의 효과

앞선 실험에서 chitooligosaccharide 단독처리는 초기 미생물제어에는 유용하나 저장 후반기에는 오히려 미생물의 증식을 촉진시켰으며, 색도에 악영향을 미치는 부정적 요소가 많은 것으로 나타났다. 그러나 MAC dip solution과 40°C mild heating 처리에 따른 chitooligosaccharide의 hurdle 효과를 확인할 필요가 있을 것으로 판단되는 바, 본 실험에서는 미생물적 안전성을 강화하기 위해 천연첨가물로 chitooligosaccharide를 추가적으로 적용하는 실험을 진행하였다.

Fig. 39에서 보는 실험결과는 앞선 실험의 내용들과 크게 다르지 않았다. 즉, chitooligosaccharide 500ppm를 투입한 MACmax dip solution 처리구는 대조구인 chitooligosaccharide를 투입하지 않은 MACmax dip solution 처리구에 비해 1 log cycle 수준의 미생물 감균효과를 보였으며, 40°C mild heating 처리 시에는 2 log cycle 수준의 미생물 감균효과만을 보였다(Fig. 39). 단지, MACmax 대신에 MACmin을 dip solution을 사용하였을 경우에는 40°C mild heating 처리 및 chitooligosaccharide를 투입 하였음에도 불구하고 오히려 대조구에 비해 총균수가 증가하는 양상을 보였다. 색도의 경우에 있어서는 대조구로 사용한 비열처리 MACmax 처리구에 비해 40°C 열처리를 병용한 것이 좋았고, 열처리한 처리구들에서는 MACmax 처리구가 MACmin 처리구보다 우수하였으나, 그 값의 차이(ΔE)는 크지 않았다(Fig. 40). 결국, chitooligosaccharide는 미생물 제어 및 색도 측면에서 MAC dip solution에도 적용하기 어려울 것으로 판단되었다.

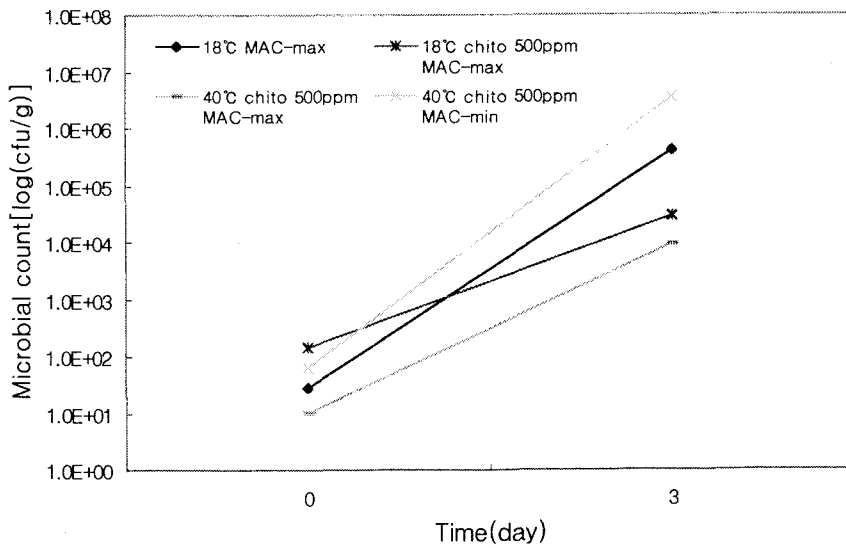


Fig. 39. Hurdle effect of MAC-mild heating and chitoooligosaccharide on microbial count.

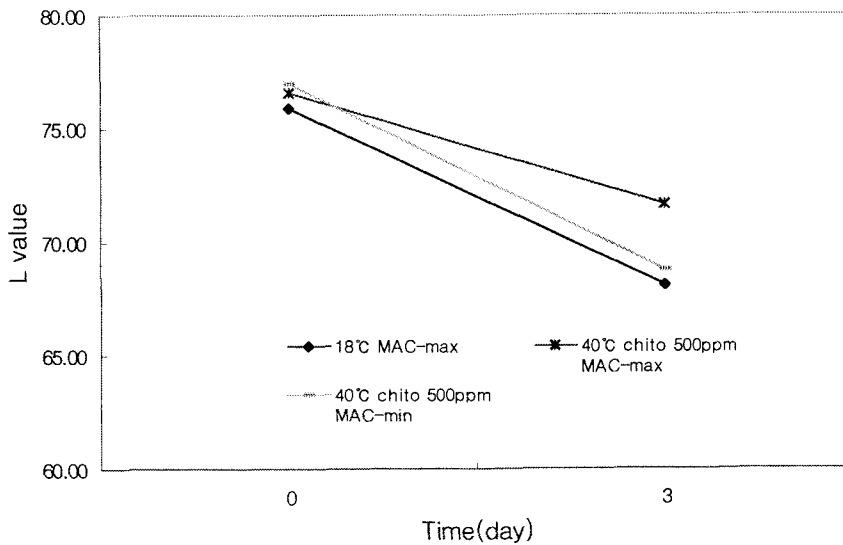


Fig. 40. Hurdle effect of MAC-mild heating and chitoooligosaccharide on L value.

제 2 절 Hurdle effects의 다단계 도입

1. Lysozyme 농도별 효과 및 Air 충전포장 효과

지금까지의 실험결과를 종합적으로 정리하면, 1차적 hurdle 효과는 MACmax(malic acid 0.75% : ascorbic acid 1.0% : calcium chloride 0.75%) dip solution으로, 2차적 hurdle 효과는 40℃ mild heating 처리, 3차적 hurdle 효과는 lysozyme의 정균작용으로 생각할 수 있다. 이러한 다단계 hurdle effects 도입에 따라 보다 안전하게 장기적인 유통이 가능하다고 판단되었다. 본 연구에서는 여기에 4차적인 hurdle 효과로 저온저장(4℃)에 의한 방법을 적용하고자 하였다.

가. MACmax-mild heating 병용처리에 대한 lysozyme 농도별 효과

앞선 연구에서 MACmax-mild heating에 적용한 lysozyme의 농도는 0.01% ~ 0.1% 사이에서 큰 차이의 미생물 생육억제 효과의 차이를 볼 수 없는 것으로 나타났다(Fig. 37). 따라서 본 연구는 신선편이 과채류의 증장기 유통 기술 확립을 위한 연구의 일환으로 lysozyme 농도를 0.005%, 0.01% 및 0.1%로 구분적으로 적용하여 처리한 다음 처리한 후지사과 절편 시료를 0.05mm PE film에 포장하여 저온저장(4℃)에 저장하면서 총균수 및 색도변화를 측정하였다. 총균수의 변화는 Fig. 41에서 보는바와 같이 lysozyme을 처리한 모든 처리구에서 유의적인 증식억제 효과를 볼 수 있었다. 또한, lysozyme 농도를 0.005%, 즉 50ppm까지 내려도 총균수에 미치는 영향은 크지 않는 것으로 판단되었다(Fig. 41).

색도의 경우 MACmax-mild heating에 lysozyme을 적용한 모든 처리구의 색도변화는 MACmax-mild heating처리구와 거의 유사한 형태로 나타났다(Fig. 42).

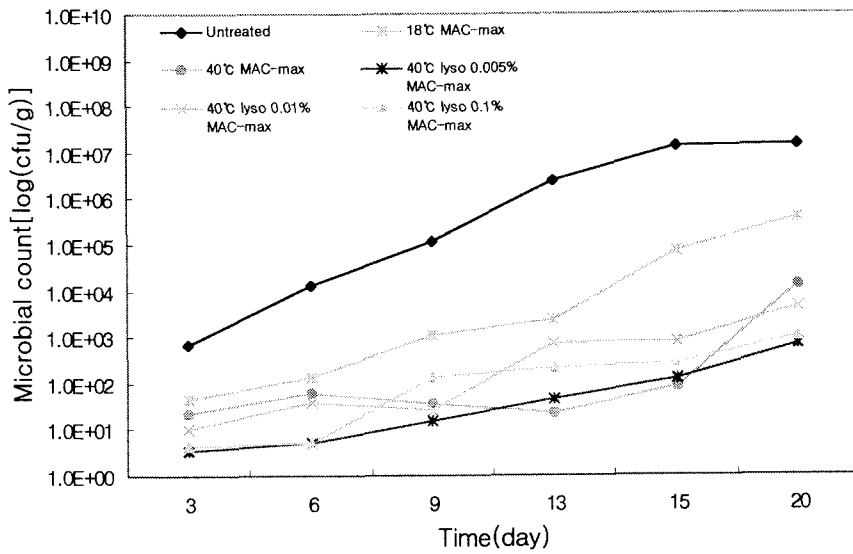


Fig. 41. Hurdle effect of MAC-mild heating and lysozyme on microbial count.

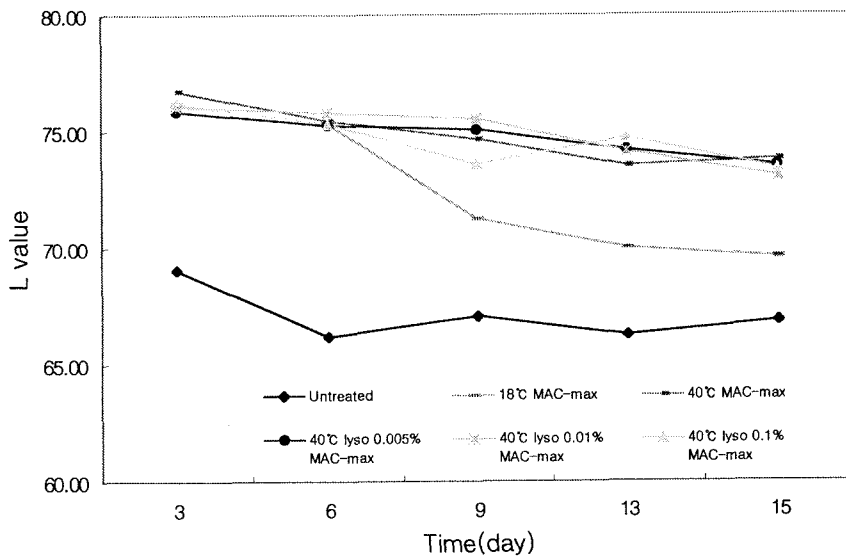


Fig. 42. Hurdle effect of MAC-mild heating and lysozyme on L value.

나. MACmax-mild heating-lysozyme처리 후 Air 충전포장 효과

MACmax-mild heating에 lysozyme 0.1%를 적용한 다음 사과 절편 시료를 0.05mm PE film에 넣고 시료무게의 20±2배(v/w)의 공기를 넣고 포장하여 저온 저장(4℃)에 저장하면서 총균수 및 색도변화를 측정하였다. 그 결과, 총균수 변화는 Fig. 43 및 44에서 보는바와 같이 오히려 공기 충전에 의해 미생물의 수가 증가하는 현상을 나타내었다(Fig. 43 및 44).

한편, 색도변화(L value)는 lysozyme 적용여부에 관계없이 MACmax-mild heating처리한 모든 처리구의 색도변화는 거의 유사한 형태로 나타났다(Fig. 45 및 46.)

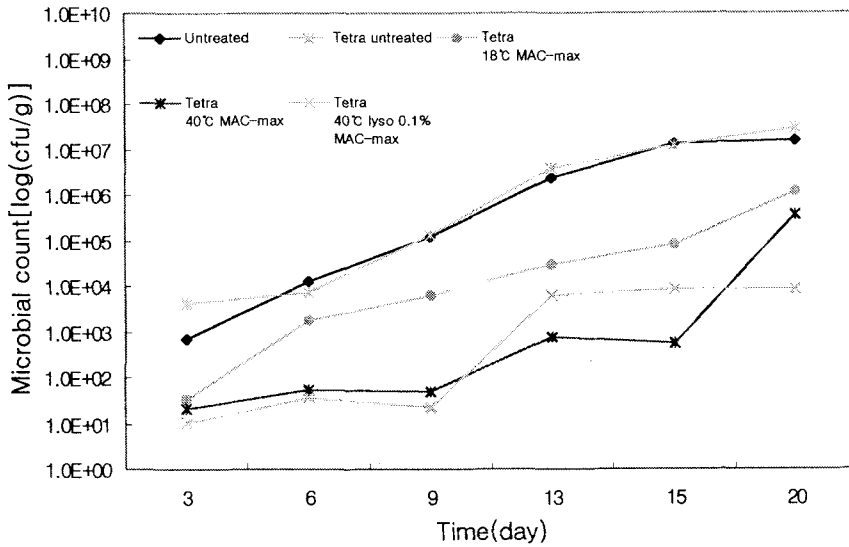


Fig. 43. Hurdle effect of MAC-mild heating, lysozyme and air-package on microbial count(I).

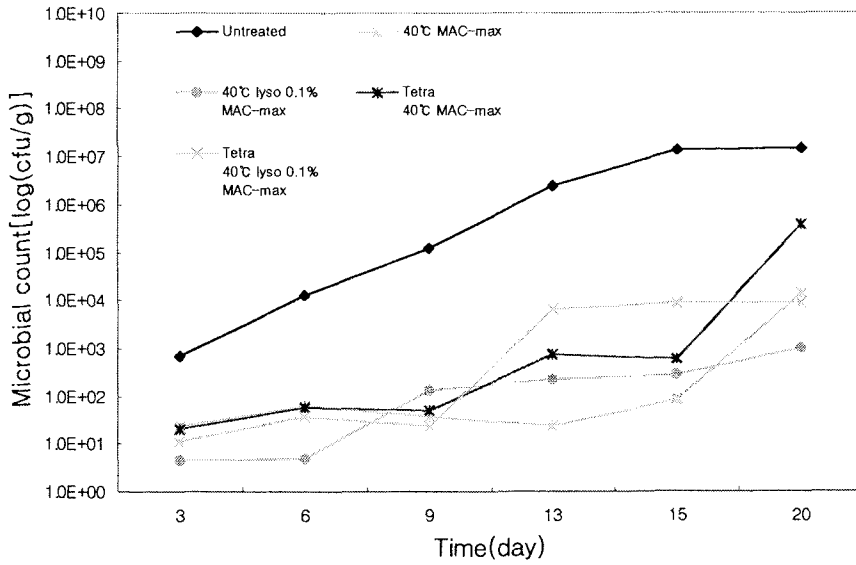


Fig. 44. Hurdle effect of MAC-mild heating, lysozyme and air-package on microbial count(II).

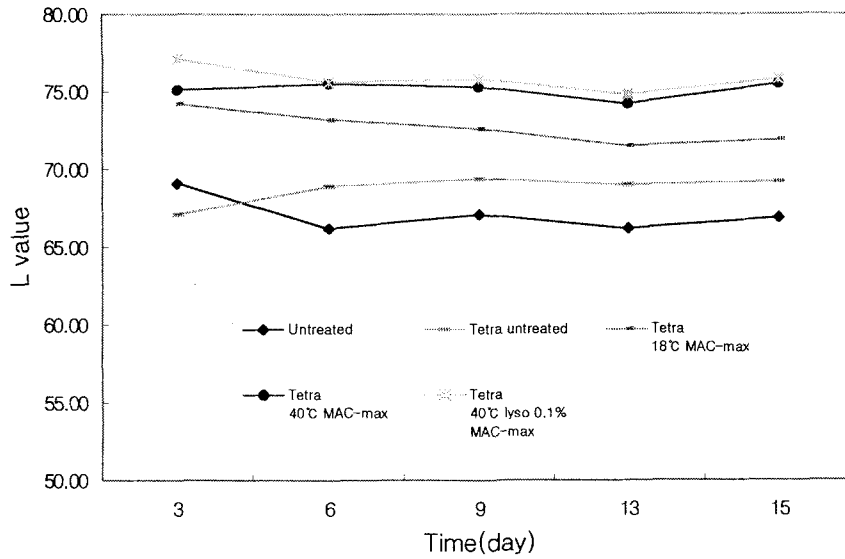


Fig. 45. Hurdle effect of MAC-mild heating, lysozyme and air-package on L value(I).

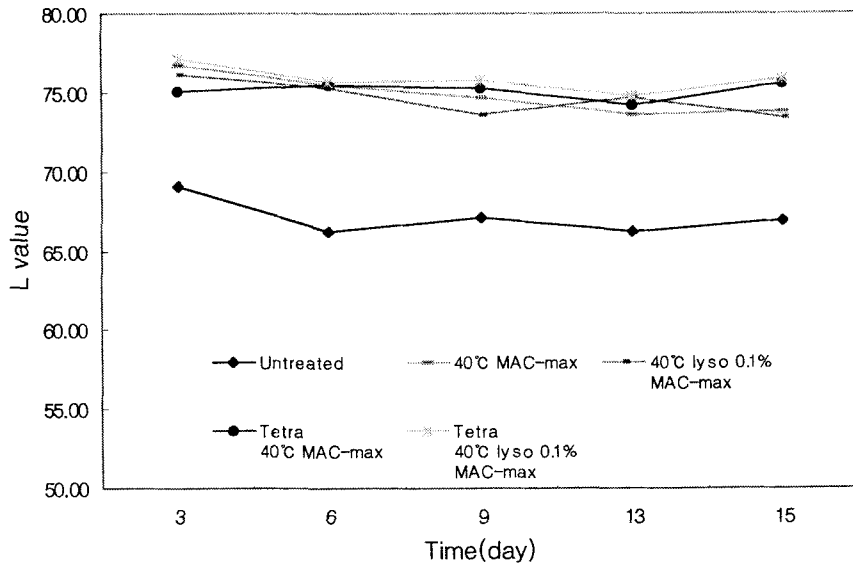


Fig. 46. Hurdle effect of MAC-mild heating, lysozyme and air-package on L value(II).

2. Mixed Gas 충전포장 효과

전처리한 사과 절편 시료를 0.05mm PE film에 넣고 시료무게의 20 ± 2 배 (v/w)의 Mixed Gas($\text{CO}_2 : \text{O}_2 : \text{N}_2 = 7.02\% : 2.49\% : 90.49\%$)를 넣고 포장하여 18°C 에서 저장하면서 총균수 및 색도변화를 측정하였다.

가. MACmax에 대한 적용

MACmax 처리구 및 hurdle effect 전처리 과정이 없는 무처리구를 포장지 (0.05mm PE film) 내부의 공기조성 및 공기투입 여부에 따라 실험한 결과는 Fig. 47 및 Fig. 48과 같다. 포장지내의 공기조성 및 공기투입 여부에 관계없이 무처리구에 비해 MACmax의 초기미생물 제어 효과가 우수하였다. 또한, MACmax 처리여부에 관계없이 전반적으로 인위적인 공기투입을 하지 않는 것이 초기미생물 제어에 가장 우수하였고, 그 다음이 Air를 투입한 것이며, Mixed

Gas를 포장지 내에 투입한 것이 효과가 가장 미흡했다(Fig. 47). 색도의 경우에는 MACmax 처리구들이 우수하였고, 동일한 전처리 조건에서는 Mixed Gas를 투입한 것이 가장 우수하였고, 다음으로는 공기투입을 하지 않은 것, 그 다음은 Air를 투입한 것의 순서로 나타났다(Fig. 48).

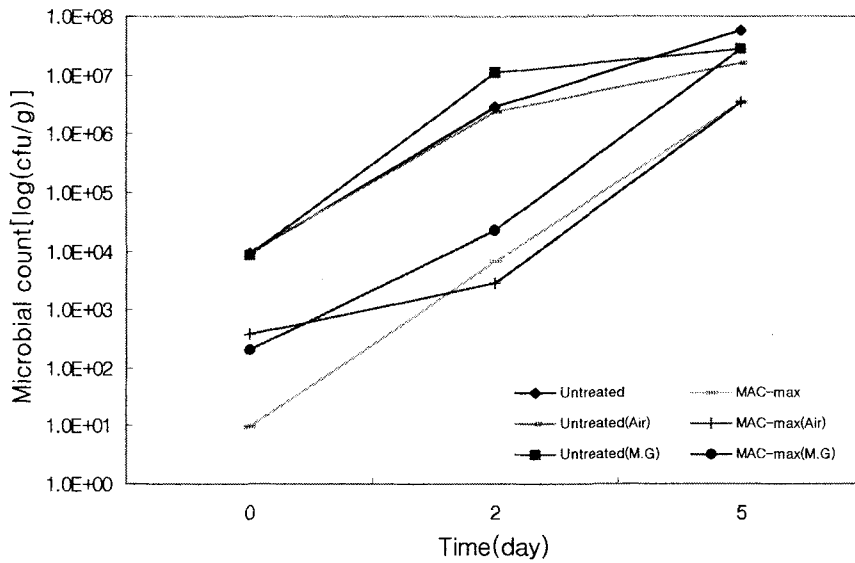


Fig. 47. Hurdle effect of MAC-mild heating and with different air composition-package on microbial count.

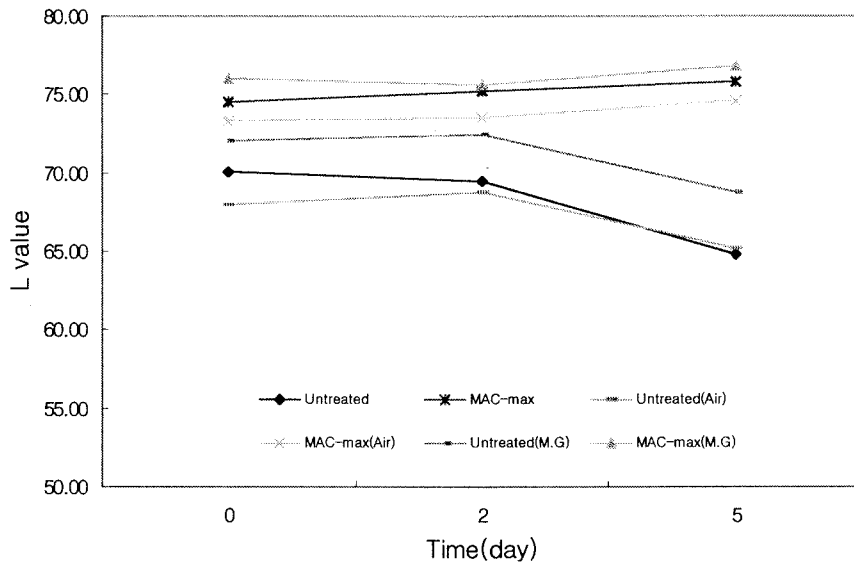


Fig. 48. Hurdle effect of MAC-mild heating and with different air composition-package on L value.

나. MACmax-mild heating-lysozyme처리방법에 대한 적용

MACmax와 40°C heating 병용처리에 lysozyme을 50ppm 및 100ppm 사용한 처리구들을 포장지(0.05mm PE film) 내부의 공기조성 및 공기투입 여부에 따라 실험한 결과는 Fig. 49 및 Fig. 50와 같다.

Fig. 49에서 보는 바와 같이 18°C 저장 2일차를 기준할 때, MACmax-mild heating-lysozyme처리의 50ppm lysozyme 농도에서는 Air 투입한 것 > Mixed Gas 투입한 것 > 공기투입 하지 않은 것의 순서로 초기미생물 제어 효과가 우수하였다. 단지, 50ppm lysozyme 농도의 Air 투입한 시료는 저장 후반기(5일차)에 다른 처리시료에 비해 1 log cycle 수준으로 총균수가 많았다. 반면에, MACmax-mild heating-lysozyme처리의 100ppm lysozyme 농도에서는 Mixed Gas 투입한 것 > Air 투입한 것 > 공기투입 하지 않은 것의 순서로 초기미생

물 제어 효과가 우세하였다(Fig. 49). 한편, 색도변화의 경우, lysozyme 농도, 공기조성 및 공기투입 여부에 관계없이 거의 유사한 양상을 보였으며, 처리구간의 유의적인 차이를 확인하기가 어려웠다(Fig. 50).

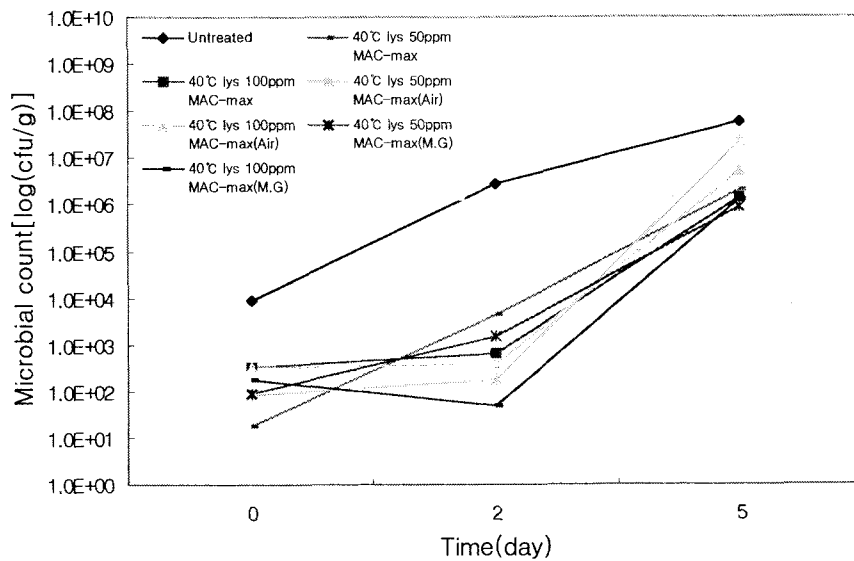


Fig. 49. Hurdle effect of MAC-mild heating, lysozyme and with different air composition-package on microbial count.

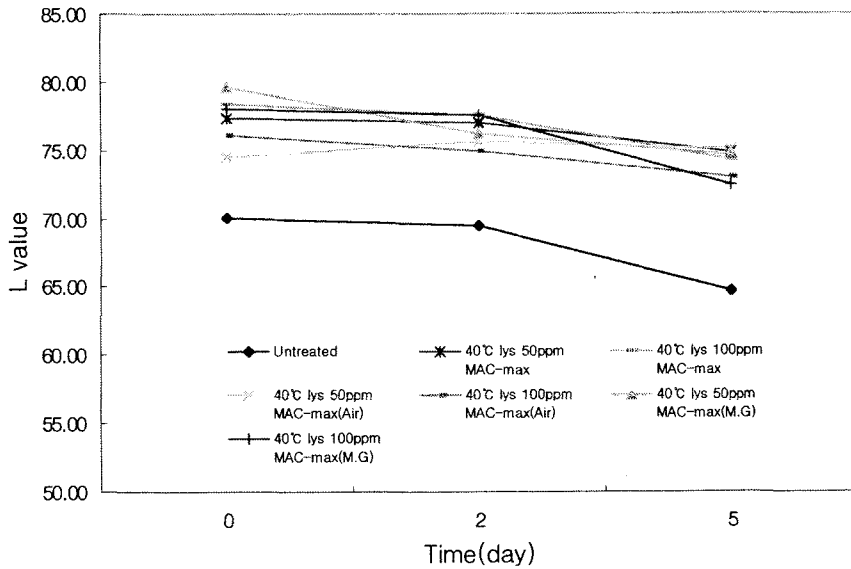


Fig. 50. Hurdle effect of MAC-mild heating, lysozyme and with different air coposition-package on L value.

3. 포장 재질 및 두께별 초기미생물 제어효과

저장실험에 사용하는 포장재의 재질 및 두께별로 PP film 0.03mm, 0.05mm, 0.07mm와 PE film 0.03mm, 0.05mm, 0.07mm, 총 6가지의 포장 film을 이용하여 MACmax처리여부와 40°C heating 병용처리여부 및 50ppm lysozyme처리여부로 구분하여 후지 사과 절편 시료를 18°C에서 저장하면서 총균수 및 색도변화를 측정하였다.

가. PP film 두께에 따른 효과

Fig. 51에서 보는 바와 같이 18°C 저장실험에서 저장 초기로 볼 수 있는 저장 2일차까지의 초기 총균수 변화를 기준으로 할 경우, 시료의 전처리 방법에 따른 동일한 조건에서는 PP film 0.05mm > 0.03mm > 0.07mm의 순서로 초기미생물 제

어 효과가 우수하였다. 그러나, PP film 0.07mm를 사용한 시료의 경우, 18℃ 저장 후기인 저장 5일차에서 미생물의 증식이 타 film 두께를 사용한 시료에 비해 상대적으로 저하되는 것을 볼 수 있었다. 특이한 점은 PP film 0.07mm를 사용한 경우, 18℃ 저장 초기부터 중반기(3일차) 및 후기(5일차)까지의 총균수 증식 속도로 볼 수 있는 기울기가 다른 처리구에 비해 낮았다는 것이다(Fig. 51). 이러한 현상은 포장된 시료의 희망 저장기간 목표치 및 저장온도에 따라 포장 film 두께를 선택하여야 한다는 것으로 잠정해석이 가능하나, 이에 대한 내용은 보다 심도 있는 연구가 필수적인 것으로 사료된다. 한편, 본 연구에서 계속 추구하고 있는 초기미생물 제어가 품질결정의 가장 중요한 요소라는 관점에서는 저장초기(0일차 ~ 2일차)의 총균수 변화에 집중할 필요가 있으며, 결국 PP film의 경우 0.05mm가 최적인 것으로 판단되었다.

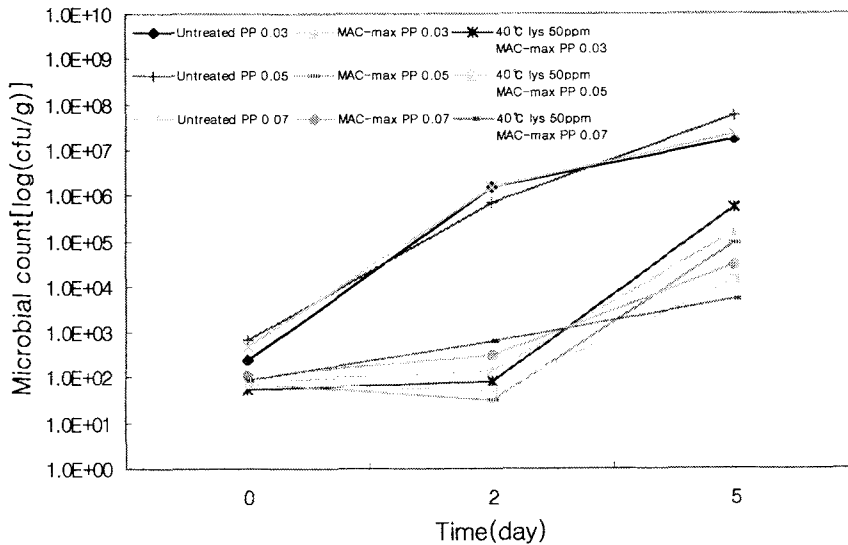


Fig. 51. Hurdle effect of MAC-mild heating, lysozyme and with different PP packaging film on microbial count.

나. PE film 두께에 따른 효과

Fig. 52에서 보는 바와 같이 18℃ 저장 2일차를 기준할 때, 시료의 전처리 방법에 따른 동일한 조건에서 MACmax-mild heating-lysozyme 50ppm의 경우 PE film 0.05mm > 0.07mm > 0.03mm의 순서로, MACmax-mild heating의 경우 PE film 0.03mm > 0.07mm > 0.05mm의 순서로 초기미생물 제어 효과가 우수하였다. 그러나, 이들 18℃ 2일차 저장시료들 중에서 MACmax-mild heating-lysozyme 50ppm 전처리 후에 PE film 0.05mm로 포장한 시료를 제외하고는 초기 미생물 제어 수준의 차이는 크지 않았다.

한편, 18℃ 저장후기인 저장 5일차 총균수의 변화에 있어 MACmax-mild heating-lysozyme 50ppm의 경우, PE film 0.03mm > 0.07mm > 0.05mm의 순서로 미생물 제어 효과가 우수하여 저장 2일차와 비교할 때 저장 후기에서는 PE film 0.05mm이 오히려 미생물의 제어 측면에서 불리한 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 앞선 실험의 PP film 두께별 결과(Fig. 51)에서도 확인된 바와 같이, 포장 film의 두께결정은 목적하는 저장기간 및 품질요소에 따라 달라져야 한다는 것을 보여주는 것이며, 이에 대한 추가적인 내용은 더욱 세분화된 연구가 뒷받침되어야 할 것으로 판단되었다.

반면에, 동일한 조건에서 lysozyme을 사용하지 않은 MACmax-mild heating으로만 전처리한 시료의 18℃ 저장 5일차 총균수 변화에 있어서는 PE film 0.03mm > 0.05mm > 0.07mm의 순서로 미생물 제어 효과가 우수하였으나, 처리구간의 차이는 적었다(Fig. 52).

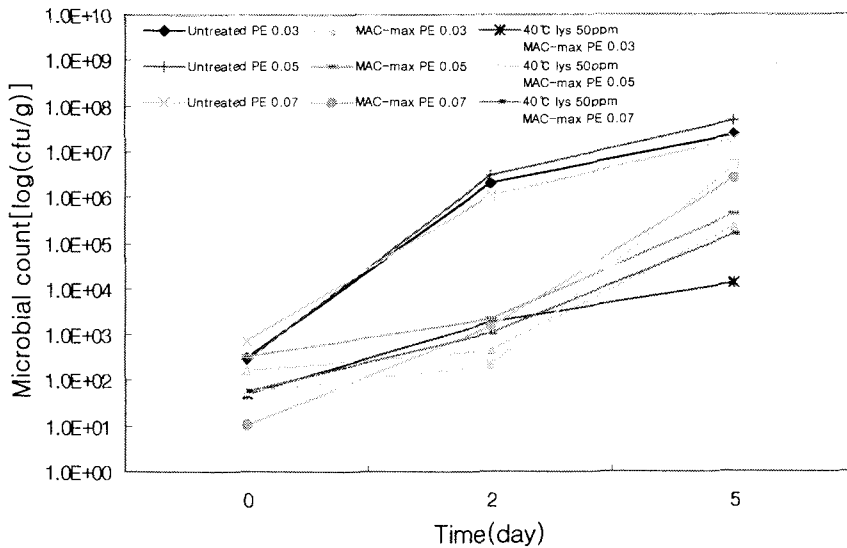


Fig. 52. Hurdle effect of MAC-mild heating, lysozyme and with different PE packaging film on microbial count.

다. 두께 0.03mm film의 재질에 따른 효과

시료의 전처리 방법이 동일하고 film 두께가 0.03mm로 동일한 조건에서 사용 film의 재질을 PP재질 및 PE재질로 실험한 결과는 Fig. 53에서 보는 바와 같다. 즉, 18°C 저장 초기인 저장 2일까지는 시료의 전처리 방법에 관계없이 PP재질이 PE재질 보다 초기미생물 제어 효과가 우수하였다. 단지, MACmax-mild heating-lysozyme 50ppm처리구의 경우에는 저장 중·후반기인 저장 3일차 이후부터 PE재질이 PP재질보다 우수한 것으로 나타나(Fig. 53), 저장 중·후반기 이후의 총균수 제어 측면에서 본다면 PE재질을 사용하는 방법도 고려할 필요가 있다고 할 수 있다. 그러나, 전반적으로 저장 후기의 총균수가 평균적으로 $10^4 \sim 10^6/g$ 정도의 높은 수준이며, 또한 초기미생물 제어가 품질결정의 가장 중요한 요소라는 관점에서는 PP재질이 이러한 용도에서 더욱 적합한 것으로 판단되었다.

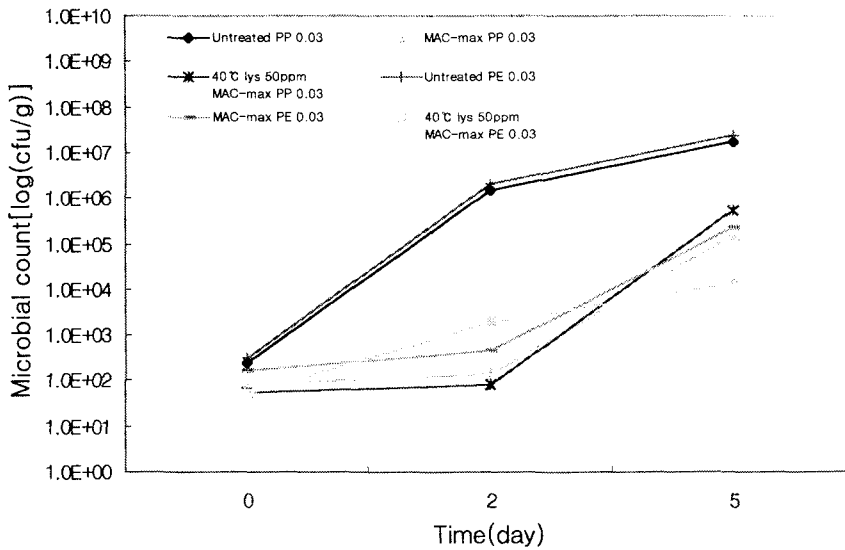


Fig. 53. Hurdle effect of MAC-mild heating, lysozyme and with 0.03mm packaging film on microbial count.

라. 두께 0.05mm film의 재질에 따른 효과

시료 전처리 방법이 동일하고 film 두께가 0.05mm로 동일한 조건에서 사용 film의 재질을 PP재질 및 PE재질로 실험한 결과는 Fig. 54에서 보는 바와 같다. 시료의 전처리 방법에 관계없이 18℃ 저장 초기부터 저장 후기인 저장 5일차까지 전체적으로 PE재질 보다는 PP재질이 미생물 제어 효과, 즉, 총균수 증식억제 작용이 우수하였다. 이러한 결과는 전처리처리를 하지 않은 무처리 시료에서도 동일한 양상을 보였으며(Fig. 54), PP재질 및 PE재질에 따른 총균수도 1 log cycle 수준이상의 차이를 나타낸 바, 포장지 film 두께가 0.05mm인 경우 PP재질이 미생물 제어 측면에 우수함을 알 수 있었다.

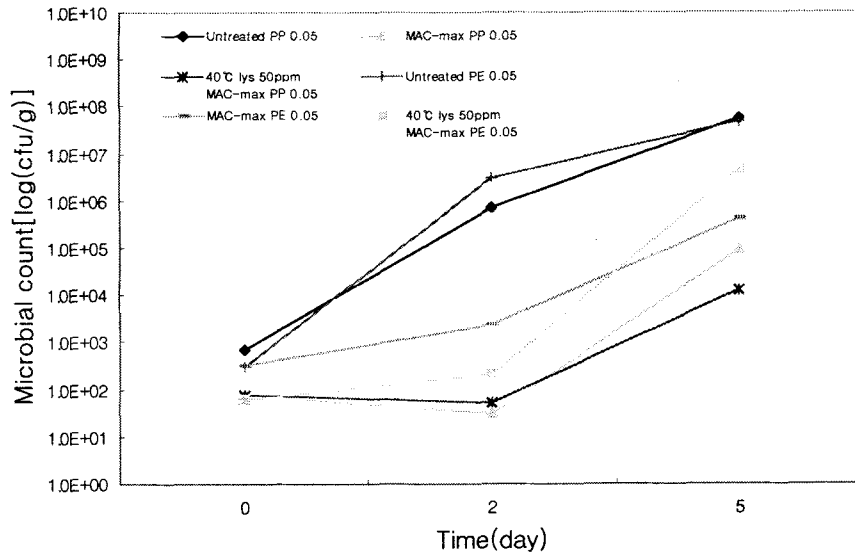


Fig. 54. Hurdle effect of MAC-mild heating, lysozyme and with 0.05mm packaging film on microbial count.

마. 두께 0.07mm film의 재질에 따른 효과

시료의 전처리 방법 및 film 두께가 0.07mm로 동일한 조건에서 사용 film의 재질을 PP재질 및 PE재질로 실험한 결과는 Fig. 55에서 보는 바와 같다.

즉, 18°C 저장 2일차를 기준할 때, 시료의 전처리 방법이 동일하고 film 두께가 0.07mm로 동일한 조건에서는 PP재질이 PE재질 보다 미생물 제어에 효과적이었다. 이러한 결과는 18°C 저장 후기(5일차)까지 지속되었으며, 저장기간에 따른 총균수의 변화에 차이를 보이지 않은 무처리 시료를 제외하고는 같은 양상으로 나타났다(Fig. 55).

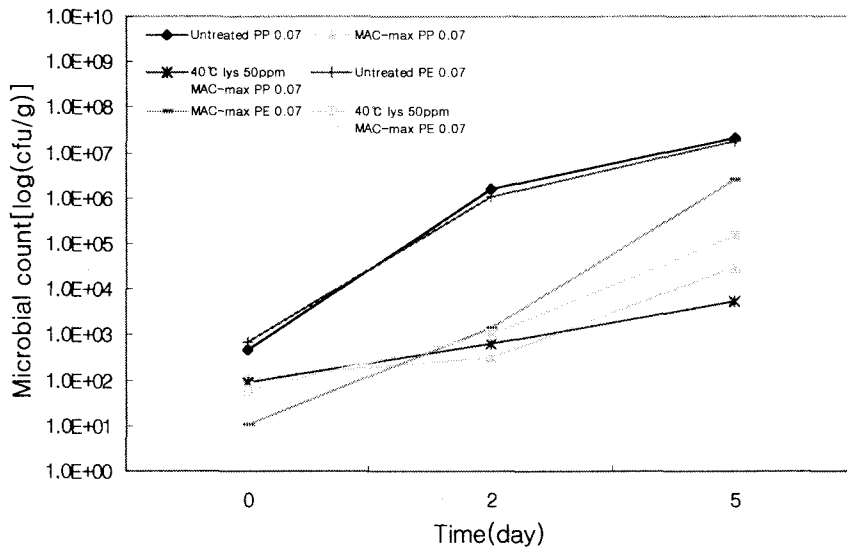


Fig. 55. Hurdle effect of MAC-mild heating, lysozyme and with 0.07mm packaging film on microbial count.

바. 미생물 제어 측면에서의 최적 film 선택

Lysozyme 50ppm을 사용한 MACmax-mild heating-lysozyme처리 시료의 저장중 미생물 제어 측면에서 가장 최적의 film은 Fig. 56에서 보는 바와 같다. 즉, 18°C 저장 전반기인 2일차를 기준으로 볼 때에는 PP film 0.05mm > PP film 0.03mm > PE film 0.05mm > PP film 0.07mm > PE film 0.07mm > PE film 0.03mm 순서로 초기 미생물 제어효과가 우수하였다. 반면에 18°C 저장 후기(5일차)를 기준으로 볼 때에는 PP film 0.07mm > PP film 0.05mm > PE film 0.03mm > PE film 0.07mm > PP film 0.03mm > PE film 0.05mm 순서로 미생물 제어효과가 우수하였다. 특이한 점은 PP film 0.05mm의 경우와 PP film 0.07mm를 비교할 때, 저장 전반기인 2일차까지는 PP film 0.05mm이 PP film 0.07mm에 비해 1 log cycle 수준 이상의 미생물 생육억제 효과가 있는 것으로 나타났으나, 저장 후기인 5일차를 기준 할 때에는 PP film 0.07mm이 PP film 0.05mm에 비해 1 log

cycle 수준에는 미치지 못하나 미생물 생육억제 효과가 더 우수한 것으로 나타났다. 또한, PP film 0.07mm는 PP film 0.05mm에 비해 저장기간 동안의 미생물 증식 기울기가 완만하여, 18℃ 저장기간 5일 동안 비교적 안정된 미생물 관리를 할 수 있다는 측면이 있다. 그러나, 신선 과채류의 단기간 저장을 비롯한 장기저장에서도 초기 미생물의 제어가 가장 중요한 요인으로 작용하며, 일정 수준의 미생물 생육이 발생한 이후에는 더 이상의 다른 hurdle effect 적용의 의미가 없다는 것은 널리 알려져 있는 사실이다. 결국, 이러한 결과를 전반적으로 판단할 때, 미생물 제어측면에서는 0.05mm PP film이 MACmax-mild heating-lysozyme처리를 통한 사과와 신선편의 식품제조를 위한 가장 최적의 film으로 확인되었다(Fig. 56).

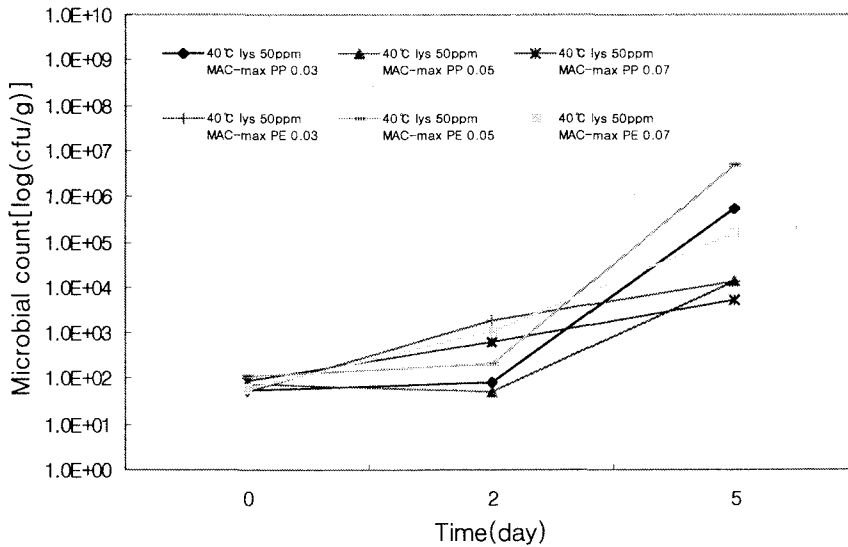


Fig. 56. Optimum film for MACmax-mild heating-lysozyme treatment.

사. 색도변화 측면에서의 최적 film 선택

포장재의 재질 및 두께별로 PP film 0.03mm, 0.05mm, 0.07mm와 PE film 0.03mm, 0.05mm, 0.07mm, 총 6가지의 포장 film을 이용하여 전처리처리를 하지 않은 시료, MACmax처리여부와 40℃ heating 병용처리여부 및 50ppm lysozyme처리여부에 따라 사과 절편 시료를 18℃에서 저장하면서 색도(L value) 변화를 측정 한 결과는 Fig. 57, 58 및 59와 같았다. 저장 중의 색도(L value) 변화에서 저장 초기의 변색억제 확인 기준으로는 저장 2일차를 중심으로 하여 저장 5일까지 변화되는 값을 확인 하였는 바, 이는 저장 0일차의 경우 시료 자체가 가지는 초기 색도값(L value)의 편차로 인해 포장재에 따른 색도변화를 확인할 수가 없기 때문이다.

결과로는 우선 MACmax-mild heating-lysozyme 50ppm 처리방식의 경우 Fig.57에서 보는 바와 같이 PE film 0.05mm > PE film 0.03mm > PP film 0.05mm의 순서로 우수하였다. MACmax-mild heating 처리방식에서는 Fig.58에서 보는 바와 같이 PE film 0.03mm > PP film 0.03mm > PP film 0.05mm의 순서로 우수하였으며, 전처리처리를 하지 않은 방식(Fig.59)에서는 PE film 0.03mm > PE film 0.07mm > PE film 0.05mm 순서로 우수하였다. 그러나, MACmax-mild heating 처리방식에서 PE film 0.03mm를 사용한 경우를 제외하고는 전반적으로 각 처리구별 색도변화 측정에서 우수한 순위차 간의 L value ΔE 값의 차이가 1수준 정도로 나타나 색도 값에서는 오차의 범위수준으로도 볼 수 있는 값을 보였다. 이러한 결과에도 불구하고 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 사과시료 저장중의 색도 측면에서는 PE film이 PP film보다 뛰어난 것을 알 수 있었으며, PE film중에서도 0.03mm가 가장 권장된다 하겠다. 이러한 결과는 앞선 실험에서 저장중 초기 미생물 제어 측면에서 일반적으로 PP film이 PE film보다 유리하다는 내용과 대비되며, 결국 처리 대상시료 및 요구조건(미생물제어 측면, 색도 측면, 저장기간 등) 우선순위에 따라 사용할 film의 재질 및 두께가 결정되어야 함을 보여준다.

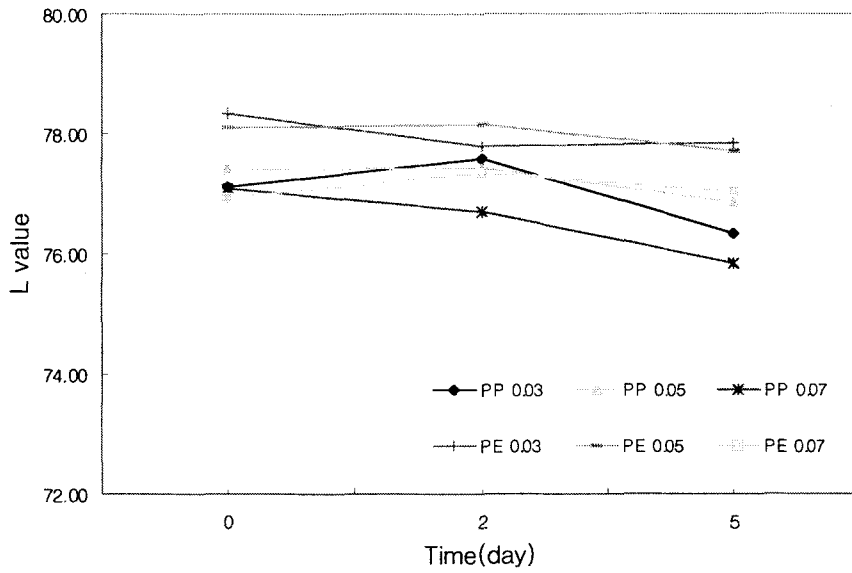


Fig. 57. Hurdle effect of MACmax-mild heating-lysozyme 50ppm and with different packaging film on L value.

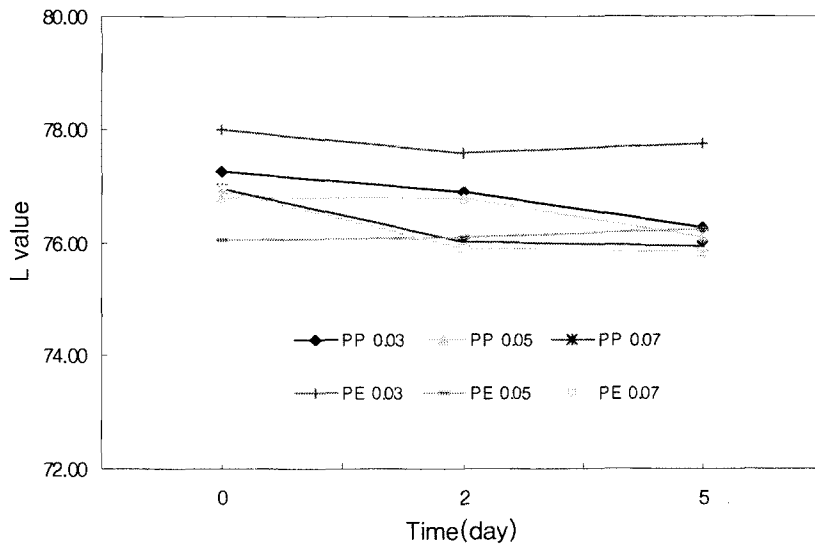


Fig. 58. Hurdle effect of MACmax-mild heating and with different packaging film on L value.

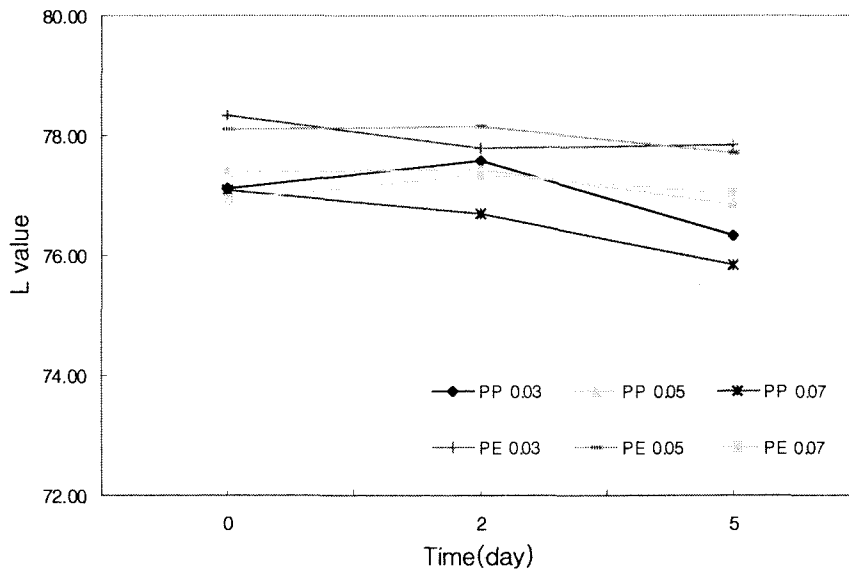


Fig. 59. Hurdle effect of untreated sample and with different packaging film on L value.

제 3 절 Hurdle effects 도입 과채류의 저장중 품질특성 변화

1. Hurdle effects 도입 신선편의 사과에 대한 효과

앞에서 도출된 hurdle effects 실험결과를 여러 종의 신선편의 사과류에 적용하여 저장하면서 저장기간에 따른 주요 품질특성을 확인하였다.

가. Dipping 방법에 의한 후지사과 처리 및 저장

경기도 성남시 소재의 대형마트에서 2003년 7월 중순에 구입한 국내산 사과(후지, 개체중량 250~295g, 경북영주 풍기농협)를 5℃ 이하의 RH 90~95% 조건에서 저장(냉장중의 사과표면온도 7~8℃)하면서 사용하였다. 증류수에 Malic acid 0.75%, Ascorbic acid 1.0%, Calcium chloride 0.75%(MACmax)를 녹이거나 혹은 여기에 lysozyme 50ppm을 혼합하여 녹인 것을 40℃로 가열하여 dipping solution으로 사용하였다. 저장중인 사과는 사용직전에 수돗물로 표면 세척한 다음 slicer (Mirra 275, Sirman Co., Italy)로 5mm 두께로 slicing하고, slicing한 절편을 흐르는 수돗물로 세척하여 사용(사과절편의 표면온도 15℃)하였다. Slicing한 절편을 미리 제조한 40℃ 침지액에 1분간 침지한 다음, 상온에서 건조(표면온도 28~29℃)한 후 0.05mm PP film에 포장하여 4℃ 냉장실에 저장하면서 총균수 등의 변화를 측정하였다.

1) 저장중의 총균수 변화

Fig. 60에서 보는 바와 같이 대조구로 사용한 무처리구(Untreated)의 경우 저장 10일차에 5 log cycle, 저장 20~25일에는 7 log cycle 수준의 총균수를 보였다. 반면에, MACmax 처리구의 경우, 저장 10일차에 1.3×10^2 cfu/g, 저장 20일차에 1.0×10^3 cfu/g, 저장 25일에는 6.0×10^3 cfu/g의 총균수 수준을 보였다. 한편, MACmax-lysozyme 처리구는 저장 10일차에 2.4×10^2 cfu/g, 저장 20일차

에 4.9×10^3 cfu/g, 저장 25일에는 1.3×10^4 cfu/g의 총균수 수준을 보여, 앞서 실험한 상온저장의 경우와는 달리 lysozyme 혼합에 따른 총균수의 감소 효과를 확인하기가 어려웠다(Fig. 60).

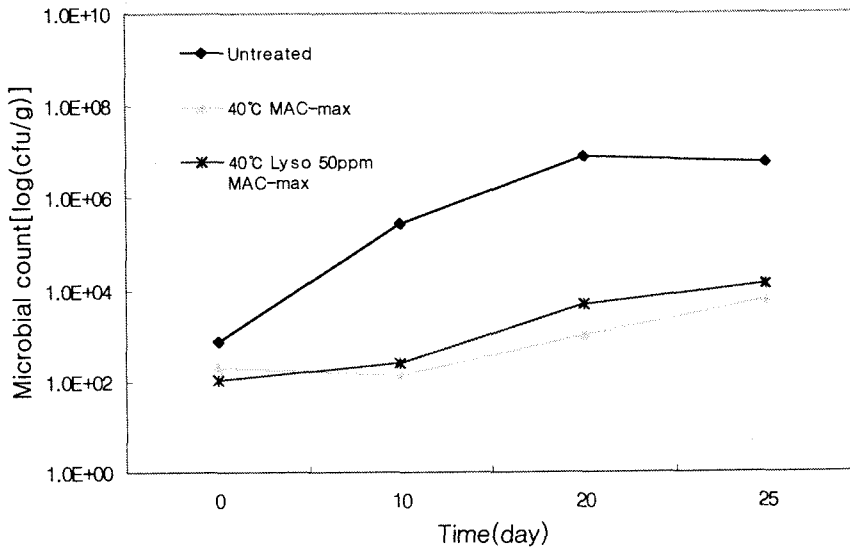


Fig. 60. Hurdle effect of MAC-mild heating-lysozyme on microbial count in minimally processed Fuji apples during storage at 4°C.

2) 저장중의 색도 변화

대조구로 사용한 무처리구(Untreated)는 L value 기준의 색도값이 저장 10일 차에 68.6, 저장 20~25일에는 67.0~64.2의 수준으로 나타났다(Fig. 61). 반면에 MACmax 처리구의 경우, 저장 10일차에 73.3, 저장 20~25일에는 71.6~70.0의 수준을 보였으며, MACmax-lysozyme 처리구는 저장 10일차에 75.5, 저장 20~25일에는 73.2~72.3의 수준으로 나타내었다(Fig. 61).

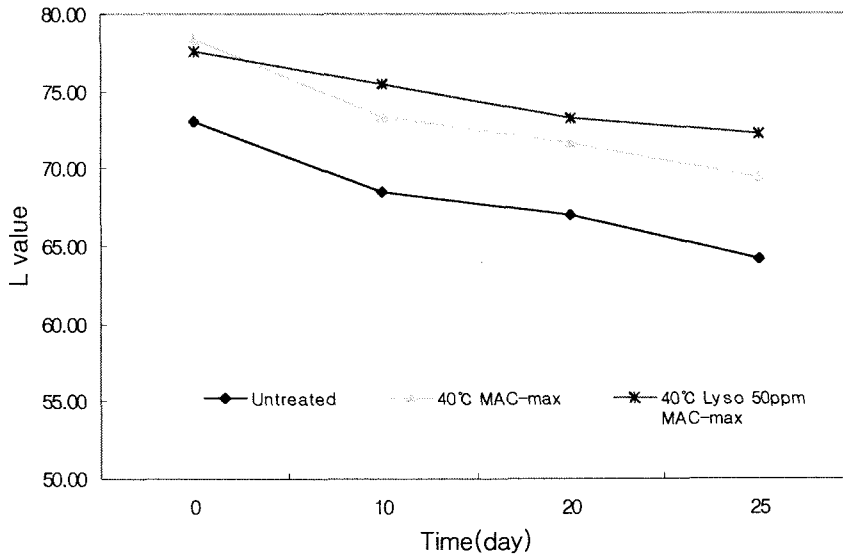


Fig. 61. Hurdle effect of MAC-mild heating-lysozyme on L value in minimally processed Fuji apples during storage at 4°C.

3) 저장에 따른 조직강도 변화

무처리구의 경도(firmness, kg force)는 4°C 저장초기에 2.1 수준이며, 저장 20일차에 1.7 수준이었다(Fig. 62). 그러나, MACmax 처리구의 경우, 저장초기에 2.3, 저장 20일차에는 2.2 수준이며, MACmax-lysozyme 처리구는 저장초기에 2.4, 저장 20일차 2.4 수준을 나타내었는 바, 저장기간 동안 시료의 경도 변화가 가장 적은 시료는 MACmax-lysozyme 처리구인 것으로 확인되었다(Fig. 62).

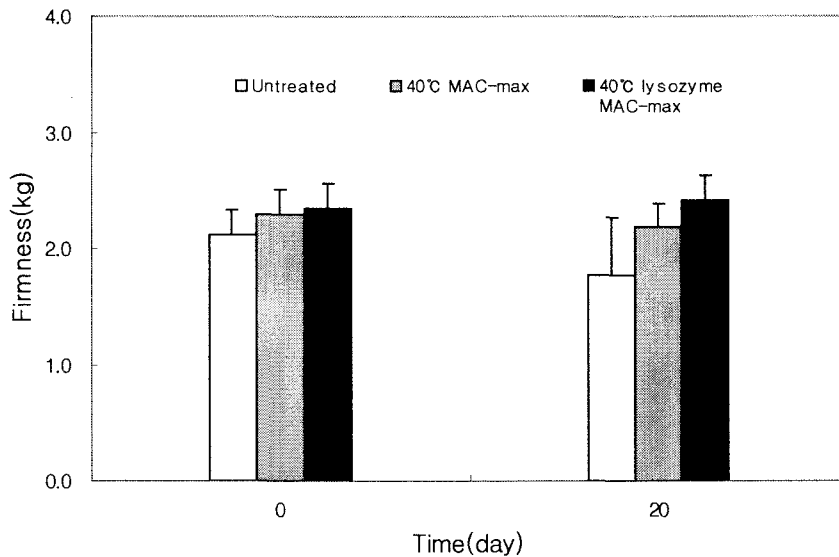


Fig. 62. Changes in texture of minimally processed Fuji apples with MAC-mild heating-lysozyme during storage at 4°C.

나. Spray 방법에 의한 후지사과 처리 및 저장

경기도 성남시 소재의 대형마트에서 2003년 7월 중순에 구입한 국내산 사과 (후지, 개체중량 250~295g, 경북영주 품기농협)를 5°C 이하의 RH 90~95% 조건에서 저장(냉장중의 사과표면온도 7~8°C)하면서 사용하였다. 증류수에 Malic acid 0.75%, Ascorbic acid 1.0%, Calcium chloride 0.75%(MACmax)을 녹이거나 혹은 여기에 lysozyme 50ppm을 혼합하여 녹인 것을 spray solution으로 사용하였다. 저장중인 사과는 사용직전에 수돗물로 표면 세척한 다음 slicer (Mirra 275, Sirman Co., Italy)로 5mm 두께로 slicing하고, slicing한 절편을 흐르는 수돗물로 세척하여 사용(사과절편의 표면온도 15°C)하였다. Slicing한 절편을 미리 제조한 spray solution으로 시료의 앞뒷면을 각각 0.2sec로 2회 반복 분사(분사 수압 1~2kg/cm²)하였다. 분사 후 80°C dry oven에서 3min간 열풍건조한 다음 0.05mm PP film에 포장하여 4°C 냉장실에 저장하면서 총균수

등의 변화를 측정하였다.

1) 저장중의 총균수 변화

Fig. 63에서 보는 바와 같이 대조구로 사용한 무처리구의 경우 저장 10일차에 2.6×10^6 cfu/g, 저장 20일에는 1.4×10^6 cfu/g 수준의 총균수를 보였다. 반면에, MACmax 처리구의 경우, 저장 10일차에 1.2×10^6 cfu/g, 저장 20일차에 8.6×10^5 cfu/g의 총균수 수준을 보였으며, MACmax-lysozyme 처리구는 저장 10일차에 1.3×10^5 cfu/g, 저장 20일차에 2.0×10^6 cfu/g의 총균수 수준을 보여, 동일한 방법의 dipping 방법에 비해 전반적으로 총균수의 감소 효과가 미흡하였다. (Fig. 63).

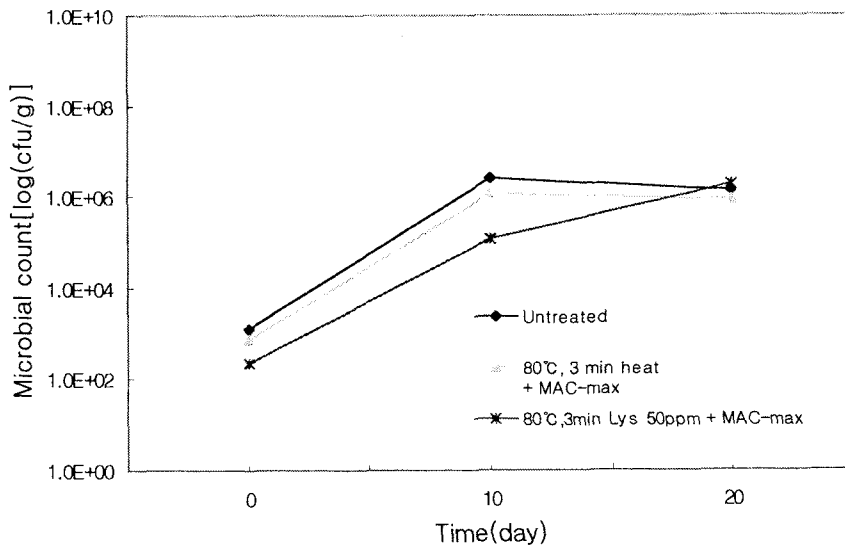


Fig. 63. Hurdle effect of MAC-spray heating-lysozyme on microbial count in minimally processed Fuji apples during storage at 4°C.

2) 저장중의 색도 변화

대조구로 사용한 무처리구는 L value 기준의 색도값이 저장 10일차에 69.3, 저장 20일에는 68.0 수준으로 나타났다. 반면에 MACmax 처리구의 경우, 저장 10일차에 72.0, 저장 20일에는 70.9의 수준으로 나타났으며, MACmax-lysozyme 처리구는 저장 10일차에 71.1, 저장 20일에는 70.0의 수준을 보였다(Fig. 64). 색도의 경우도 동일한 방법의 dipping 방법에 비해 전반적으로 MACmax 처리구 및 MACmax-lysozyme 처리구는 L value 기준의 ΔE 값이 2.0 수준 감소하는 결과를 보였다.

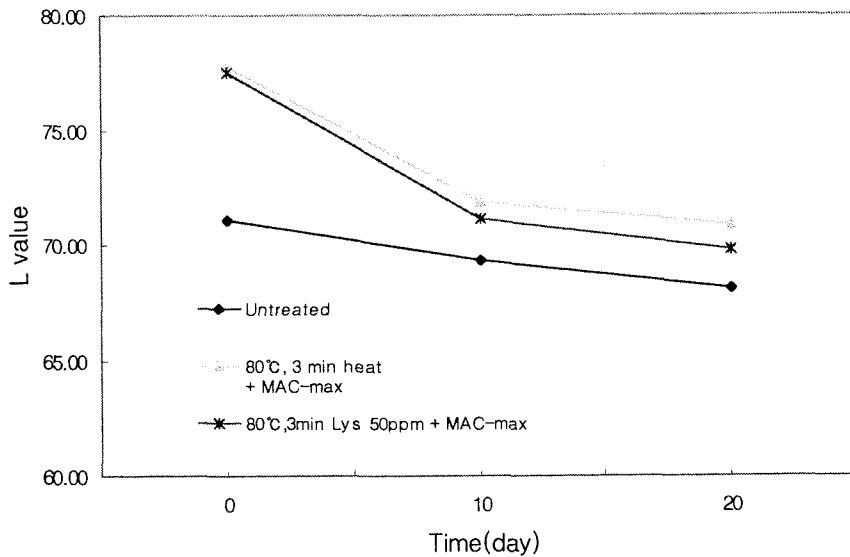


Fig. 64. Hurdle effect of MAC-spray heating-lysozyme on L value in minimally processed Fuji apples during storage at 4°C.

3) 저장에 따른 조직강도 변화

무처리구의 경도(firmness, kg force)는 4℃ 저장초기에 2.3수준이며, 저장 20일차에 1.3수준이었다. 그러나, MACmax 처리구의 경우, 저장초기에 3.0, 저장 20일차에는 2.0수준이며, MACmax-lysozyme 처리구는 저장초기에 2.8 저장 20일차 2.1 수준을 보였다(Fig. 65). 이러한 결과는 dipping 방법에 비해 저장초기에는 상대적으로 높은 경도를 나타내었으나, 저장 20일차에서는 오히려 상대적으로 낮은 경도를 보이는 것으로 나타났다. 즉, 저장 20일차 시료 각각의 경도(firmness)는 저장초기에 비해서 무처리구 57%, MACmax 처리구 67%, MACmax-lysozyme 처리구 75% 수준인 바, 결국 spray 처리시료는 저장중에 급격한 경도 감소 현상을 보이는 것으로 판단되었다.

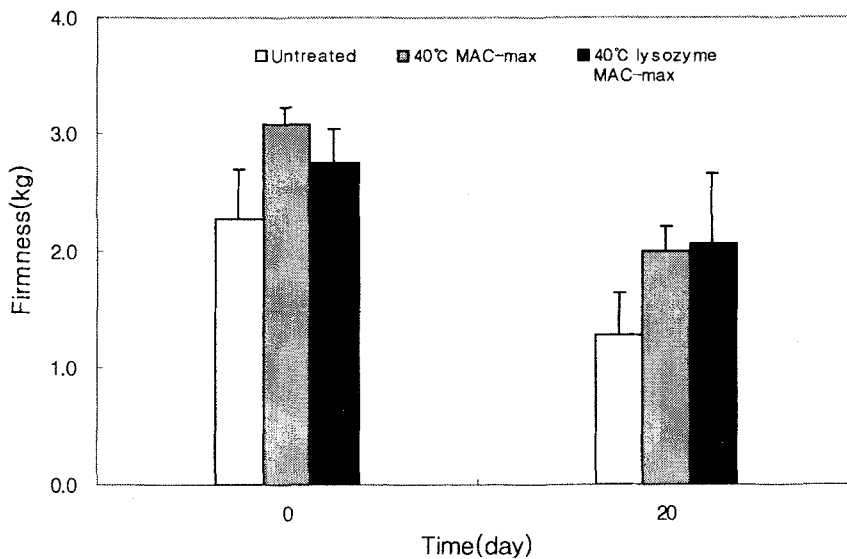


Fig. 65. Changes in texture of minimally processed Fuji apples with MAC-spray heating-lysozyme during storage at 4℃.

다. Dipping 방법에 의한 쓰가루사과 처리 및 저장

경기도 성남시 소재의 대형마트에서 2003년 9월 초순에 구입한 국내산 사과(쓰가루, 개체중량 250~260g, 충주 구월농장)를 5℃ 이하의 RH 90~95% 조건에서 저장(냉장중의 사과표면온도 7~8℃)하면서 사용하였다. 증류수에 Malic acid 0.75%, Ascorbic acid 1.0%, Calcium chloride 0.75%(MACmax)을 녹이거나 혹은 여기에 lysozyme 50ppm을 혼합하여 녹인 것을 40℃로 가열하여 dipping solution으로 사용하였다. 저장중인 사과는 사용직전에 수돗물로 표면 세척한 다음 slicer (Mirra 275, Sirman Co., Italy)로 5mm 두께로 slicing하고, slicing한 절편을 흐르는 수돗물로 세척하여 사용(사과절편의 표면온도 15℃)하였다. Slicing한 절편을 미리 제조한 40℃ 침지액에 1분간 침지한 다음, 상온에서 건조(표면온도 28~29℃)한 후 0.05mm PP film에 포장하여 4℃ 냉장실에 저장하면서 총균수 등의 변화를 측정하였다.

1) 저장중의 총균수 변화

Fig. 66에서 보는 바와 같이 대조구로 사용한 무처리구의 경우 저장 10일차에 2.4×10^3 cfu/g, 저장 20일에는 1.0×10^6 cfu/g 수준의 총균수를 보였다. 반면에, MACmax 처리구 및 MACmax-lysozyme 처리구는 저장초기부터 저장 20일까지 저장기간 내내 1 log cycle에도 미치지 못하는 매우 낮은 수준의 총균수를 나타내었다(Fig. 66). 이러한 결과는 품종의 차이 뿐만 아니라 앞서 사용한 후지(Fuji)사과가 수확 후 저장한 기간에 비해, 쓰가루(Tsugaru)사과는 수확한 다음 저장기간이 상대적으로 짧았던 이유도 영향을 미쳤을 것으로 추정된다.

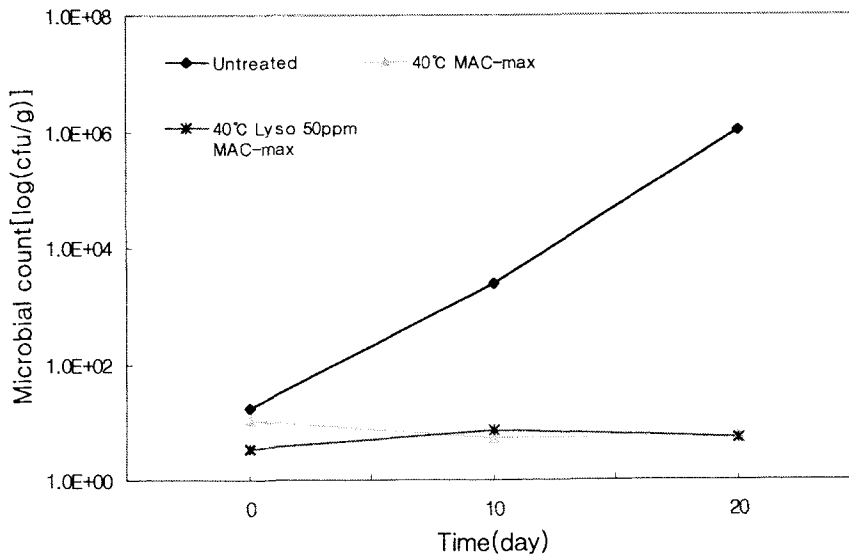


Fig. 66. Hurdle effect of MAC-mild heating-lysozyme on microbial count in minimally processed Tsugaru apples during storage at 4°C.

2) 저장중의 색도 변화

대조구로 사용한 무처리구는 L value 기준의 색도값이 저장 10일차에 78.7, 저장 20일에는 77.2의 수준으로 나타났다(Fig. 67). 반면에 MACmax 처리구의 경우, 저장 10일차에 81.4, 저장 20일에는 80.9의 수준을 보였으며, MACmax-lysozyme 처리구는 저장 10일차에 80.5, 저장 20일에는 79.4의 수준으로 나타내었다(Fig. 67). 이러한 결과는 품종의 차이와 수확 후 사과 저장기간 등의 영향도 있을 것으로 판단되었다.

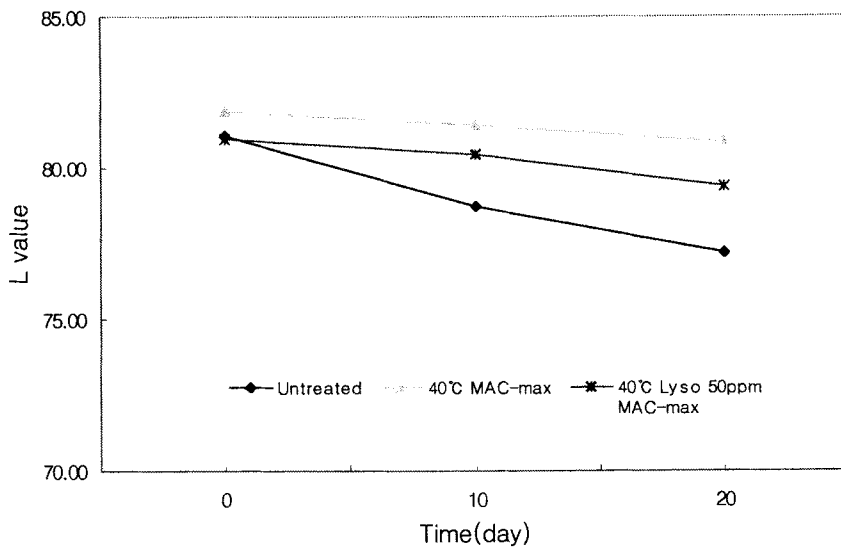


Fig. 67. Hurdle effect of MAC-mild heating-lysozyme on L value in minimally processed Tsugaru apples during storage at 4°C.

3) 저장에 따른 조직강도 변화

무처리구의 경도(firmness, kg force)는 4℃ 저장초기에 2.8 수준이며, 저장 20일차에 2.6 수준이었다(Fig. 68). 한편, MACmax 처리구의 경우, 저장초기에 3.5, 저장 20일차에는 3.0 수준이며, MACmax-lysozyme 처리구는 저장초기에 3.2, 저장 20일차 3.1 수준을 나타내었는 바, 저장기간 동안 시료의 경도 변화가 가장 적은 시료는 MACmax-lysozyme 처리구인 것으로 확인되었다(Fig. 68).

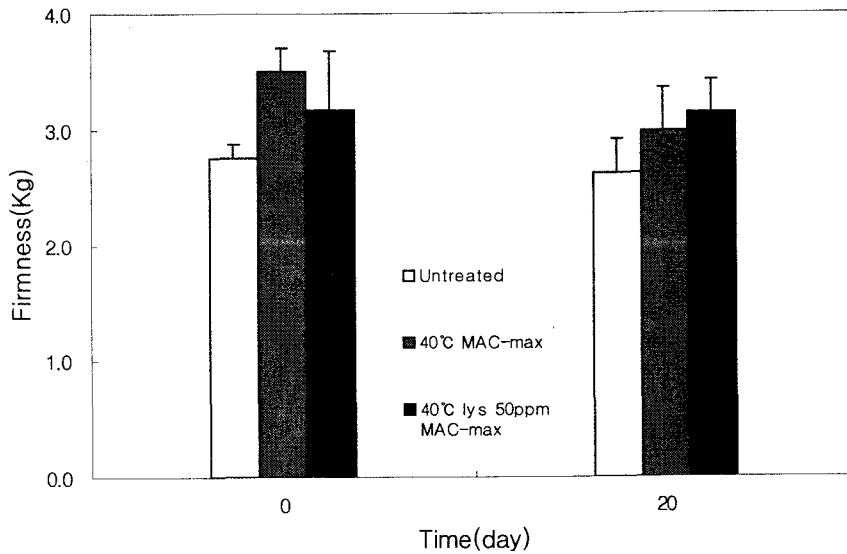


Fig. 68. Changes in texture of minimally processed Tsugaru apples with MAC-mild heating-lysozyme during storage at 4℃.

4) 저장에 따른 일반성분 변화

전처리한 쓰가루 사과시료의 4℃ 저장기간에 따른 유리당 함량, vitamin C 함량, 산도 변화 및 중량 변화를 측정하였다(Table 9, 10, 11, 12).

유리당 함량은 Table 9에서 보는 바와 같다. 유리당 함량은 시료 처리구에 관계없이 저장기간에 따라 증가하는 양상을 보였다. 즉, 처리구에 관계없이 4℃ 저장 20일 경과 후에는 저장초기 대비 약 120% 전후수준의 주요 유리당(fructose, glucose, sucrose) 총합량이 증가 양상을 보였다. 유리당 중에서도 특히 fructose의 함량증가가 뚜렷한 것으로 나타났다(Table 9).

Vitamin C의 경우, 무처리구는 저장초기 3.3mg/100g 수준에서 저장 20일차에 2.6mg/100g 수준으로 감소하였다(Table 10). 반면에, MACmax 처리구 및 MACmax-lysozyme 처리구에 있어서는 저장초기 113~114mg/100g 수준에서 저장 10일차에는 74~86mg/100g 수준으로 감소하였으며, 저장 20일차에는 8~12mg/100g 수준으로 감소하여 저장 10일차 이후의 기간에 vitamin C의 함량감소가 빠르게 진행되는 것으로 확인되었다(Table 10). 한편, 저장초기의 vitamin C 함량이 무처리구에 비해 MACmax 처리구 및 MACmax-lysozyme 처리구가 높게 나타난 것은 인위적인 vitamin C의 투입이 없는 무처리구에 비해 침지액으로 사용한 1.0% ascorbic acid의 영향 때문이며, 이들 함량의 감소가 저장초반기에는 비교적 완만하게, 저장후반기에는 급격하게 감소함을 알 수 있었다.

쓰가루 사과시료의 4℃ 저장기간중의 산도변화는 Table 11에서 보는 바와 같다. 무처리구는 저장기간 동안 0.20~0.23 수준의 일정한 산도를 보인 반면에, MACmax 처리구 및 MACmax-lysozyme 처리구의 경우 저장초기 0.38~0.40 수준의 산도값이 저장 10일 이후부터는 0.20~0.25 수준으로 감소되었다(Table 11). 산도값도 vitamin C의 경우와 마찬가지로 MACmax 처리구 및 MACmax-lysozyme 처리구 저장초기의 높은 산도는 침지액에 사용된 0.75% malic acid 때문으로 판단되었다.

Table 12는 저장기간 동안의 중량감소율을 보여 주는 것으로, 처리구간의 차이를 볼 수가 없었으며, 전체적으로 4℃ 저장 10일차에는 99.45~99.50%, 저장 20

일차에는 99.21~99.38% 수준으로 중량이 감소되는 것으로 나타났다(Table 12).

Table 9. Changes in free sugar of minimally processed Tsugaru apples during storage at 4°C

Storage time (days)	Free sugar content(%)	Untreated	40°C MAC-max	40°C Lys 50ppm MAC-max
0	Fructose	3.78	3.96	4.35
	Glucose	1.34	1.31	1.57
	Sucrose	1.77	1.83	1.76
	Total	6.90	7.10	7.69
10	Fructose	4.23	4.25	4.54
	Glucose	0.97	1.07	0.91
	Sucrose	2.26	1.99	2.34
	Total	7.45	7.31	7.79
20	Fructose	4.73	5.03	5.30
	Glucose	1.27	1.50	1.45
	Sucrose	2.09	2.12	2.31
	Total	8.09	8.65	9.06

Table 10. Changes in vitamin C of minimally processed Tsugaru apples during storage at 4°C

	Vitamin C contents(mg/100g)		
	Storage time(days)		
	0	10	20
Untreated	3.29	2.87	2.59
40°C MAC-max	114.17	85.98	12.19
40°C lyso 50ppm MAC-max	113.39	74.31	7.84

Table 11. Changes in titratable acidity of minimally processed Tsugaru apples during storage at 4°C

	Titratable acidity(%)		
	Storage time(days)		
	0	10	20
Untreated	0.23	0.20	0.20
40°C MAC-max	0.40	0.24	0.20
40°C lyso 50ppm MAC-max	0.38	0.25	0.22

Table 12. Changes in weight loss of minimally processed Tsugaru apples during storage at 4°C

	Weight loss(%)		
	Storage time(days)		
	0	10	20
Untreated	100	99.50	99.35
40°C MAC-max	100	99.48	99.38
40°C lyso 50ppm MAC-max	100	99.45	99.21

2. Hurdle effects 도입 신선편의 과채류에 대한 효과

앞에서 도출된 hurdle effects 실험결과를 여러 종의 신선편의 과채류에 적용하여 저장하면서 저장기간에 따른 주요 품질특성을 확인하였다.

가. Dipping 방법에 의한 복숭아 처리 및 저장

서울 가락동 청과물시장에서 2003년 8월 초순에 구입한 국내산 복숭아(아부백도, 음성 감곡)를 5℃ 이하의 RH 90~95% 조건에서 저장(냉장중의 복숭아 표면온도 7~8℃)하면서 사용하였다. 증류수에 Malic acid 0.75%, Ascorbic acid 1.0%, Calcium chloride 0.75%(MACmax)을 녹이거나 혹은 여기에 lysozyme 50~100ppm을 혼합하여 녹인 것을 40℃로 가열하여 dipping solution으로 사용하였다. 저장중인 복숭아는 사용직전에 수돗물로 표면 세척한 다음 slicer (Mirra 275, Sirman Co., Italy)로 5mm 두께로 slicing하고, slicing한 절편을 흐르는 수돗물로 세척하여 사용(복숭아절편의 표면온도 15℃)하였다. Slicing한 절편을 미리 제조한 40℃ 침지액에 1분간 침지한 다음, 상온에서 건조(표면온도 28~29℃)한 후 0.05mm PP film에 포장하여 18℃에서 저장하면서 총균수 등의 변화를 측정하였다.

1) 저장중의 총균수 변화

Fig. 69에서 보는 바와 무처리구의 경우 18℃저장초기 1 log cycle 수준의 총균수가 저장 5일차에 4 log cycle 수준으로, 저장 8일차에는 7 log cycle 수준 이상의 총균수를 보였다. 반면에, lysozyme 100ppm과 MACmax를 혼합한 침지액 처리구의 경우는 저장초기부터 저장 5일차까지는 미생물이 검출되지 않았으며, 저장 8일차에도 2 log cycle 수준에도 못미치는 총균수를 보일 정도로 우수한 미생물 증식 억제 효과를 보였다. MACmax만을 이용한 침지액 처리구의 경우도 저장 5일차까지는 1 log cycle 수준의 총균수를 보이며, 저장 8일차에는 3 log cycle 수준의 총균수를 보였다. Lysozyme 50ppm과 MACmax를 혼합한

침지액 처리구는 저장 5일차까지 MACmax만을 이용한 침지액 처리구와 유사한 경향을 보였으나, 저장 8일차에는 5 log cycle 수준의 총균수를 나타내었다. 한편, lysozyme 100ppm 만을 이용한 침지액 처리구의 경우도 전반적으로 lysozyme 50ppm과 MACmax를 혼합한 침지액 처리구와 거의 동일한 형태의 총균수 생육 억제 형태를 보였는 바, 신선편의 복숭아 절편의 저장중 총균수 생육 억제 측면에서는 그 효용적 가치가 있는 것으로 판단되었다(Fig. 69).

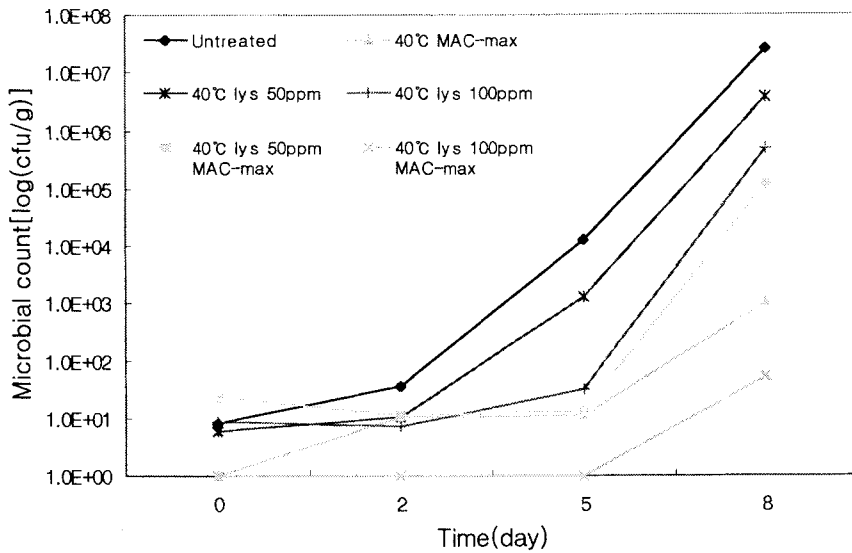


Fig. 69. Hurdle effect of MAC-mild heating-lysozyme on microbial count in minimally processed peaches during storage at 18°C.

2) 저장중의 색도 변화

대조구로 사용한 무처리구는 L value 기준의 색도값이 18°C저장 초기부터 5일차까지는 68~70 수준이었으며, 저장 8일차에는 63 수준까지 색도값이 떨어지는 현상을 보였다(Fig. 70). 그러나, lysozyme 100~50ppm과 MACmax를 혼합한 침지액 처리구 및 MACmax만을 이용한 침지액 처리구는 18°C에서 8일간 저

장기간 내내 L값이 72 수준이상의 값을 나타내었다. 특히, lysozyme 100ppm과 MACmax를 혼합한 침지액 처리구의 경우에는 18℃ 저장에서 5일까지 L값이 76 수준을 일정하게 유지하는 효과를 보였다(Fig. 70).

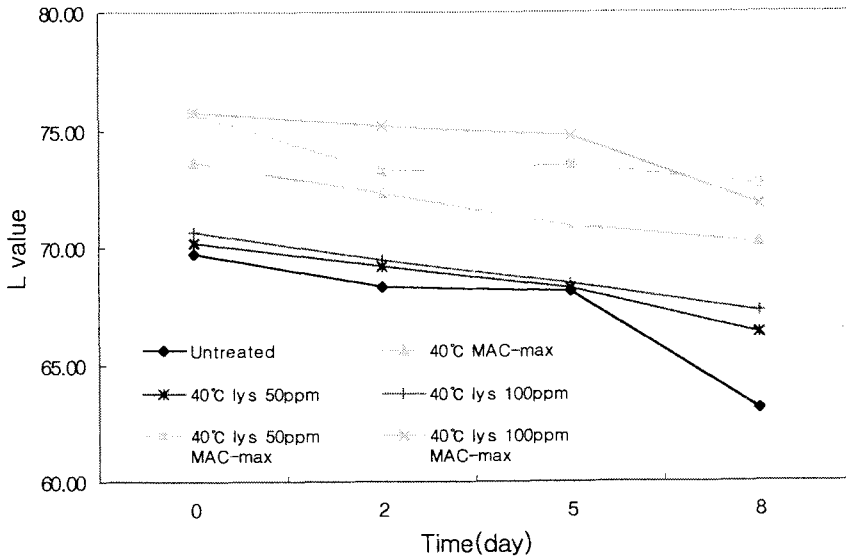


Fig. 70. Hurdle effect of MAC-mild heating-lysozyme on L value in minimally processed peaches during storage at 18℃.

나. Dipping 방법에 의한 양배추 처리 및 저장

경기도 성남시 소재의 대형마트에서 2003년 7월 중순에 구입한 국내산 양배추(무농약양배추, 경기 파주 한풀영농조합법인)를 5℃ 이하의 RH 90~95% 조건에서 저장하면서 사용하였다. 증류수에 Malic acid 0.75%, Ascorbic acid 1.0%, Calcium chloride 0.75%(MACmax)을 녹이거나 혹은 여기에 lysozyme 50ppm을 혼합하여 녹인 것 혹은 lysozyme 50~100ppm만을 증류수에 녹인 것을 40℃로 가열하여 dipping solution으로 사용하였다. 저장중인 양배추는 사용직전에 수돗물로 표면 세척한 다음 주방용 칼을 이용하여 횡단면을 4등분하고, 4등분한 단

면을 slicer(Mirra 275, Sirman Co., Italy)로 3mm 두께로 slicing하고, slicing한 절편을 흐르는 수돗물로 세척하여 사용하였다. Slicing한 절편을 미리 제조한 40℃ 침지액에 1분간 침지한 다음, 상온에서 건조(표면온도 28~29℃)한 후 0.05mm PP film에 포장하여 18℃에서 저장하면서 총균수 등의 변화를 측정하였다. 양배추는 일반적으로 셀러드용으로 사용되는 것을 감안하고, 또한 양배추의 표면 굴곡으로 인해 색도측정이 어려운 것을 고려하여 slicing한 절편을 포장지에 채워서 실험하였다.

1) 저장중의 총균수 변화

Fig. 71에서 보는 바와 무처리구의 경우 18℃저장초기 2 log cycle 수준을 상회하는 총균수를 나타낸 후, 저장 5일차에는 급격한 총균수 증가를 보여 6 log cycle 수준에 이르렀다. 이러한 경향은 lysozyme 50~100ppm만을 녹여서 사용한 침지액 처리구의 경우에서도 거의 유사하게 나타났다. 그러나, MACmax만을 이용한 침지액 처리구 및 MACmax에 lysozyme 50ppm을 혼합한 침지액 처리구의 경우에는 18℃저장 5일 동안 총균수가 절편 양배추 시료 1g당 1 log cycle 수준을 상회하지 않는 효율적인 총균수 생육 억제 효능을 보였다 (Fig. 71).

2) 저장중의 색도 변화

L value 기준의 색도값이 대조구로 사용한 무처리구는 18℃저장 초기 78수준에서 저장 5일차에는 75로 감소되었으며, 이러한 경향은 MACmax만을 이용한 침지액 처리구에서도 거의 유사하게 나타났다(Fig. 72). 또한, lysozyme 50~100ppm만을 녹여서 사용한 침지액 처리구의 경우에는 대조구에 비해 더욱 열등한 경향을 보여 저장기간 내내 L값이 74 전후의 값을 보였다. 단지, MACmax에 lysozyme 50ppm을 혼합한 침지액 처리구는 저장초기의 L value 78에서 저장 5일까지 L value기준의 ΔE 가 1 초과하지 않는 안정된 값을 보였다 (Fig. 72).

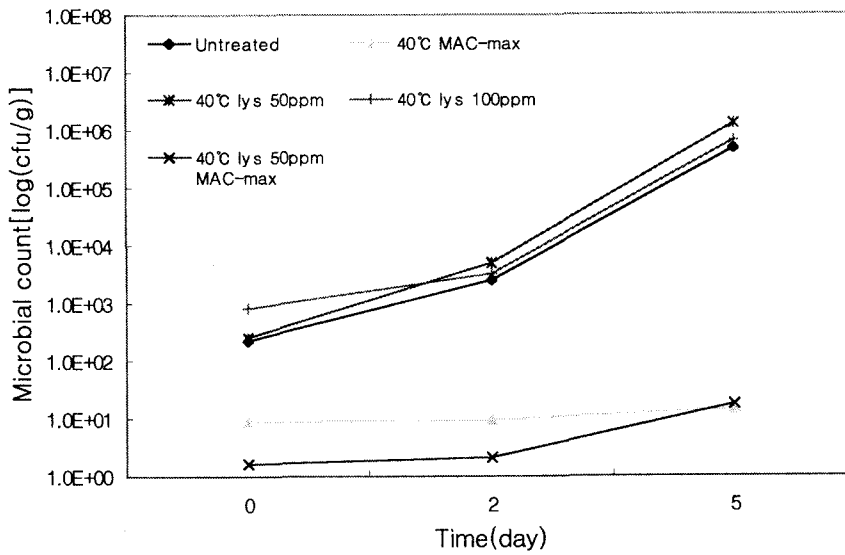


Fig. 71. Hurdle effect of MAC-mild heating-lysozyme on microbial count in minimally processed cabbages during storage at 18°C.

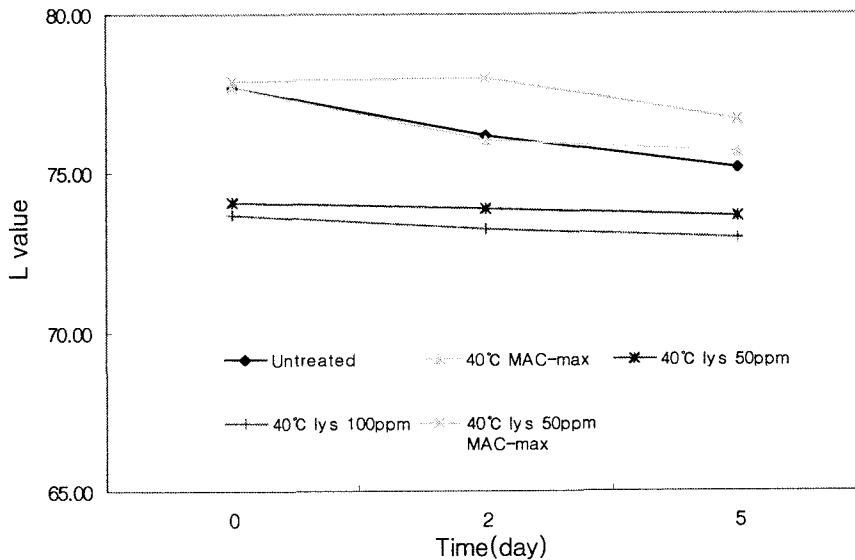


Fig. 72. Hurdle effect of MAC-mild heating-lysozyme on L value in minimally processed cabbages during storage at 18°C.

다. Dipping 방법에 의한 감자 처리 및 저장

경기도 성남시 소재의 대형마트에서 2003년 7월 중순에 구입한 국내산 감자(햇감자, 전북 남원)를 5℃ 이하의 RH 90~95% 조건에서 저장하면서 사용하였다. 증류수에 Malic acid 0.75%, Ascorbic acid 1.0%, Calcium chloride 0.75%(MACmax)을 녹이거나 혹은 여기에 lysozyme 50~100ppm을 혼합하여 녹인 것 혹은 lysozyme 50~100ppm만을 증류수에 녹인 것을 40℃로 가열하여 dipping solution으로 사용하였다. 저장중인 감자는 사용직전에 수돗물로 표면 세척한 다음 박피용 칼로 껍질을 제거하고 slicer(Mirra 275, Sirman Co., Italy)를 이용하여 5mm 두께로 slicing하였으며, slicing한 절편을 흐르는 수돗물로 세척하여 사용하였다. Slicing한 절편은 미리 제조한 40℃ 침지액에 1분간 침지한 다음, 상온에서 건조(표면온도 28~29℃)한 후 0.05mm PE film에 포장하여 18℃에서 저장하면서 총균수 등의 변화를 측정하였다.

1) 저장중의 총균수 변화

절편 감자의 18℃저장에 따른 총균수 변화는 Fig. 73에서 보는 바와 같다. 무처리구의 경우 18℃저장초기 3 log cycle 수준의 총균수를 보인 후, 저장기간에 따라 총균수가 증가하여 저장 5일차에는 7 log cycle 수준의 총균수를 나타내었다. 이러한 경향은 MACmax만을 이용한 침지액 처리구에서도 거의 유사하게 나타났다. 한편, lysozyme 50~100ppm만 이용한 침지액 처리구는 18℃저장 2일차에 대조구인 무처리구에 비해 1~1.5 log cycle 수준의 총균수 감소와 저장 5일차에 1.5~2 log cycle 수준의 총균수 감소를 보인 반면에, MACmax에 lysozyme 50~100ppm을 혼합한 침지액 처리구의 경우에는 저장초기부터 저장 5일차까지 전반적으로 무처리구에 비해 1~2 log cycle 수준의 총균수 감소 효과를 보였다(Fig. 73). 흥미있는 것은 lysozyme 단용 처리만으로도 절편 감자의 저장중 총균수를 일정수준 제어 할 수도 있다는 사실로, 이에 대해서는 보다 깊이 있는 연구가 필요한 것으로 사료된다.

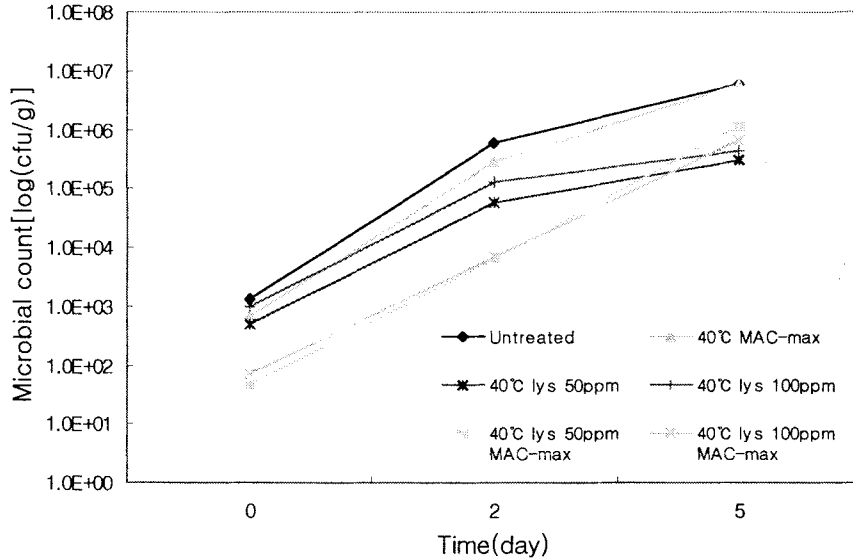


Fig. 73. Hurdle effect of MAC-mild heating-lysozyme on microbial count in minimally processed potatoes during storage at 18°C.

2) 저장중의 색도 변화

대조구로 사용한 무처리구는 L value 기준의 색도값이 18°C 저장 초기부터 저장 2일차 경까지 69수준으로 유지되었으나, 저장 5일에는 63수준으로 감소되었다(Fig. 74). 한편, 동일한 저장기간동안 전반적으로 절편 감자의 색도가 우수한 처리구는 MACmax만을 이용한 침지액 처리구이며, 저장 2일차까지 73수준을 유지하다가 저장 5일차에는 68수준으로 감소하였다. 한편, 특이한 점은 lysozyme 50~100ppm만 이용한 침지액 처리구로, 이들 처리구는 저장 5일 내내 색도의 변화폭이 거의 없었다는 점이다. 즉, lysozyme 50ppm만 이용한 침지액 처리구는 L value 기준의 색도값이 72수준에서, lysozyme 100ppm만 이용한 침지액 처리구는 71수준에서 유지되는 현상을 보였다(Fig. 74). 이러한 사실은

lysozyme 단독 처리만으로도 절편 감자의 색도 변화를 일정수준 제어 할 수 있다고 보아지며, 이에 대한 보다 깊이 있는 연구의 필요성이 있는 것으로 판단된다.

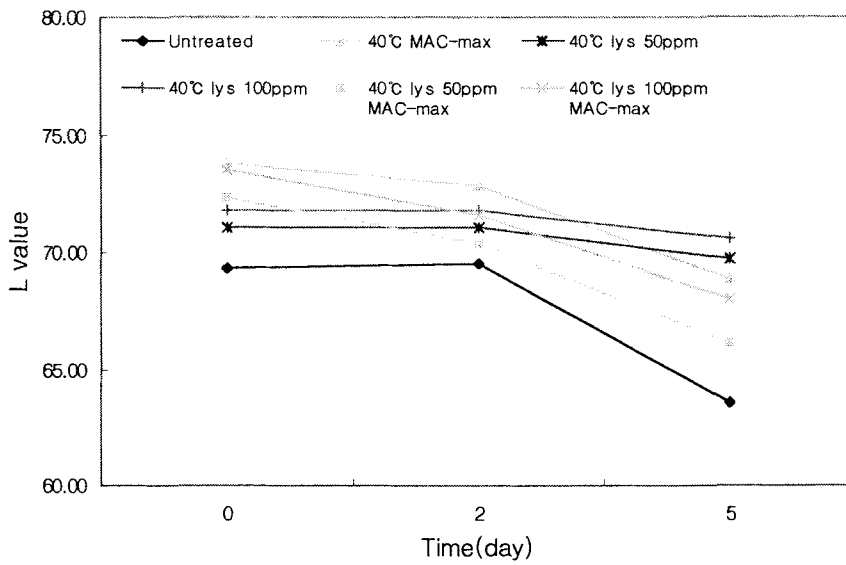


Fig. 74. Hurdle effect of MAC-mild heating-lysozyme on L value in minimally processed potatoes during storage at 18°C.

제 4 절 동결처리 조건 및 빙점강하제 첨가에 따른 냉동 과채류의 물리적 특성

1. 빙점강하제에 의한 효과 검토

식품을 장기간 보존하기 위한 수단으로 저온저장법이 연구되어 초기에는 주로 식육과 어육을 중심으로 이용되었으나 점차 청과물의 저장에도 널리 적용되고 있다. 그러나 저온저장법은 냉동식품의 품질변화 중에서도 조직손상을 수반하는 물리적 변화가 일어나 식품의 외관이나 그 이용 면에서 문제가 되고 있다. 이러한 조직손상은 냉동 시 식품중의 수분의 상변화로 인한 기계적 손상, 저장조건 및 해동조건의 변화에 따른 손상 등에 의해 주로 영향을 받게 된다. 특히 수분이 80% 이상인 과채류에서는 이러한 손상이 심각하다. 이러한 조직손상을 억제하기 위한 수단 중의 하나가 당류, 다가알콜, 무기염류 등의 빙점강하제를 첨가하여 저온저장하는 방법이다.

한편, 일반적으로 식품의 동결현상은 식품내의 가용성 성분을 포함한 수용액이 동결하는 것으로 설명되고 있다. 그러나 실제로는 자유수와 결합수의 존재, 기체 및 지질의 존재 등도 있어 현상은 매우 복잡하다. 냉동식품은 널리 보급되고 있음에도 불구하고 식품의 동결에 관한 물성치는 거의 얻을 수 없을 뿐만 아니라 식품의 동결현상을 엄밀히 설명할 수 있는 이론도 확립되어 있지 않다. 즉, 실제 식품시스템의 용액은 산, 염기, 당 등의 성분으로 구성되어 있는 전해질의 혼합용액이므로 매우 희박한 용액을 제외하고 이론적인 빙결점강하 이론식에서 빙결점의 값을 정확히 구할 수 없다. 또한, 식품의 온도가 빙결점에 도달하여 용액중의 수분이 빙결점으로 석출되면 잔존용액은 농축되어 빙결점은 더욱 더 강해진다. 결국 식품이 동결을 완료한다는 것은 상당한 저온(공정점)에서 이루어진다. 빙결점과 공정점과의 사이 온도에서는 식품시스템의 용액내에 고체와 액체의 열물성이 다른 2가지 물질이 존재하게 되어 동결율의 문제도 생기게 된

다. 이와같이 식품시스템의 용액, 농축된 용액에 대한 빙결점강하의 데이터는 실험적으로 구하여야 하지만 이러한 실측 데이터는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 용액농도와 빙결점 강하의 실측 데이터에 근거하여 다음과 같은 3차 회귀방정식을 결정하였다.

$$Y = C_0 + C_1 X_s + C_2 X_s^2 + C_3 X_s^3$$

여기서 C_0 , C_1 , C_2 및 C_3 는 실험에 의해 구할 수 있는 정수이다.

따라서, 식품에 빙점강하 및 갈변 억제효과를 지닌 ascorbic acid 및 malic acid을 선택하여 농도차이에 따른 동결곡선을 측정한 결과는 Fig. 75과 같다. 그리고 용액의 농도와 초기 빙결점 강하의 실측 데이터에 근거하여 Fig. 76와 같은 3차 회귀방정식을 결정하였다. 이를 기초로하여 지금까지 빙점강하제로서 이용 가능한 당류, 알콜류, 염류 및 비타민류 등을 대상으로 실험한 결과를 정리하여 Table 13에 나타내었다. Table 13에서 보는 바와 같이 빙점강하제의 농도별 빙점강하속도는 동일 %농도에서 소금이 가장 높은 것으로 나타났으며, 그 다음으로는 polypropylene glycol (76.09), glycerin 및 glycine 순이었으며, 당류 중에서는 glucose와 fructose가 ascorbic acid, sorbitol과 유사한 빙점강하효과를 나타낸 반면, 이당류인 maltose와 sucrose는 가장 낮은 빙점강하속도를 보여주었다. 이와 같은 빙점강하제의 종류별 빙점강하속도의 차이는 일정량의 용매에 녹아있는 용질의 molar농도에 비례하며 용질의 종류에 관계없다는 Raoult의 법칙에 의존하고 있음을 알 수 있었다. 한편, 단일 빙점강하제가 내포하고 있는 문제점을 해결하기 위하여 복합 처리하므로써 빙결점의 저하를 위한 상승효과와 맛, 색 등의 기호적 품질변화를 억제하고자 복합 빙점강하제를 농도별로 조제한 다음 빙결점을 측정한 결과, 빙점강하효과는 glucose와 alcohol의 동량 혼합물과 sorbitol과 alcohol의 동량 혼합물에서 -3.0°C 의 가장 낮은 빙결점을 나타내었으나 신선 식품류에서 alcohol의 첨가는 상당한 주의가 요구되고 있으며,

또한 sorbitol과 glycerin의 동량 혼합물을 제외한 기타 다른 혼합물에서는 구성물 자체의 독자적인 맛과 취기를 유지하고 있었다. 그러나 sorbitol과 glycerin의 동량 혼합물에서는 sorbitol의 단맛과 glycerin의 불쾌미를 어느 정도 상쇄하면서 부드러운 단맛으로 맛과 냄새에서의 변화를 거의 느낄 수 없을 정도였고, 또한 단일 빙점강하제의 빙결점보다 더욱 하강시키는 상승효과를 얻을 수 있었다.

반면에 갈변방지효과가 있는 것으로 알려진 rysozyme, malic acid, ascorbic acid, CaCl₂ 등은 복합 처리한 경우에는 농도 5%까지 빙점강하효과는 거의 없는 것으로 나타났다.

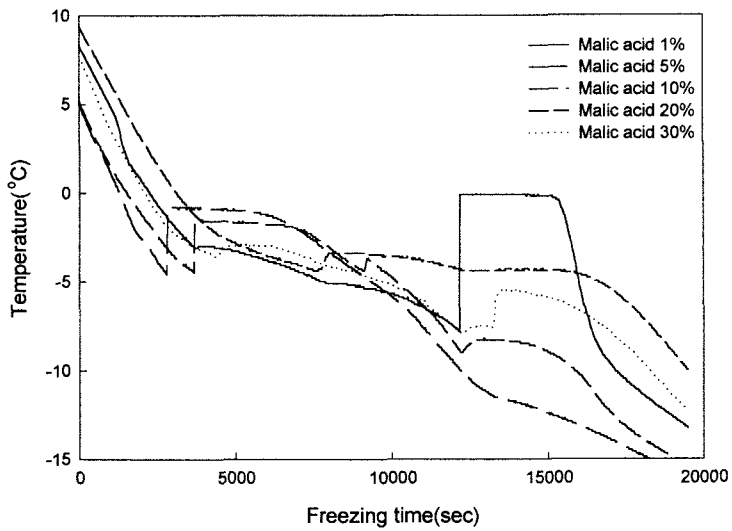
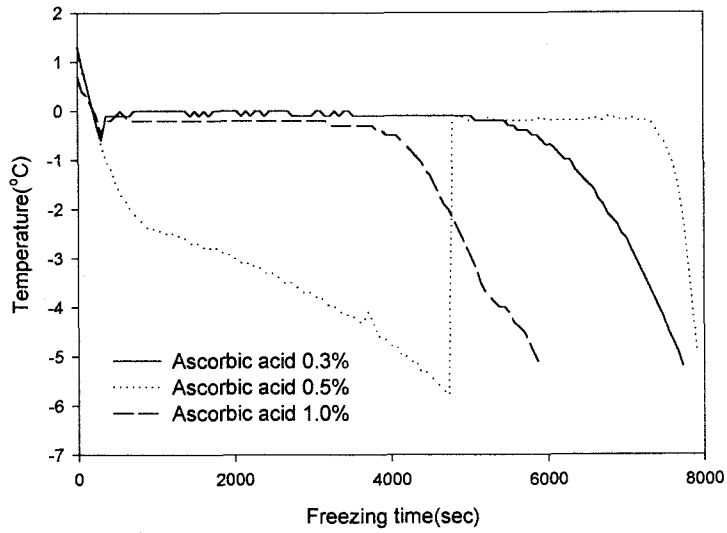


Fig. 75. Freezing curve of ascorbic and malic acid by concentration

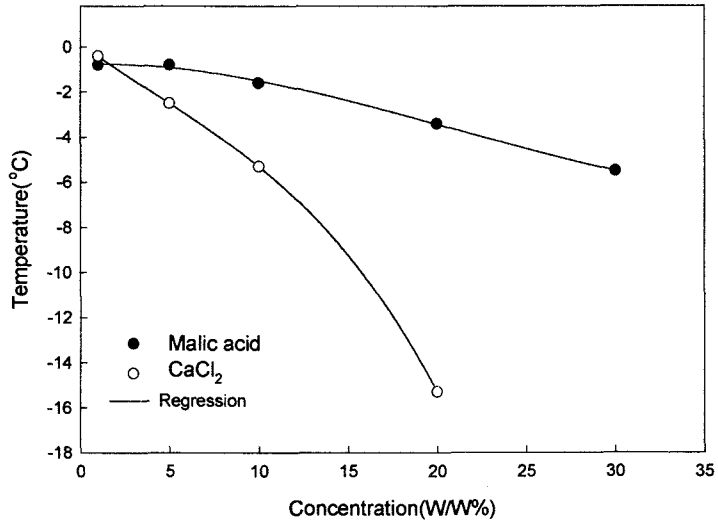


Fig. 76. Changes of initial freezing point of cryoprotectants by concentration.

Table 13. Multi regression analysis of cryoprotectants by concentration

Cryoprotectants	Concentration (w/w%)									
	3	5	8	10	15	20	25	30	40	50
Citric acid(192.12)		-0.45		-0.95		-2.05		-3.35	-5.50	-6.45
Malic acid(134.09)	-0.1*	-0.80		-1.60		-3.40		-5.50		
Galactose(180.16)		-0.15		-0.85		-2.45		-3.55	-6.05	-9.50
Sorbitol(182.17)		-0.38		-0.98	-1.7	-2.38		-4.00	-6.40	-10.20
Maltose(342.31)		-0.25		-0.55		-1.15		-1.95	-3.35	-4.15
Erythritol(122.12)		-0.67		-1.70	-2.97	-4.30	-5.35	-6.30	-7.02	
Glucose(180.16)		-0.47		-1.05	-2.15	-2.7		-3.65	-6.10	-9.15
Fructose(180.16)		-0.60		-1.20	-2.0	-2.63		-3.95	-6.60	-9.60
Propylene glycol(76.09)		-1.37		-2.85	-4.55	-6.90		-13.47	-23.30	-28.85
Glycerin(92.09)		-1.47		-2.20		-5.6		-9.00	-12.60	-22.43
Sucrose(342.30)		-0.23		-0.43	-1.20	-1.40		-2.40	-3.80	-6.30
Sodium chloride(58.45)		-2.77		-5.75	-8.80	-14.30	-21.57	-27.50		
Calcium chloride(110.99)	-0.4*	-2.50		-5.30		-15.3				
Mannitol(182.17)	-0.15	-0.33	-0.75	-1.00	-1.80	-2.25				
Ascorbic acid(176.13)	-0.20	-0.40	-0.90	-1.00	-1.50	-2.15		-3.35		
Glycine(75.07)	-0.75	-1.10	-1.85	-2.45	-3.50	-4.15				
Sodium citrate(258.07)		-0.85		-1.60		-3.35		-5.35	-8.20	-13.5
Lactose(342.30)		-0.15		-0.45	-0.95	-1.45	-1.65	-2.25		
Polypropylene glycol(6000)		0.10		-0.10		-0.70		-2.35	-5.85	-8.45
Polypropylene glycol(200)		-1.25		-1.35		-3.15		-6.80	-12.75	-22.80

* : 1(w/w%)

(): effective molecular weight

Table 13. (Continued)

Cryoprotectants	Regression	R ²
Citric acid(192.12)	$y=-0.0945-0.0378x-0.0039x^2+0.00004x^3$	0.9945
Malic acid(134.09)	$y=-0.7657+0.0214x-0.0113x^2+1.76733x^3$	0.9984
Galactose(180.16)	$y=0.1611-0.1157x-0.0012x^2+0.00005x^3$	0.9968
Sorbitol(182.17)	$y=0.0891-0.1220x-0.0014x^2+0.00006x^3$	0.9994
Maltose(342.31)	$y=-0.0581-0.0205x-0.0021x^2+0.00002x^3$	0.9947
Erythritol(122.12)	$y=0.0245-0.1041x-0.0090x^2+0.00018x^3$	0.9997
Glucose(180.16)	$y=0.1286-0.1667x-0.0032x^2+0.00007x^3$	0.9956
Fructose(180.16)	$y=0.0172-0.1372x-0.0015x^2+0.00005x^3$	0.9986
Propylene glycol(76.09)	$y=-0.4923+0.0260x-0.2275x^2+0.00022x^3$	0.9958
Glycerin(92.09)	$y=0.2530-0.3978x+0.0109x^2-0.00024x^3$	0.9948
Sucrose(342.30)	$y=0.0547-0.0756x+0.0020x^2-0.00040x^3$	0.9931
Sodium chloride(58.45)	$y=-0.2262-0.3335x+0.0186x^2-0.00003x^3$	0.9971
Calcium chloride(110.99)	$y=-0.1829-0.3014x-0.0227x^2$	0.9992
Mannitol(182.17)	$y=-0.0053-0.0073x-0.0139x^2-0.00043x^3$	0.9995
Ascorbic acid(176.13)	$y=0.0354-0.0945x+0.0011x^2-0.00002x^3$	0.9968
Glycine(75.07)	$y=-0.0237-0.1933x+0.0083x^2-0.00038x^3$	0.9989
Sodium citrate(258.07)	$y=0.0764-0.2184x+0.0050x^2-0.00012x^3$	0.9994
Lactose(342.30)	$y=0.0202-0.0240x+0.0033x^2-0.00006x^3$	0.9906
Polypropylene glycol(6000)	$y=-0.1358+0.0975x-0.0073x^2-0.00004x^3$	0.9934
Polypropylene glycol(200)	$y=-0.1687-0.1530x+0.0037x^2-0.00019x^3$	0.9984

* : 1(w/w%)

(): effective molecular weight

2. 시료별 초기빙결점 측정

본 실험에서는 신선 과채류의 저온 및 동결 처리후 선도연장에 대한 가능성을 확인하고자 처리 시료의 빙점강하제 처리조건에 따른 빙결점을 측정하여 그 차이를 비교하여 보았다. 각 시료들에 대한 빙결점을 Beckman method에 따라 측정한 결과, 절단야채에 있어 fructose:glucose:sucrose=2:1:1의 10 w/w% 수용액에 1분간 침지한 경우, Fig. 77과 같이 셀러리는 -1.1°C , 적채는 -1.9°C , 래디쉬는 -2.2°C , 양배추는 -2.1°C , 치커리는 -2.0°C 로 나타났으며, fructose:glucose:sucrose:ethyl alcohol=2:1:1:1의 10 w/w% 수용액에 1분간 침지한 경우에 있어서는 셀러리는 -1.9°C , 적채는 -2.0°C , 래디쉬는 -2.8°C , 양배추는 -2.3°C , 치커리는 -2.3°C 이다. 그리고 무처리한 딸기 페이스트는 -0.65°C , fructose:glucose:sucrose:ascorbic acid=2:1:1:0.5의 10 w/w%를 첨가한 경우에 있어서는 -1.85°C , fructose:glucose:sucrose:ethyl alcohol=2:1:1:1의 10 w/w%를 첨가한 경우는 -2.85°C 로 나타났으며, Fig. 78에 나타낸 바와같이 무처리한 신선 딸기의 초기 빙결점은 -1.3°C 이며, 신선 딸기를 fructose:glucose:sucrose:ascorbic acid= 2:1:1:0.5의 10 w/w% 수용액에 1분간 침지한 경우에는 $-1.2\sim-1.5^{\circ}\text{C}$ 수준, fructose:glucose:sucrose:ethyl alcohol=2:1:1:1의 10 w/w% 수용액에 1분간 침지한 경우에는 각각 $-1.3\sim-2.0^{\circ}\text{C}$ 수준으로 나타났다.

그리고, 절단 과일에 있어 무처리한 메론은 -1.2°C , 배는 -1.2°C , 수박은 -1.0°C , 사과는 -1.4°C 로 각각 나타났으며, 0.75% Malic acid, 1.0% Ascorbic acid 및 0.75% CaCl_2 의 수용액에 침지 처리한 시료와 0.1% Lysozyme, 0.75% Malic acid, 1.0% Ascorbic acid 및 0.75% CaCl_2 로 침지 처리한 시료에 있어서는 빙점강하효과는 거의 없는 것으로 나타났다.

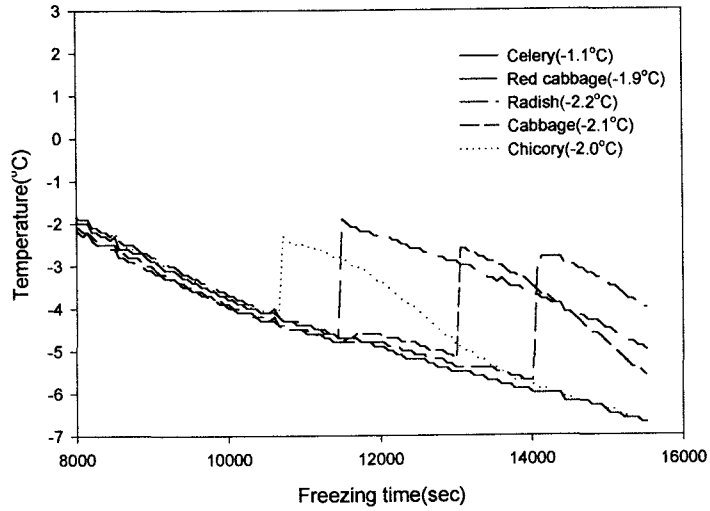


Fig. 77. Initial freezing point of vegetables
(Fructose:glucose:sucrose=2:1:1, 10 w/w%)

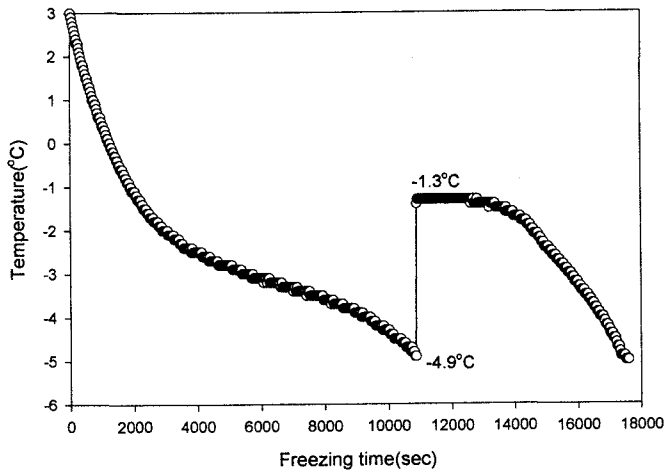


Fig. 78. Freezing curve of fresh strawberry.

3. 동결에 의한 중량 감소

지금까지의 연구에서는 동결속도의 차이에 따라 식품의 품질이 얼마나 영향을 받는가에 대한 연구는 불분명할 뿐만아니라 균일한 속도로 동결하는 것은 실제로 불가능하지만 일부 연구보고에 의해 동결속도가 빠르면 좋은 품질을 얻을 수 있다고 소개되고 있다.

이러한 관점에서 침지식 동결방식은 공기에 의한 동결방식보다 동결속도가 빠르므로 Fig. 79에 나타난 바와같이 동결방식에 따른 과채류의 동결에 의한 중량 감소율이 가장 적게 나타났다. 그리고 시료에 따라서는 수박이 동결방식에 따른 중량감소의 차이가 가장 심하며, 이에 비해 사과와 배는 다소 적게 나타났다. 이러한 결과로 미루어 볼 때, 시료의 수분함량에 클수록 동결속도에 따른 효과가 비교적 크다는 것을 짐작할 수 있었다. 이와같은 결과는 순수한 물이 동결하여 0℃의 얼음으로 될 때, 미동결시의 체적을 기준으로 8.75%정도 팽창하므로 물이 주성분인 신선식품을 동결시키면 체적은 당연히 팽창하게 된다는 것은 이미 보고된 바가 있을뿐만아니라, 정 등에 의해서도 우육의 비중은 동결온도가 낮아짐에 따라 체적이 증가하여 $-20\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 에서의 체적변화는 6.33% 증가하였고, 또한 Mascheroni & Calvelo가 제안한 우육의 빙점이하에서의 밀도 계산식에 의한 값, $992.20\text{kg}/\text{cm}^3$ 에 비하여 약 5%정도의 오차를 나타내었다고 보고한 바 있다.

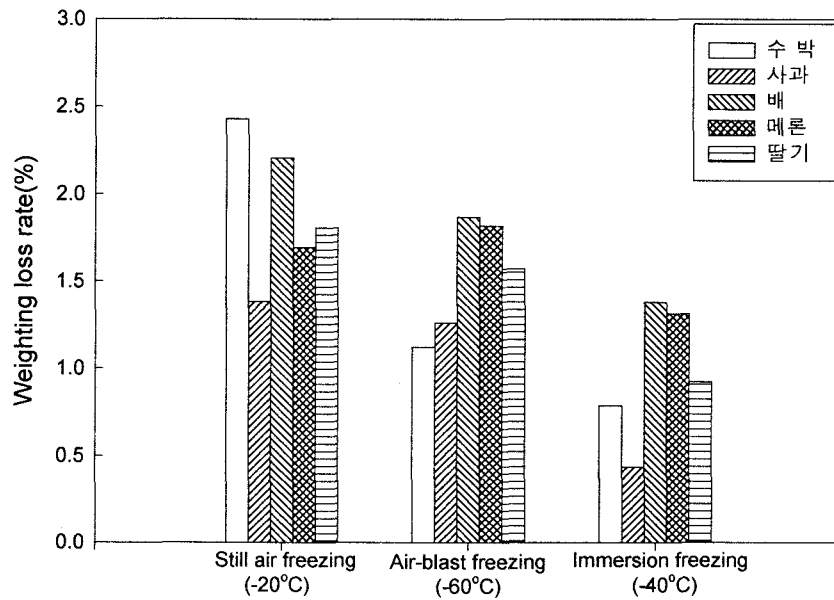


Fig. 79. Weighting loss rate of fresh fruit and vegetables by freezing methods.

4. 과채류의 냉동 및 해동중 내부압력 변화

일반적으로 식품은 동결시 표면부가 먼저 얼어서 주위를 단단하게 덮은 후 점차적으로 내부의 수분이 빙결되며 이 때 체적팽창을 일으키면서 표면의 동결부에 막혀 팽창을 하지 못하면 식품내부에서 압력이 발생된다고 보고되고 있다. 이를 확인하기 위하여 증류수를 동결 및 해동하였을 때의 내부압력을 측정 한 결과, Fig. 80에서 보는 바와같이 초기온도에서는 온도가 내려감에 따라 내부압력은 일시적으로 증가하다가 감소한 후 즉시 0℃부근까지 증가함을 보여 주었다. 0℃이하에서는 온도가 하강함에 따라 내부압력의 변화는 거의 같은 수준으로 일정하게 나타났다. 이는 일반적으로 0℃의 순수한 물이 얼어서 0℃의 얼음으로 변화할 때의 체적팽창과 이후의 온도강하에 따른 체적변화 이론과 거의 일치함을 알 수 있다. 그리고 Fig. 81는 감자의 동결 및 해동시의 내부압력을 측정한 것이다.

한편, 동결속도에 따른 내압을 비교한 결과, Fig. 82 및 83에서 보는 바와같이 급속동결 시의 침지식이나 정지공기식의 내부압력 변화의 경향은 동결직전에는 급격히 상승한 후 동결 초기부터 최대빙결정생성대를 통과하는 동안은 급격히 감소하다가 다시 온도가 내려감에 따라 압력변화는 일정 크기의 수준으로 증가와 감소를 반복하여 상승하는 경향을 보여 주고 있으며 이러한 내부압력의 변화 경향은 정지공기식보다 침지식에서 크게 나타내었다. 그리고 내부압력이 (+)로 나타나는 것은 동결초기의 수축이 동결에 따른 체적팽창보다 크며, (-)로 나타나는 것은 체적팽창이 수축보다 커기 때문이며, 동결부의 온도가 -20℃수준 이하에서 (+)로 변환하는 것은 동결에 의한 팽창이 거의 정지되기 때문이다. 이와같은 결과에서 미루어 볼 때, 동결속도에 따른 내부압력 발생 크기는 대체로 -50℃의 정지공기식 및 -30℃의 침지식에서는 체적팽창에 따른 내부압력이 발생되며, 식품내부의 파괴는 내부압력이 비교적 큰 (+)값의 경우에 생길 가능성이 있는 것으로 조사되었다.

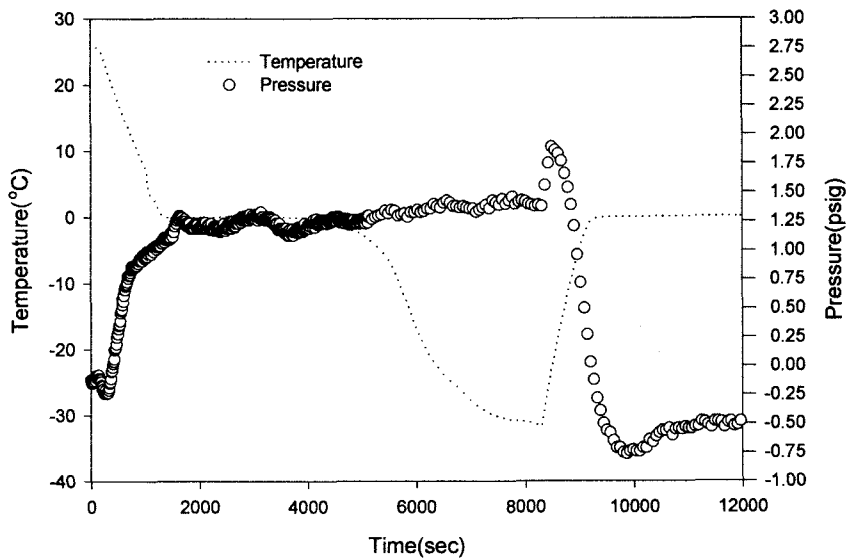


Fig. 80. Changes of pressure and Temperature during freezing and thawing on distilled water.

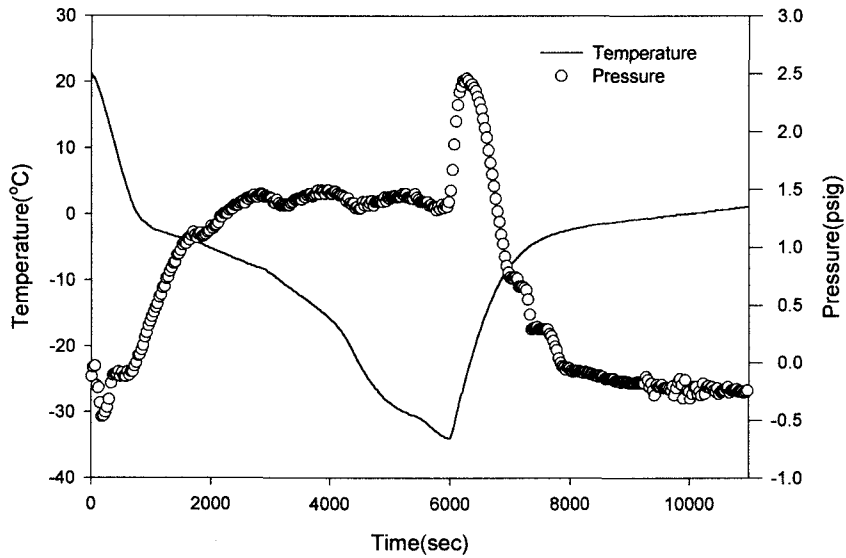


Fig. 81. Changes of internal pressure and Temperature during freezing and thawing on potato(∅5.5×4.9cm, 95.5g).

이는 동결속도가 빨라 피동결품의 외부에서 중심으로 동결이 진행되는 동안 생성되는 빙결정, 내부의 미동결 부분에서의 동결로 인해 생기는 체적팽창을 억제하므로써 피동결체 전체가 팽창할 수 없게 되어 팽창압에 상당하는 압력이 피동결체의 내부에서 발생하기 때문이다. 이와같이 피동결체의 내부에서 발생한 팽창압은 동결 진행과 동시에 증가하여 동결한 식품의 표면에서 균열 또는 용기가 생기는 것으로 추측되고 있다. 따라서 동결중에 발생하는 내압을 발산시킬 수 있다면 동결에 의한 식품의 변형 및 파괴를 막을 수 있을 것으로 여겨진다.

한편, Fig. 84, 85 및 86는 동결속도가 0.13~0.28 cm/h, 0.57~0.76 cm/h 및 1.07~1.35 cm/h인 정지공기식, 송풍식 및 침지식 동결방법에 의한 절편 사과와 동결 및 해동중의 내부압력과 품온 변화를 측정된 결과이며, 본 연구에 적용한 절편 과채류의 동결 및 해동중의 내부압력과 품온 변화를 Table 14에 정리하였다.

절편 사과에 있어 동결방법 및 속도에 따른 내압을 비교한 결과, 정지공기식의 완만동결시에 발생한 내부압력은 최대빙결정생성대에서 최고 압력까지 도달한 후 동결 완료 때까지 거의 일정한 수준을 유지하는 것으로 나타났으며(Fig. 84), 송풍식의 동결시에 발생한 내부압력은 정지공기식과 유사한 수준으로 내부압력의 변화를 초래하였으나 최대빙결정생성대에서 최저압력에 도달하였다가 동결 시간이 경과함에 따라 지속적으로 증감을 되풀이하면서 증가하는 것으로 나타났으며, 내부압력 차는 1.61psig으로 정지공기식 동결방식보다 다소 적은 값을 보여 주었다(Fig. 85). 그리고 Table 14에서 보는 바와같이 과채류에 있어 동결 속도에 따른 내압을 살펴보면, 배, 사과 및 메론에서는 침지식 동결시 체적팽창 및 수축에 따른 내부압력 차가 가장 적게 나타나며, 송풍식 동결에서 가장 크게 나타나 동결속도가 빠를수록 내압의 크기는 적다는 것을 알 수 있었으나 딸기 및 수박의 경우는 오히려 침지식에서 내압이 가장 크게 나타났다. 이와같은 결과에서 미루어 볼 때, 동결속도에 따른 내부압력 발생 크기는 대체로 동결방법 보다는 동결속도에 의해 체적팽창에 따른 내부압력이 발생되며, 식품내부의 파괴는 내부압력이 (+)값의 경우에 생길 가능성이 있는 것으로 조사되었다.

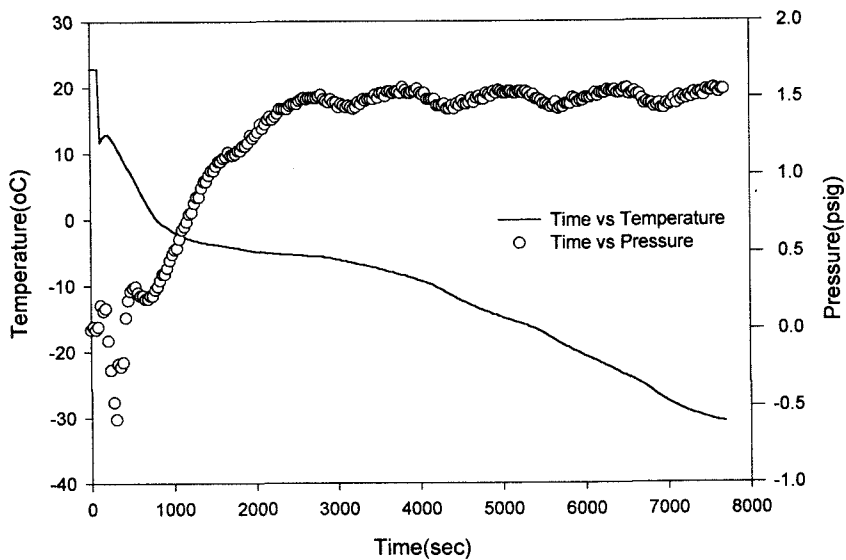


Fig. 82. Changes of internal pressure and temperature on potato during still-air freezing at -50°C ($\nabla 7.5 \times 6.7\text{cm}$, 182.8g).

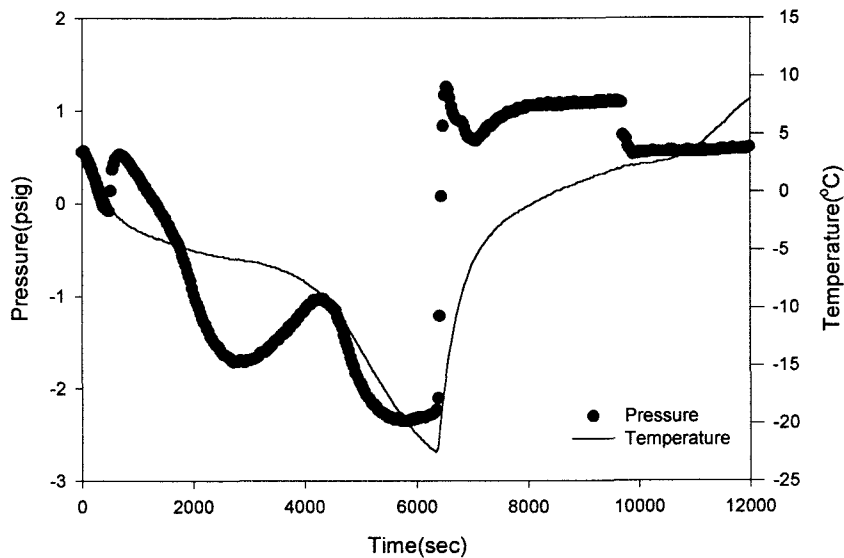


Fig. 83. Changes of internal pressure and temperature on potato during immersion freezing at -30°C ($\Phi 7.8 \times 6.8\text{cm}$, 196.8g).

Table 14. Changes of internal pressure and temperature during freezing and thawing by various freezing methods

Materials	Freezing method	Freezing				Difference (psig)
		Max.		Min.		
		I. P. ¹⁾ (psig)	Temp. (°C)	I. P. (psig)	Temp. (°C)	
Pear	A ²⁾	2.18	-12.3	0.17	4.0	2.01
	B ³⁾	3.00	-27.6	0.38	4.6	2.62
	C ⁴⁾	1.40	-19.7	0.04	-0.8	1.36
Apple	A ²⁾	1.97	-11.7	0.28	8.4	1.69
	B ³⁾	2.44	-41.4	0.83	-2.1	1.61
	C ⁴⁾	1.84	-30.5	0.29	2.6	1.55
Melon	A ²⁾	1.09	9.1	-0.53	-17.2	1.62
	B ³⁾	3.42	-42.4	0.31	-1.5	3.11
	C ⁴⁾	0.70	6.0	-1.24	-18.6	0.54
Strawberry	A ²⁾	1.47	6.5	-0.11	-0.3	1.58
	B ³⁾	1.78	-3.5	0.26	3.1	1.52
	C ⁴⁾	1.03	-17.4	-0.85	-35.8	1.88
Watermelon	A ²⁾	2.05	-16.6	0.01	7.5	2.04
	B ³⁾	1.66	-30.4	-0.53	5.6	2.19
	C ⁴⁾	1.64	-24.9	-0.43	3.1	2.07

¹⁾ Internal pressure

²⁾ Still-air freezing of 0.13~0.28 cm/h

³⁾ Air-blast freezing of 0.57~0.76 cm/h

⁴⁾ Immersion freezing of 1.07~1.35 cm/h

Table 14. (Continued)

Materials	Freezing method	Thawing				Difference (psig)
		Max.		Min.		
		I. P. (psig)	Temp. (°C)	I. P. (psig)	Temp. (°C)	
Pear	A ²⁾	2.36	-5.3	1.23	1.0	1.13
	B ³⁾	5.65	-23.4	0.61	1.1	5.04
	C ⁴⁾	2.37	-14.9	1.00	1.0	1.37
Apple	A ²⁾	2.96	-8.7	1.26	1.0	1.70
	B ³⁾	3.88	-32.8	0.94	1.0	2.94
	C ⁴⁾	3.25	-12.8	1.61	1.0	1.64
Melon	A ²⁾	2.08	-15.3	0.10	-8.0	1.98
	B ³⁾	4.25	-25.0	1.39	1.0	2.86
	C ⁴⁾	1.81	-3.7	1.45	1.0	0.36
Strawberry	A ²⁾	0.70	-5.6	0.38	1.0	0.32
	B ³⁾	3.24	-18.6	1.69	1.0	1.55
	C ⁴⁾	1.30	-21.5	-4.35	-3.7	5.65
Watermelon	A ²⁾	2.79	-13.0	0.75	1.0	2.04
	B ³⁾	3.70	-14.1	0.83	1.0	2.87
	C ⁴⁾	2.83	-18.0	0.94	1.0	1.89

¹⁾ Internal pressure

²⁾ Still-air freezing of 0.13~0.28 cm/h

³⁾ Air-blast freezing of 0.57~0.76 cm/h

⁴⁾ Immersion freezing of 1.07~1.35 cm/h

이는 동결속도가 빨라 피동결품의 외부에서 중심으로 동결이 진행되는 동안 생성되는 빙결정이, 내부의 미동결 부분에서의 동결로 인해 생기는 체적팽창을 억제하므로써 피동결체 전체가 팽창할 수 없게 되어 팽창압에 상당하는 압력이 피동결체의 내부에서 발생하기 때문이다. 이와같이 피동결체의 내부에서 발생한 팽창압은 동결 진행과 동시에 증가하여 동결한 식품의 표면에서 균열 또는 용기가 생기는 것으로 추측되고 있다. 일반적으로 내부압력이 동결초기에 (+)로 나타나는 것은 동결초기의 수축이 동결에 따른 체적팽창보다 크며, (-)로 나타나는 것은 체적팽창이 수축보다 크기 때문이다. 따라서 동결중에 발생하는 내압을 발산시킬 수 있다면 동결에 의한 식품의 변형 및 파괴를 막을 수 있을 것으로 여겨진다.

그리고, 해동시의 온도상승에 따른 내부압력 변화는 해동개시 후 즉시, 급격히 상승하여 최고 압력에 달하며, 그 이후에는 서서히 하강하는 경향을 보이고 있다. 침지식에 의해 급속동결처리한 시료가 체적팽창 및 수축에 의한 내부압력의 차가 타 처리조건 보다 적게 나타나는 것이 특징적이며 또한, 동결시에 발생한 내부압력이 적을수록 해동시에 일어나는 내부압력의 크기도 상대적으로 적게 나타날 뿐만아니라, 해동시에 발생한 내부압력의 값은 동결시의 내부압력 값보다도 대부분 크게 나타남을 알 수 있다.

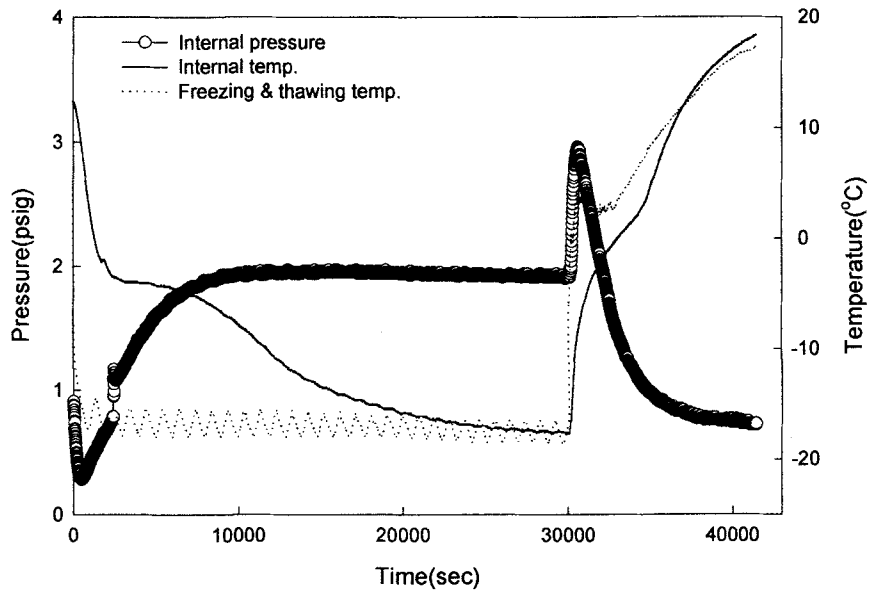


Fig. 84. Changes of internal pressure and temperature on apple during freezing(still-air freezing method) and thawing.

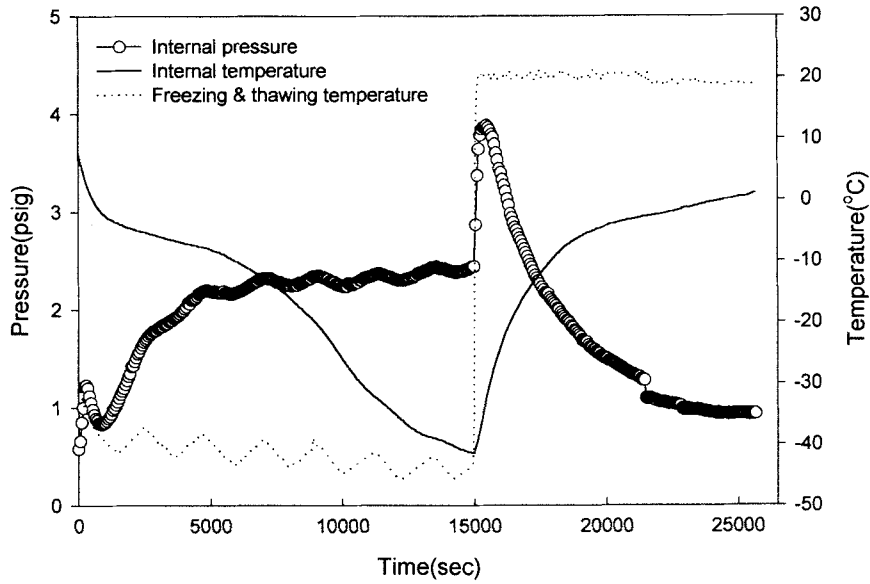


Fig. 85. Changes of internal pressure and temperature on apple during freezing(air-blast freezing method) and thawing

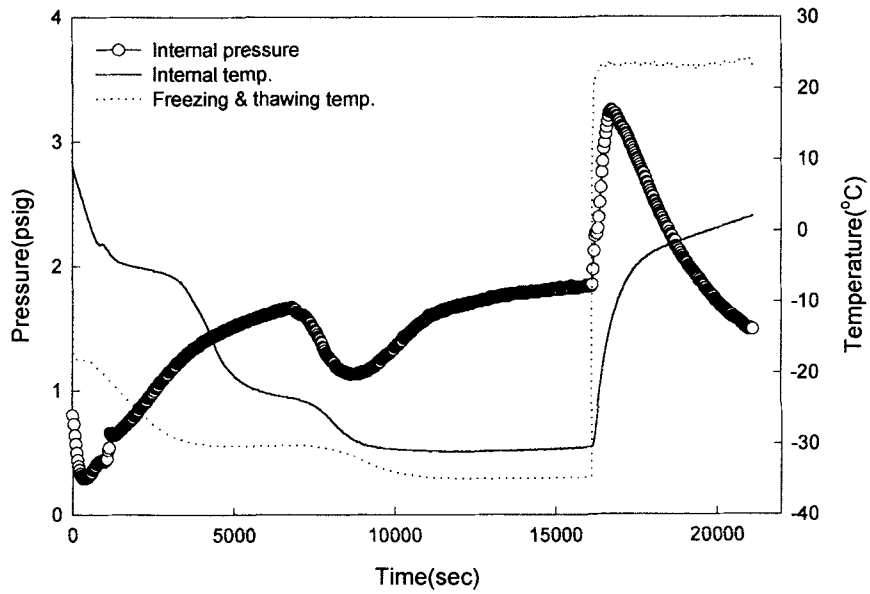


Fig. 86. Changes of internal pressure and temperature on apple during freezing (immersion freezing method) and thawing

5. 균온처리에 의한 내부압력

앞에서 살펴본 바와같이 식품의 동결중에 일어나는 내부압력은 일반적으로 수분함량 등 조성성분 및 동결방법 등에 따라 달라 주로 수분함량이 많고 두께가 두꺼운 식품을 급속동결하면 발생하는 내압도 크고 균열도 심하다. 따라서 동결 중에 품온을 일정시간 유지하면서 단계적으로 품온을 낮추는 처리방법인 균온처리는 동결 중에 발생하는 내압을 줄이기 위하여 동결시 균온처리 및 균온처리하지 않은 수박에 있어서의 내부압력을 비교한 결과, Fig. 87의 위에서 보는 바와같이 균온처리하지 않은 동결에 있어서는 내부압력 변화 경향은 품온이 내려감과 동시에 급격히 하강한 후 동결 초기부터 최대빙결정생성대를 통과하는 동안은 급격히 상승한 후 온도가 내려감에 따라 지속적으로 상승함으로써 압력변화는 약 2 psig 크기의 수준으로 증가하여 상승하는 경향을 보여 주고 있는 반면에 균온처리한 수박은 Fig. 87에서 보는 바와같이 균온처리하지 않은 수박의 경우와 마찬가지로 내부압력의 진행 경향은 유사하지만 균온처리시, 즉 0, -5, -10 및 -15℃에서 단계적으로 일정한 수준으로 내압을 발생시킴으로써 동결초기 이후부터 최종 동결까지 내부압력의 크기도 약 1.3 psig 수준으로 균온처리하지 않은 경우에 비해 상당히 적게 나타났다. 또한, 해동시에 있어서도 균온처리한 시료의 내부압력 크기가 균온처리하지 않은 내부압력 크기보다 상대적으로 적게 나타났다.

그리고 Table 15는 균온처리한 과채류의 동결 및 해동에 따른 내부압력과 품온 변화를 나타낸 것이다.

한편, hurdle technology기법을 적용한 메론을 시료로 하여 균온처리에 있어 동결고의 온도 조작시 온도강하 횟수에 따른 내압의 변화를 비교한 결과, Fig. 88에서 보는 바와같이 다단계 균온처리보다는 3~4회 수준의 일정한 균온처리가 동결이 진행됨에 따라 되풀이되는 내부압력의 증감 폭을 줄일 수 있음을 보여 주었다. 그리고 Table 16에서 보는 바와같이 hurdle technology기법을 적용한

배의 경우, 0.75% Malic acid, 1.0% Ascorbic acid 및 0.75% CaCl₂의 수용액과 0.1% Lysozyme, 0.75% Malic acid, 1.0% Ascorbic acid 및 0.75% CaCl₂의 수용액을 40℃ 가열하여 침지 처리한 배가 가열하지 않은 시료보다 내부압력의 크기가 훨씬 크게 나타났으며, 무처리한 배가 동결시 내부압력의 변화가 가장 적게 나타났다. 마찬가지로 사과, 메론 및 수박에서도 동일한 결과를 보여 주었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때, 0.75% Malic acid, 1.0% Ascorbic acid 및 0.75% CaCl₂의 수용액과 0.1% Lysozyme, 0.75% Malic acid, 1.0% Ascorbic acid 및 0.75% CaCl₂의 수용액에 그대로 또는 40℃ 가열하여 침지 처리한 등의 hurdle technology기법은 갈변 등의 화학적 반응에는 효과가 있으나 빙점강하에 의한 내부압력 억제효과는 전혀 없는 것으로 나타났다.

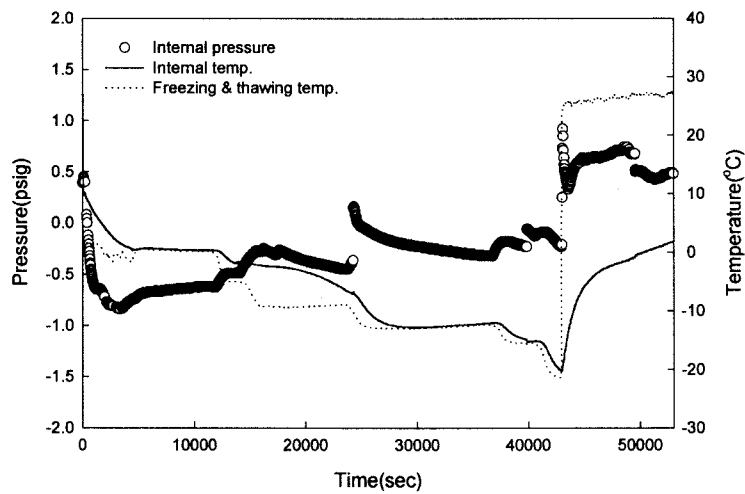
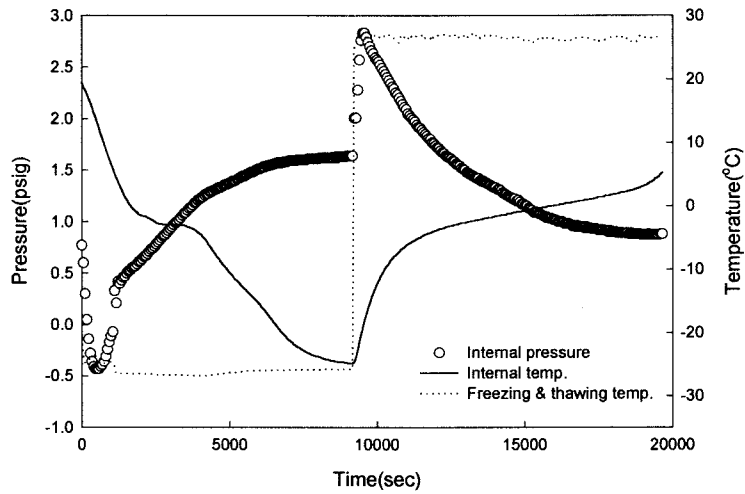


Fig. 87. Changes of internal pressure and temperature on watermelon during freezing and thawing.

Upper : without thermal equalizing

Lower: with thermal equalizing

Table 15. Changes of internal pressure and temperature during freezing and thawing by thermal equalizing process.

Materials	Freezing								Difference (psig)
	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	Max.		Min.		
					I. P. (psig)	Temp. (°C)	I. P. (psig)	Temp. (°C)	
Pear	-0.349	0.135	-0.542	-0.510	1.739	2.7	-0.658	-13.1	2.397
Apple	0.071	-0.032	-0.141	-0.213	1.714	7.3	-0.331	-22.1	2.045
Melon	0.665	0.766	0.445	0.225	3.016	5.6	0.225	-15.1	2.791
Watermelon	-0.541	-0.423	-0.072	-0.234	0.431	7.3	-0.842	1.5	1.273

Materials	Thawing				Difference (psig)
	Max.		Min.		
	I. P. (psig)	Temp. (°C)	I. P. (psig)	Temp. (°C)	
Pear	2.018	-4.0	1.580	1.0	0.438
Apple	1.054	-11.2	0.541	1.0	0.513
Melon	2.402	-6.0	0.859	1.0	1.543
Watermelon	0.922	-19.5	0.442	1.0	0.480

¹⁾ Internal pressure

Table 16. Changes of internal pressure and temperature of sample by treated hurdle technology during freezing and thawing

Materials	Treat- ments	Freezing ¹⁾				Difference (psig)
		Max.		Min.		
		I. P. ²⁾ (psig)	Temp. (°C)	I. P. (psig)	Temp. (°C)	
Pear (다단 균온)	A ³⁾	2.41	-2.4	0.06	9.7	2.35
	B ⁴⁾	1.25	-2.8	-3.85	-15.0	5.10
	C ⁵⁾	0.35	15.8	-1.58	-15.6	1.93
	D ⁶⁾	2.823	-3.1	0.099	2.7	2.729
	E ⁷⁾	0.521	15.9	-0.778	17.0	1.299
Apple (급속동결)	A	2.66	-23.5	-0.47	2.9	3.13
	B	0.63	15.6	-9.70	-28.2	10.33
	C	0.11	15.1	-3.52	-29.2	3.63
	D	4.967	-2.5	-0.188	-0.2	5.155
	E	0.123	15.1	-2.048	-30.2	2.171
Melon (3단 균온)	A	2.00	-1.8	-0.28	0	2.28
	B	1.04	11.6	-0.87	-8.8	1.91
	C	0.46	11.4	-1.24	-2.9	1.70
	D	4.205	-1.1	0.486	0	3.719
	E	0.467	8.7	-0.655	-1	1.122
Watermelon (다단 균온)	A	2.08	-2.8	-0.27	7.7	2.35
	B	1.03	-1.3	-5.19	-18.2	6.22
	C	0.33	11.9	-2.04	-20.3	2.37
	D	2.557	1.0	-1.726	-18.0	4.283
	E	0.341	6.3	-0.907	-20.4	1.248

¹⁾ Immersion freezing, ²⁾ Internal pressure

³⁾ Dipping by solution(0.75% Malic acid+1.0% Ascorbic acid+0.75% CaCl₂)

⁴⁾ Heating at 40°C after dipping by solution(0.75% Malic acid+1.0% Ascorbic acid+0.75% CaCl₂)

⁵⁾ Dipping by solution(0.1% Lysozyme+0.75% Malic acid+1.0% Ascorbic acid+0.75% CaCl₂)

⁶⁾ Heating at 40°C after dipping by solution(0.1% Lysozyme+0.75% Malic acid+1.0% Ascorbic acid+0.75% CaCl₂)

⁷⁾ Control(untreated)

Table 16. (Continued)

Materials	Treatments	Thawing				Difference (psig)
		Max.		Min.		
		I. P. (psig)	Temp. (°C)	I. P. (psig)	Temp. (°C)	
Pear (다단 균온)	A ³⁾	2.15	-8.1	0.48	1.0	1.67
	B ⁴⁾	2.67	-12.1	1.17	1.0	1.50
	C ⁵⁾	0.35	1.0	-0.77	-14.7	1.12
	D ⁶⁾	1.414	-15.9	0.864	1.0	0.550
	E ⁷⁾	1.186	-5.0	0.566	1.0	0.620
Apple (급속동결)	A	4.12	-23.2	0.69	1.0	3.43
	B	3.72	-18.3	0.04	1.0	3.68
	C	0.46	-21.0	-0.23	1.0	0.69
	D	4.785	-15.5	0.636	1.0	4.149
	E	0.494	-3.7	0.488	1.0	0.006
Melon (3단 균온)	A	2.46	-8.4	0.64	1.0	1.82
	B	1.99	-10.3	0.56	1.0	1.43
	C	0.00	1.0	-0.42	-14.7	0.42
	D	2.115	-14.7	0.800	1.0	1.315
	E	1.712	-2.4	0.386	1.1	1.326
Watermelon (다단 균온)	A	2.74	-15.3	0.49	1.0	2.25
	B	4.03	-16.4	0.93	1.0	3.10
	C	0.26	1.0	-0.35	-18.7	0.61
	D	2.109	16.2	0.612	1.0	1.497
	E	1.489	-3.6	0.365	1.0	1.124

¹⁾ Immersion freezing, ²⁾ Internal pressure

³⁾ Dipping by solution(0.75% Malic acid+1.0% Ascorbic acid+0.75% CaCl₂)

⁴⁾ Heating at 40°C after dipping by solution(0.75% Malic acid+1.0% Ascorbic acid+0.75% CaCl₂)

⁵⁾ Dipping by solution(0.1% Lysozyme+0.75% Malic acid+1.0% Ascorbic acid+0.75% CaCl₂)

⁶⁾ Heating at 40°C after dipping by solution(0.1% Lysozyme+0.75% Malic acid+1.0% Ascorbic acid+0.75% CaCl₂)

⁷⁾ Control(untreated)

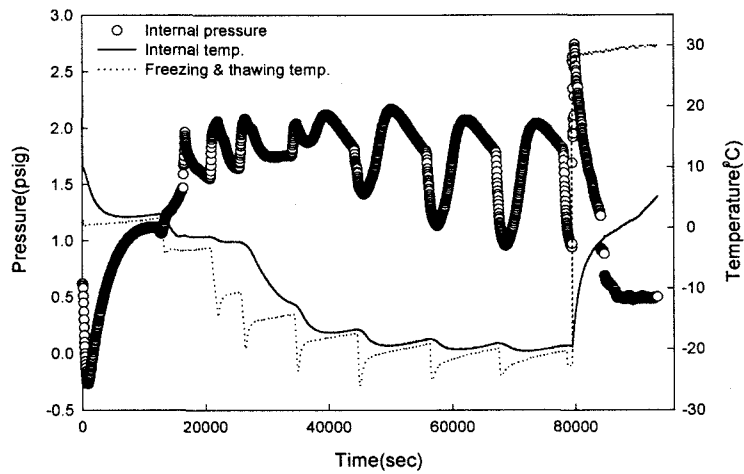
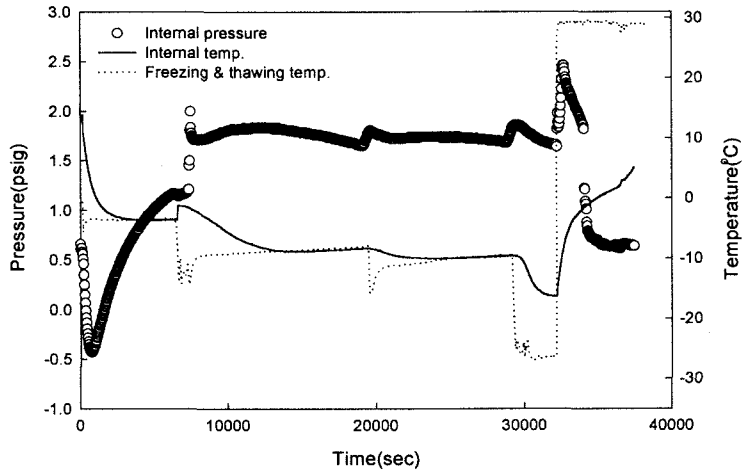


Fig. 88. Changes of internal pressure and temperature on melon treated by hurdle technology during freezing and thawing
 Upper : with 3 step thermal equalizing
 Lower : with multi-step thermal equalizing

제 IV 장 결 론

고품질 과채류 편의식품 유통을 위한 효율적인 hurdle technology 개발의 일환으로 포장후 유통중의 총균수 증식, 갈변화 및 조직 약화 등의 품질 저하 요인을 최소화시키기 위한 최적의 처리방법을 모색하기 위하여 연구를 수행하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

○ 미생물 증식억제와 관련한 hurdle effect를 우선적으로 고려한다는 기준에서 1차적으로 선정된 최적 dip solution의 구성 및 함량은 malic acid 0.25%~0.75% : ascorbic acid 0.5%~1.0% : calcium chloride 0.25%~0.75% 수준으로 확인되었다.

○ 처리방법은 열처리를 먼저한 후에 dip solution에 침지하는 순차적 처리방법이 아닌 40℃ dip solution에 직접 침지하는 병행처리방법을 사용하였으며, 이때 적용한 mild heating(40℃)의 처리시간은 1분으로 결정하였다.

○ 최소량의 dip solution 구성물을 MACmin(malic acid 0.25% : ascorbic acid 0.5% : calcium chloride 0.25%)으로 결정하였고, 최대량의 dip solution 구성물을 MACmax(malic acid 0.75% : ascorbic acid 1.0% : calcium chloride 0.75%)으로 결정하였다.

○ MACmax처리구에 lysozyme 투입시에는 40℃ 열처리 병행이 필수적이라는 사실을 알 수 있었으며, 투입되는 lysozyme의 농도는 0.01% ~ 0.1% 사이에서 큰 차이를 볼 수 없었다.

○ 전반적으로 PP재질이 PE재질 보다 미생물 제어에 효과적이었다. 본 실험에

사용한 MACmax-mild heating-lysozyme처리를 통한 사과와 신선편의 식품제조를 위한 가장 최적의 포장재는 PP film 0.05mm로 확인되었다.

○ 색도변화 억제 측면에서는 MACmax-mild heating-lysozyme 50ppm 처리 방식에서는 PE film 0.05mm > PE film 0.03mm > PP film 0.05mm의 순서로 우수하였고, MACmax-mild heating 처리방식에서는 PE film 0.03mm이, 전처리처리를 하지 않은 방식에서는 PE film 0.03mm > PE film 0.07mm > PE film 0.05mm 순서로 우수하였다. 단, 우수한 순위의 L value ΔE 값은 1수준으로 매우 적은 차이를 보였다. 결국, 모든 전처리방식에서의 사과시료 색도측면에서는 PE film 0.03mm이 가장 우수한 것으로 나타났다.

○ Dipping 방법에 의한 신선편의 후지사과(Fuji apple) 저장실험에서 4℃ 저장 25일차에 무처리구(untreated treatments)는 7 log cycle 수준의 총균수를 보인 반면에, MACmax 처리구는 6.0×10^3 cfu/g, MACmax-lysozyme 처리구는 1.3×10^4 cfu/g의 총균수 수준을 보였다. 저장중의 색도 및 경도(firmness) 측면에서는 MACmax-lysozyme 처리구가 우수한 것으로 나타났다.

○ Spray 방법에 의한 신선편의 후지사과(Fuji apple) 저장실험(4℃)에서는 전반적으로 처리구간의 총균수 변화에 유의적인 차이를 확인할 수 없었으며, 모든 처리구의 경도(firmness)가 급격하게 감소하는 현상을 보였다.

○ Dipping 방법에 의한 신선편의 쓰가루사과(Tsugaru apple) 4℃ 저장실험에서, 4℃ 저장 10일차 및 20일차의 총균수가 대조구로 사용한 무처리구(untreated treatments)는 각각 2.4×10^3 cfu/g 및 1.0×10^6 cfu/g 수준을 보였다. 그러나, MACmax 처리구 및 MACmax-lysozyme 처리구는 저장초기부터 저장 20일까지 저장기간 내내 1 log cycle에도 미치지 못하는 매우 낮은 수준의 총균수를 나타내었다. 저장중의 색도 및 경도(firmness) 측면에서도 MACmax 처리구 및

MACmax-lysozyme 처리구가 우수한 것으로 나타났다. 한편, 전반적으로 저장 기간동안 유리당(free sugar) 함량은 증가하였으며, vitamin C 함량은 감소하였다.

○ Dipping 방법에 의한 신선편의 복숭아의 18℃ 저장실험에서 저장 5일차 및 8일차의 총균수가 대조구로 사용한 무처리구(untreated treatments)는 각각 4 log cycle 및 7 log cycle 수준의 총균수를 보였다. 반면에, MACmax-100ppm lysozyme 처리구는 저장 5일차까지 총균수가 검출되지 않았으며, 8일차에 2 log cycle에도 미치지 못하는 매우 낮은 수준의 총균수를 나타내었다. 또한, 저장중의 색도변화에 있어 무처리구는 저장 8일차에 L value 기준으로 63 수준으로 감소되는 현상을 보이는 반면에, 나머지 처리구는 저장기간 내내 72 수준이상을 유지하였다.

○ Dipping 방법에 의한 신선편의 양배추의 18℃ 저장실험에서 무처리구(untreated treatments)는 저장 5일차에 급격한 총균수의 증가를 보여 6 log cycle 수준에 이르렀으나, MACmax-100ppm lysozyme 처리구는 저장기간 내내 시료 1g당 총균수가 1 log cycle 수준을 상회하지 않는 뛰어난 총균수 생육억제 작용을 보였다.

○ Dipping 방법에 의한 신선편의 감자의 18℃ 저장실험의 경우, 50~100ppm 농도의 lysozyme만을 침지액으로 이용한 처리구로 일정한 수준의 총균수 억제 및 색도 유지 효과를 볼 수 있었다.

○ 절단채소에 있어 fructose:glucose:sucrose=2:1:1의 10 w/w% 수용액에 1분간 침지한 경우, 셀러리는 -1.1℃, 적채는 -1.9℃, 래디쉬는 -2.2℃, 양배추는 -2.1℃, 치커리는 -2.0℃로 나타났으며, fructose:glucose:sucrose:ethyl alcohol=2:1:1:1의 10 w/w% 수용액에 1분간 침지한 경우에 있어서는 셀러리는 -1.9℃, 적채는 -2.0℃, 래디쉬는 -2.8℃, 양배추는 -2.3℃, 치커리는 -2.3℃로 빙점강하

효과를 나타내었다.

○ 절단 과일에 있어 초기 빙결점은 무처리한 메론은 -1.2°C , 배는 -1.2°C , 수박은 -1.0°C , 사과는 -1.4°C 로 각각 나타났으며, 0.75% Malic acid, 1.0% Ascorbic acid 및 0.75% CaCl_2 의 수용액에 침지 처리한 시료와 0.1% Lysozyme, 0.75% Malic acid, 1.0% Ascorbic acid 및 0.75% CaCl_2 로 침지 처리한 경우에 빙점강하 효과는 거의 없는 것으로 나타났다.

○ 과채류의 동결에 의한 중량감소율은 침지식 동결방식에서 가장 적게 나타났으며, 동결방식에 따른 중량감소율 차이는 수박에서 가장 심하게 나타났으며, 사과와 배는 적게 나타나, 수분함량에 클수록 동결속도에 따른 효과가 비교적 크다는 것을 알 수 있었다.

○ 동결속도에 따른 내부압력은 배, 사과 및 메론에 있어 침지식 방법에 의한 동결시 체적팽창 및 수축에 따른 내부압력 차가 가장 적게 나타났으며, 송풍식 동결에서 가장 크게 나타나 동결속도가 빠를수록 내압의 크기는 적다는 것을 알 수 있었으나 딸기 및 수박의 경우는 오히려 침지식에서 내압이 가장 크게 나타났다.

○ 균온 처리하지 않은 동결에 있어 과일의 내부압력 변화는 초기 품온이 내려감과 동시에 급격히 하강하며 다시 품온이 동결 초기부터 최대빙결정생성대를 통과하는 동안은 급격히 상승한 후 품온이 내려감에 따라 지속적으로 상승함으로써 압력변화는 약 2 psig 수준으로 증가하여 상승하는 경향을 보여 주고 있는 반면에 균온 처리한 수박의 내부압력 변화는 균온처리하지 않은 수박의 내부압력 변화 경향과 유사하지만 균온처리 온도에서 일정한 수준의 내압을 발생 시킴으로써 동결초기 이후부터 최종 동결까지 내부압력의 크기도 약 1.3 psig 수준으로 상당히 적게 나타났다. 또한, 해동시에 있어서도 균온처리한 시료의

내부압력 크기가 균온처리하지 않은 내부압력 크기보다 상대적으로 적게 나타났다.

○ hurdle technology기법을 적용한 메론, 사과 및 배의 균온처리 동결시, 다단계 균온 처리보다는 3~4회 수준의 일정한 균온 처리가 내부압력의 증감 폭을 줄일 수 있었고, 40℃ 가열하여 침지 처리한 배는 가열하지 않은 시료보다 내부압력의 크기가 훨씬 크게 나타났으며, 무처리한 배가 동결시 내부압력의 변화가 가장 적게 나타났다.

참고 문헌

1. Lund, D.B. Food processing from art to engineering. *Food Technol.* 43, 242-247 (1989)
2. Day, B.P.F. and Gorris, L.G.M. Modified atmosphere packaging of fresh produce on the west-european market. *ZFL-Int. Z. Lebensm.-Tech., Mark., Verpack. Anal.* 44 (1/2), 32-37 (1993)
3. Garret, E. Challenges and opportunities in marketing fresh-cut produce. in *Modified Atmosphere Food Packaging* (Brody, A.L., ed.), pp. 31-34, Institute of Packaging Professionals, Herndon, VA, USA (1994)
4. Huxsoll, C.C. and Bolin, H.R. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol.* 43, 124-128 (1989)
5. Wiley, R.C. *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*. Chapman & Hall (1994)
6. Ahvenainen, R. and Hurme, E. Minimal processing of vegetables. in *Minimal Processing of Foods* (VTT Symposium Series No. 142) (Ahvenainen, R., Mattila-Sandholm, T. and Ohlsson, T., eds.), pp. 17-35, Technical Research Centre of Finland (VTT), Espoo, Finland (1994)
7. Varoquaux, P. and Wiley, R. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. in *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables* (Wiley, R.C., ed.), pp. 226-268, Chapman & Hall (1994)
8. Kabir, H. Fresh-cut vegetables. in *Modified Atmosphere Food Packaging* (Brody, A.L., ed.), pp. 155-160, Institute of Packaging

Professionals, Herndon, VA, USA (1994)

9. Mattila, M., Ahnainen, R., Hurme, E. and Hyvönen, L. Respiration rates of some minimally processed vegetables. in *Proceedings of Workshop on Systems and Operations for Post-harvest Quality* (De Baerdemaeker, J. *et al.*, eds), pp. 135-145, *COST 94 Post-harvest Treatment of Fruit and Vegetables*, Commission of the European Community, Brussels, Belgium (1995)
10. Powrie, W.D. and Skura, B.J. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. in *Modified Atmosphere Packaging of Food* (Ooraikul, B. and Stiles, M.E., eds), pp. 169-245, Ellis Horwood (1991)
11. Garg, N., Churey, J.J. and Splittstoesser, D.F. Effect of processing conditions on the microflora of fresh-cut vegetables. *J. Food Protect.* 53, 701-703 (1990)
12. Willocx, F., Hendrickx, M. and Tobback, P. The influence of temperature and gas composition on the evolution of microbial and visual quality of minimally processed endive. in *Minimal Processing of Foods and Process Optimization: An Interface* (Singh, R.P. and Oliveira, F.A.R., eds), pp. 475-492, CRC Press (1994)
13. Marchetti, R., Casadei, M.A. and Guerzoni, M.E. Microbial population dynamics in ready-to-use vegetable salads. *Ital. J. Food Sci.* No. 2, 97-108 (1992)
14. Brackett, R.E. Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. in *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables* (Wiley, R.C., ed.), pp. 269-312, Chapman & Hall (1994)
15. Markholm, V. *Intact Carrots and Minimally Processed Carrots* -

Microflora and Shelf life, Rerentning No. S2190, Havebrugscentret Laboratoriet for Levnedsmiddelforskning, Årslev, Denmark (1992)

16. Hurme, E., Ahvenainen, R., Kinnunen, A. and Skyttä, E. Factors affecting the quality retention of minimally processed chinese cabbage. in *Proceedings of the Sixth International Symposium of the European Concerted Action Program COST 94 Post-harvest Treatment of Fruit and Vegetables. Current Status and Future Prospects*, Commission of the European Community, Brussels, Belgium (1995)
17. Ahvenainen, R., Hurme, E., Kinnunen, A., Luoma, T. and Skyttä, E. Factors affecting the quality retention of minimally processed carrot. in *Proceedings of the Sixth International Symposium of the European Concerted Action Program COST 94 Post-harvest Treatment of Fruit and Vegetable. Current Status and Future Prospects*, Commission of the European Community, Brussels, Belgium (1995)
18. Manzano, M., Citterio, B., Maifreni, M., Paganessi, M. and Comi, G. Microbial and sensory quality of vegetables for soup packaged in different atmospheres. *J. Sci. Food Agric.* 67, 521-529 (1995)
19. Torriani, S. and Massa, S. Bacteriological survey on ready-to-use sliced carrots. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 27, 487-490 (1994)
20. Riquelme, F., Pretel, M.T., Martínez, G., Serrano, M. Amorós, A. and Romojaro, F. Packaging of fruits and vegetables: Recent results. in *Food Packaging and Preservation* (Mathlouthi, M., ed.), pp. 141-158, Blackie (1994)
21. Zomorodi, B. The technology of processed/prepacked produce preparing the product for modified atmosphere packaging (MAP). in *Proceedings of the 5th International Conference on Controlled/Modified Atmosphere/Vacuum Packaging, CAP 90*, pp. 301-330, Schotland

Business Research, Princeton, NJ, USA (1990)

22. Leistner, L. and Gorris, L.G.M. Food preservation by hurdle technology. *Trends Food Sci. Technol.* 6, 41-46 (1995)
23. Mattila, M., Ahvenainen, R. and Hurme, E. Prevention of browning of pre-peeled potato. in *Proceedings of Workshop on Systems and Operations for Post-Harvest Quality* (De Baerdemaeker, J. et al., eds), pp. 225-234, *COST 94 Post-harvest Treatment of Fruit and Vegetables*, Commission of the European Community, Brussels, Belgium (1995)
24. Martinez, M.V. and Whitaker, J.R. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends Food Sci. Technol.* 6, 195-200 (1995)
25. O'Beirne, D. Influence of raw material and processing on quality of minimally processed vegetables. in *Progress Highlight C/95 of EU Contract AIR1-CT92-0125, Improvement of the Safety and Quality of Refrigerated Ready-to-eat Foods using Novel Mild Preservation Techniques*, Commission of the European Community, Brussels, Belgium (1995)
26. Ohta, H. and Sugawara, W. Influence of processing and storage conditions on quality stability of shredded lettuce. *Nippon Shokuhin Kogyo GakkaiShi* 34, 432-438 (1987)
27. Hägg, M., Häkkinen, U., Kumpulainen, J., Hurme, E. and Ahvenainen, R. Effects of preparation procedures and packaging on nutrient retention in different vegetables. in *Proceedings of the Sixth International Symposium of the European Concerted Action Program COST 94 Post-harvest Treatment of Fruit and Vegetables. Current Status and Future Prospects*, Commission of the European Community, Brussels, Belgium (1995)

28. Bolin, H.R. and Huxsoll, C.C. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. *J. Food Sci.* 56, 60-67 (1991)
29. Anon. Sulphites Banned. *Food Ingredients Process. Int.* No. 11, 11 (1991)
30. McEvily, A.J., Iyengar, R. and Otwell, S. Sulfites alternative prevents shrimp melanosis. *Food Technol.* 45, (9), 80-86 (1991)
31. Monsalve-González, A., Barbosa-Cánovas, G.V., McEvily, A.J. and Iyengar, R. Inhibition of enzymatic browning in apple products by 4-hexylresorcinol. *Food Technol.* 49, 110-118 (1995)
32. Sapers, G.M. and Miller, R.L. Heated ascorbic/citric acid solution as browning inhibitor for pre-peeled potatoes. *J. Food Sci.* 60, 762-766. 776 (1995)
33. Lozano-de-Gonzales, P.G., Barrett, D.M., Wrolstad, R.E. and Durst, R.W. Enzymatic browning inhibited in fresh and dried apple rings by pineapple juice. *J. Food Sci.* 58, 399-404 (1993)
34. Kader, A.A., Zagory, D. and Kerbel, E.L. Modified atmosphere packaging of fruit and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 28 (1), 1-30 (1989)
35. Day, B.P.F. Modified atmosphere packaging active packaging of fruits and vegetables. *Minimal Processing of Foods (VTT Symposium Series 142)* (Ahvenainen, R., Mattila-Sandholm, T. and Ohlsson, T., eds), pp. 173-207, Technical Research Centre of Finland (VTT), Espoo, Finland (1994)
36. Exama, A., Arul, J., Lencki, R.W., Lee, L.Z. and Toupin, C. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables.

- J. Food Sci.* 58, 1365-1370 (1993)
37. Anon. Bags extend salad shelf time. *Packag. Dig.* Jan. 1996. 66-70 (1996)
 38. Gorris, L.G.M. de Witte, Y. and Bennik, M.J.H. Refrigerated storage under moderate vacuum. *ZFL Focus Int.* 45 (6), 63-66 (1994)
 39. Heimdal, H., Falk, Kühn, B., Poll, L. and Melchior Larsen, L. Biochemical changes and sensory quality of shredded and ma-packaged iceberg lettuce. *J. Food Sci.* 60, 1265-1268, 1276 (1995)
 40. Howard, L.R., Yoo, K.S., Pike, L.M. and Miller, G.H., Jr. Quality changes in diced onions stored in film packages. *J. Food Sci.* 59, 110-112, 117 (1994)
 41. Krochta, J.M., Baldwin, E.A. and Nisperos-Carriedo, M. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, Technomic (1994)
 42. Guilbert, S., Gontard, N. and Cuq, B. Technology and applications of edible protective films. *Packag. Technol. Sci.* 8, 339-346 (1995)
 43. Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O. and Baker, R.A. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 35, 509-524 (1995)
 44. Ogawa, Y.: Studies on gape and heave of foodstuffs due to internal pressure during freezing. *Trans. of the JAR.*, 4(2), 81~92(1987)
 45. Miles, C.A. and Morley, M.J.: Measurement of internal pressures and tensions in meat during freezing, frozen storage and thawing. *J. of Fd Technol.*, 12, 387~402 (1977)

46. Ogawa, Y.: Studies on gape and heave of foodstuffs due to internal pressure during freezing. *Trans. of the JAR.*, 4(3), 81~88(1987)
47. Ogawa, Y.: Studies on gape and heave of foodstuffs due to internal pressure during freezing. *Trans. of the JAR.*, 5(2), 21~32(1988)
48. Ogawa, Y.: Studies on rupture of fish body during freezing. *Trans. of the JAR.*, 13(1), 37~47(1996)
49. Henningson, R.W.: Thermister cryoscopy in the food industry. *Food Technol.*, 21, 28~31 (1967)
50. Ogawa, Y. and Hagura, Y.: Measurement of young's modulus and poisson's ratio of tuna fish. *Trans. of the JAR.*, 9(3), 283~290(1992)
51. Takahisa, M.: Prediction of freezing point depression of fruit and vegetable juice. *高大農システム園實研報*, 9, 33-43 (1992)
52. Akinori, M., Masata, M., Shigeru, T. and Masao, M.: Antifreeze Activities of various food components. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 14-18 (1997)
53. Sheard, P.R. et al.: Influence of sodium chloride and sodium tripolyphosphate on the quality of UK-style grillsteaks. *Int. J. of Food Sci. and Tech.*, 25, 643-656 (1990)
54. Chen, X.D. and Ping, C.: Freezing of aqueous solution in a simple apparatus designed for measuring freezing point. *Food Research International*, 29(8), 723-729 (1996)
55. Fuster, C., Prestamo, G. and Espinisa, J.: Influence of treatments prior to freezing on the quality and stability of fruits and vegetables during frozen storage. In *Thermal Processing and Quality of Foods. European Cooperation in Scientific & Technical Research(Thermal Processing Symposium)*, p 671 (1984)

56. Huxsoll, C.C. and Bolin, H.R. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol.* 43, 124-128 (1989)
57. Wiley, R.C. *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*. Chapman & Hall (1994)
58. Ahvenainen, R. and Hurme, E. Minimal processing of vegetables. in *Minimal Processing of Foods* (VTT Symposium Series No. 142) (Ahvenainen, R., Mattila-Sandholm, T. and Ohlsson, T., eds.), pp. 17-35, Technical Research Centre of Finland (VTT), Espoo, Finland (1994)
59. Leistner, L. and Gorris, L.G.M. Food preservation by hurdle technology. *Trends Food Sci. Technol.* 6, 41-46 (1995)

부 록

부록 목차

부록 1. 미생물 생육억제 hurdle(MACmax 및 lysozyme)의 시험관내 활성평가	3
부록 2. 신선편의 과채류 제조 표준공정 및 위해요소 중점관리	23
부록 3. Fresh-cut 과채류 제품의 경제성 분석	35

부록 1:

미생물 생육억제 hurdle(MACmax 및 lysozyme)의 시험관내 활성평가

MACmax의 미생물 생육억제 효과 및 lysozyme의 병용첨가에 의한 상승효과 검토를 위해 *Lactobacillus plantarum* KFRI 00163, *Lactobacillus plantarum* KFRI 00812, *Lactobacillus acidophilus* KFRI 00162, *Lactobacillus brevis* KFRI 00353, *Bacillus subtilis* KFRI 00120, *Pseudomonas aeruginosa* KFRI 00190, *Pseudomonas fluorescens* KFRI 00194 등 7종의 과채류의 품질열화에 관여하는 미생물과 *Escherichia coli* KFRI 00242 및 *Salmonella typhimurium* KFRI 00191 2종의 병원성 미생물에 대한 시험관 수준에서의 생육억제효과를 검토한 결과는 Fig. A1~A36과 같았다.

Citric acid는 첨가농도 0.1% 이상에서 *L. plantarum* KFRI 00163, *L. plantarum* KFRI 00812, *B. subtilis* KFRI 00120, *P. aeruginosa* KFRI 00190, *P. fluorescens* KFRI 00194 등과 *E. coli* KFRI 00242 및 *S. typhimurium* KFRI 00191에는 뚜렷한 생육억제효과를 나타내었으나, 내산성균인 *L. acidophilus* KFRI 00162와 *L. brevis* KFRI 00353에는 최대 1.0%의 첨가농도에서도 생육억제효과가 없거나 또는 매우 미미한 것으로 나타났다.

Malic acid는 첨가농도 0.1% 이상에서 *L. plantarum* KFRI 00163, *L. plantarum* KFRI 00812, *B. subtilis* KFRI 00120, *P. aeruginosa* KFRI 00190, *P. fluorescens* KFRI 00194 등 5종과 *E. coli* KFRI 00242 및 *S. typhimurium* KFRI 00191 2종의 병원성 미생물에 대해서는 명확한 억제효과를 보인 반면, *L. acidophilus* KFRI 00162에서는 0.5% 이상의 첨가농도, 그리고 *L. brevis* KFRI 00353에서는 1.0% 첨가농도에서만 뚜렷한 억제효과를 나타내어 이 두 균주에 대해서는 상대적으로 낮은 생육억제 효과를 가지는 것으로 판단되었다.

Lysozyme은 gram 양성균중 *L. plantarum* KFRI 00163와 *L. plantarum* KFRI 00812에 대해서는 0.001% 첨가농도에서 뚜렷한 억제효과를 나타내었으나, *L. acidophilus* KFRI 00162, *L. brevis* KFRI 00353, *E. coli* KFRI 00242, *P. aeruginosa* KFRI 00194, *P. fluorescens* KFRI 00194에 대해서는 최대 0.05%의 첨가농도에서도 생육억제 효과를 나타내지 않아 이들 미생물에 대해서는 활성이 없는 것으로 판단되었다. 그러나 gram 음성균인 *B. subtilis* KFRI 00120은 첨가농도 의존성 생육억제 효과를 나타내기는 했지만 첨가농도에 따른 차이가 크지 않았으며, *S. typhimurium*에서는 0.05%의 첨가농도에서만 뚜렷한 억제효과를 나타내었다.

Malic acid 농도가 0.75%인 MACmax와 농도를 달리하여 lysozyme을 병용 첨가한 결과, *L. plantarum* KFRI 00163, *L. plantarum* KFRI 00812 및 *B. subtilis* KFRI 00120은 malic acid 단독첨가에 비해 lysozyme 병용첨가 했을 때 보다 뚜렷한 생육억제효과를 나타내었고, *L. acidophilus* KFRI 00162, *L. brevis* KFRI 00353, *B. subtilis* KFRI 00120, *P. aeruginosa* KFRI 00190, *P. fluorescens* KFRI 00194, *E. coli* KFRI 00242 및 *S. typhimurium* KFRI 00191은 lysozyme의 첨가에 의한 생육억제가 없거나 미약한 것으로 나타났기 때문에 병용첨가에 의한 생육억제 상승효과는 없는 것으로 판단되었다. 이로 미루어 볼 때 과채류에 존재하는 natural flora에 대한 직접적인 MACmax와 lysozyme의 병용처리는 MACmax 단독처리에 비해 실질적인 상승효과를 기대하기에는 lysozyme의 antibactericidal spectrum이 충분하지 않아 사용에 한계가 있는 것으로 판단되었다.

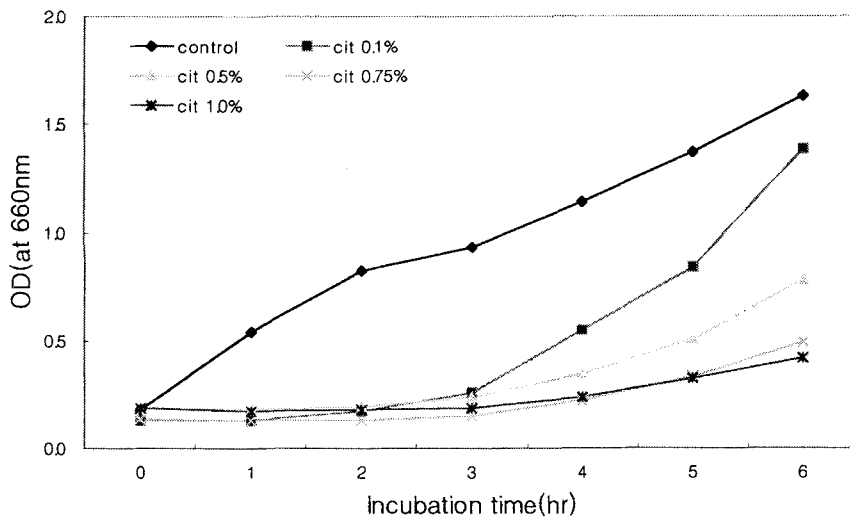


Fig. A1. Inhibitory effects of citric acid against *Lactobacillus plantarum* KFRI 00163 for 6 hr at 35°C.

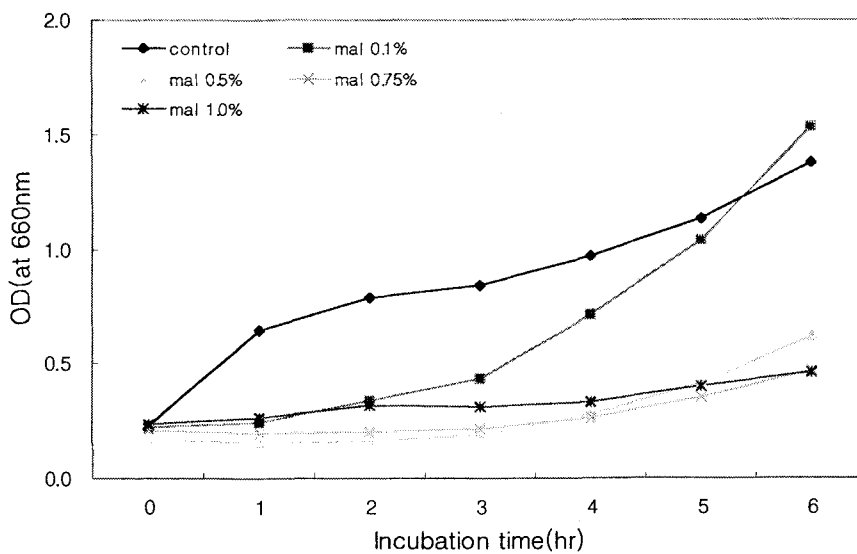


Fig. A2. Inhibitory effects of malic acid against *Lactobacillus plantarum* KFRI 00163 for 6 hr at 35°C.

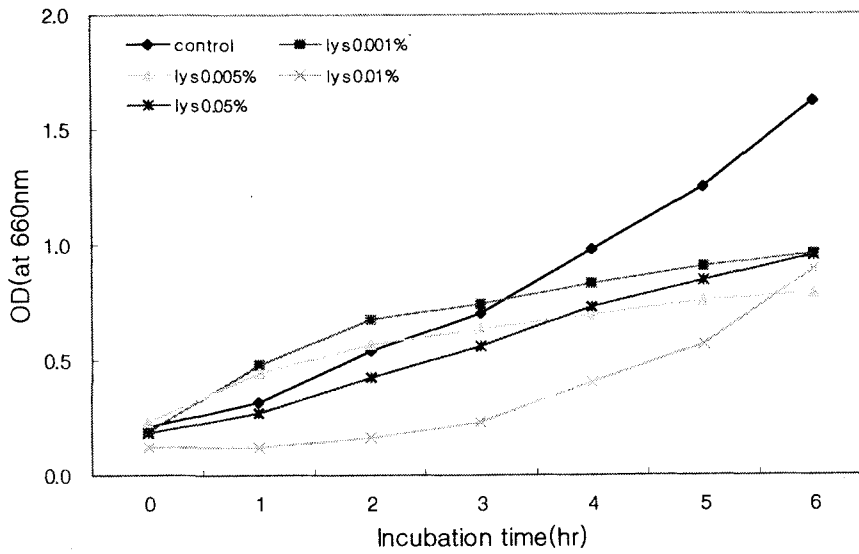


Fig. A3. Inhibitory effects of lysozyme against *Lactobacillus plantarum* KFRI 00163 for 6 hr at 35°C.

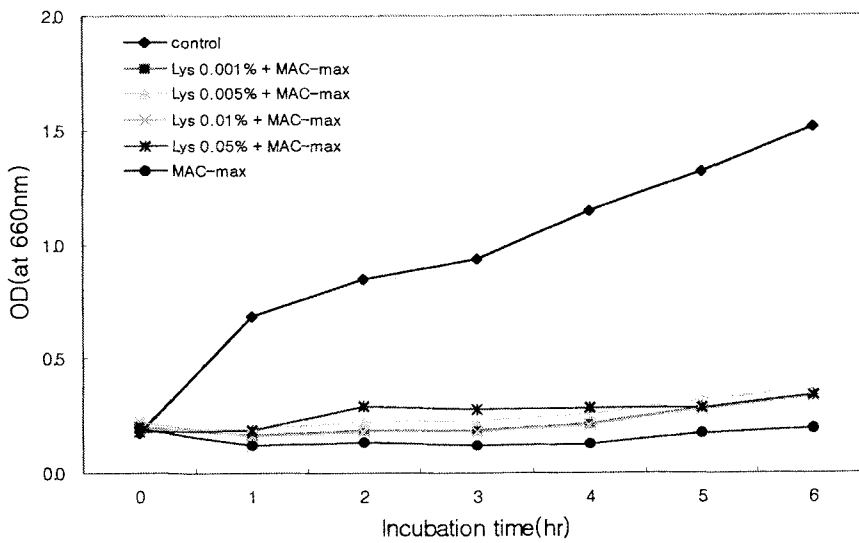


Fig. A4. Inhibitory effects of lysozyme + MACmax against *Lactobacillus plantarum* KFRI 00163 for 6 hr at 35°C.

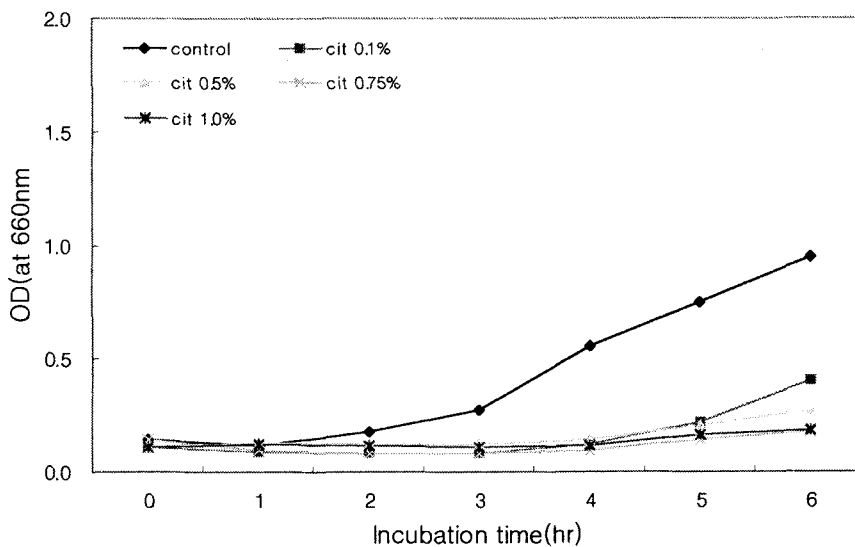


Fig. A5. Inhibitory effects of citric acid against *Lactobacillus plantarum* KFR1 00812 for 6 hr at 35°C.

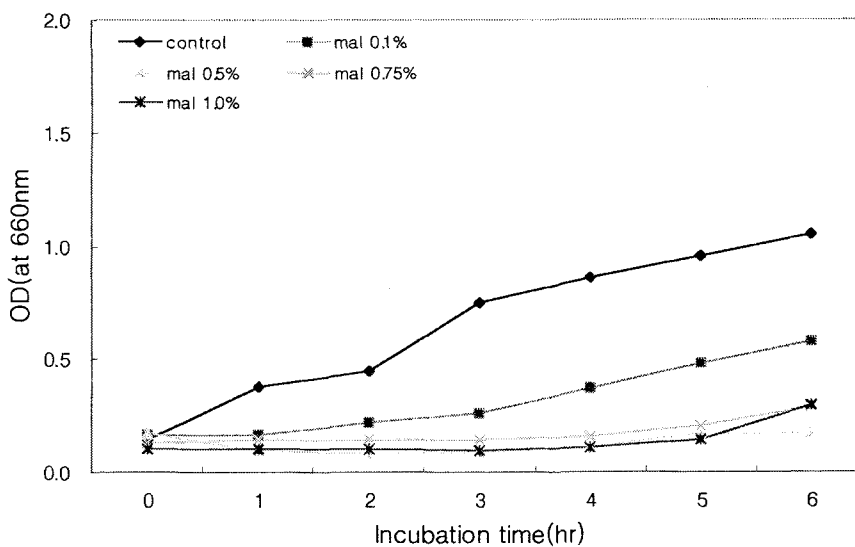


Fig. A6. Inhibitory effects of malic acid against *Lactobacillus plantarum* KFR1 00812 for 6 hr at 35°C.

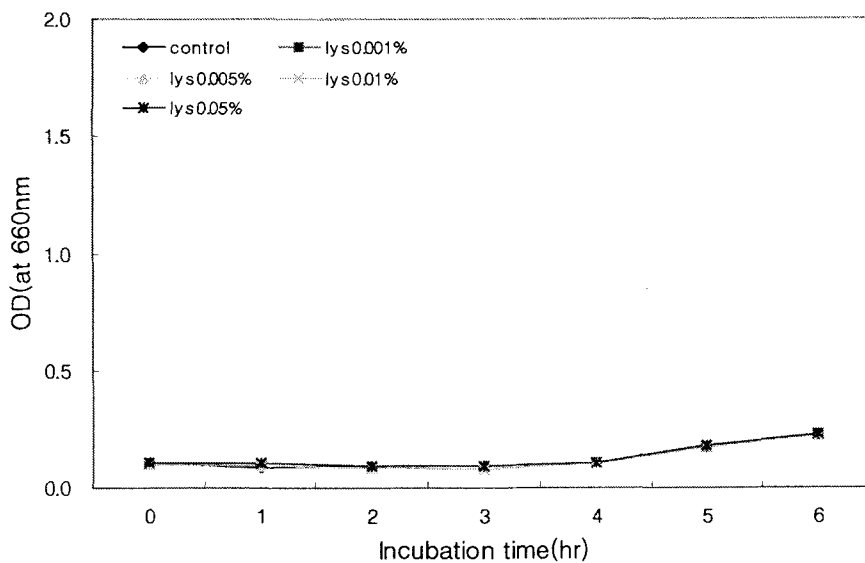


Fig. A7. Inhibitory effects of lysozyme against *Lactobacillus plantarum* KFR1 00812 for 6 hr at 35°C.

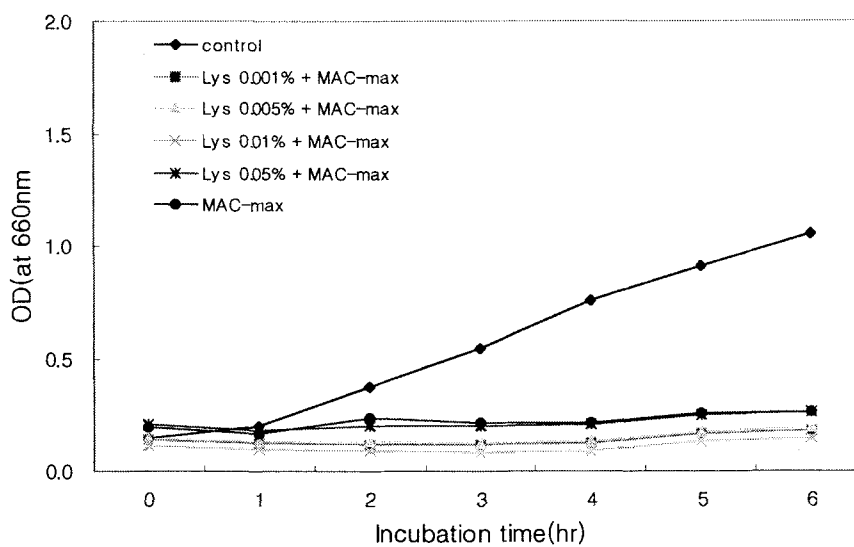


Fig. A8. Inhibitory effects of lysozyme + MACmax against *Lactobacillus plantarum* KFR1 00812 for 6 hr at 35°C.

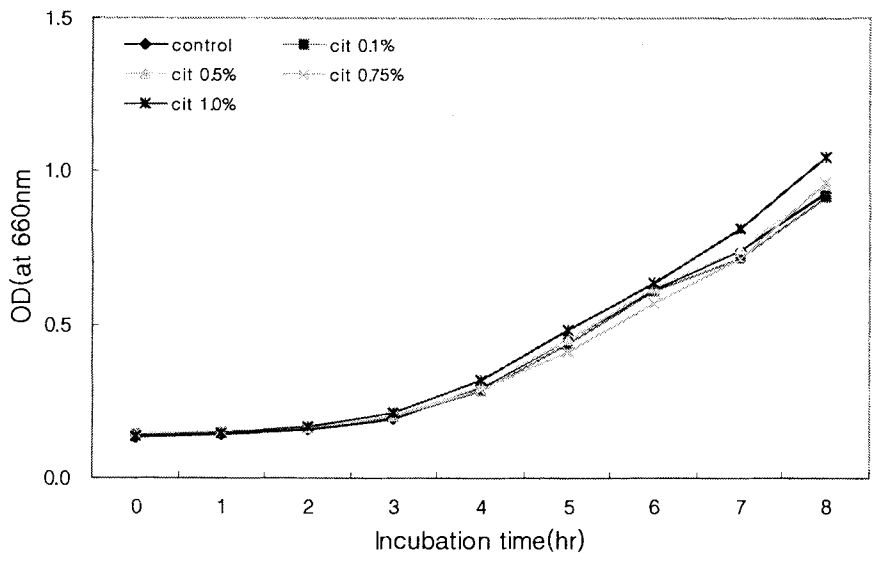


Fig. A9. Inhibitory effects of citric acid against *Lactobacillus acidophilus* KFRI 00162 for 8 hr at 35°C.

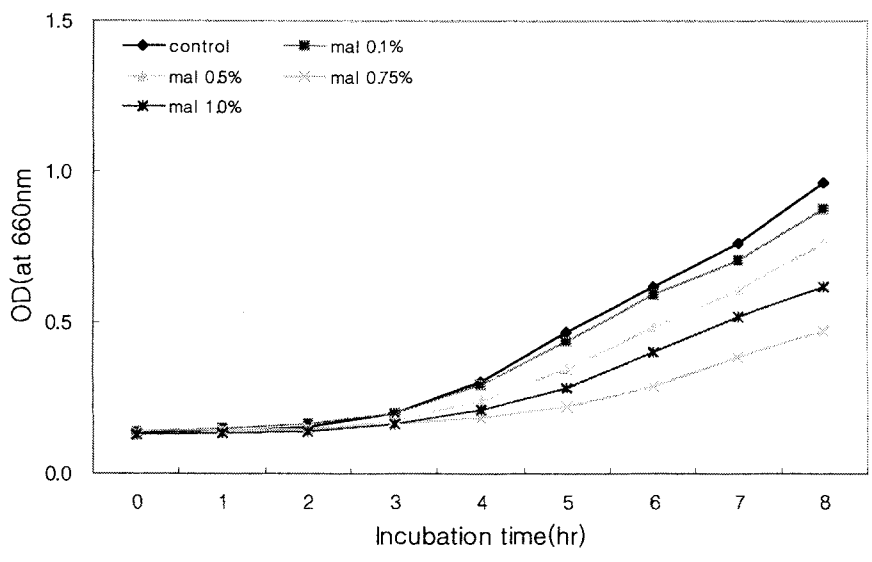


Fig. A10. Inhibitory effects of malic acid against *Lactobacillus acidophilus* KFRI 00162 for 8 hr at 35°C.

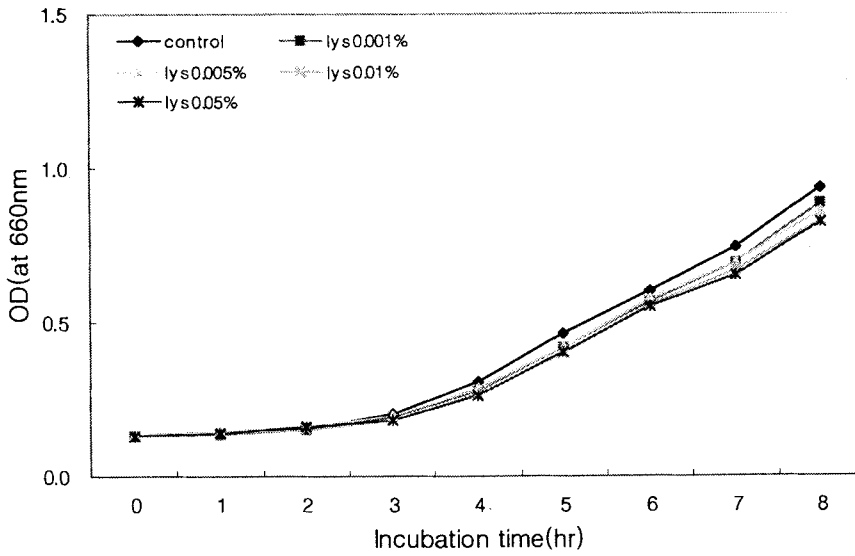


Fig. A11. Inhibitory effects of lysozyme against *Lactobacillus acidophilus* KFRI 00162 for 8 hr at 35°C.

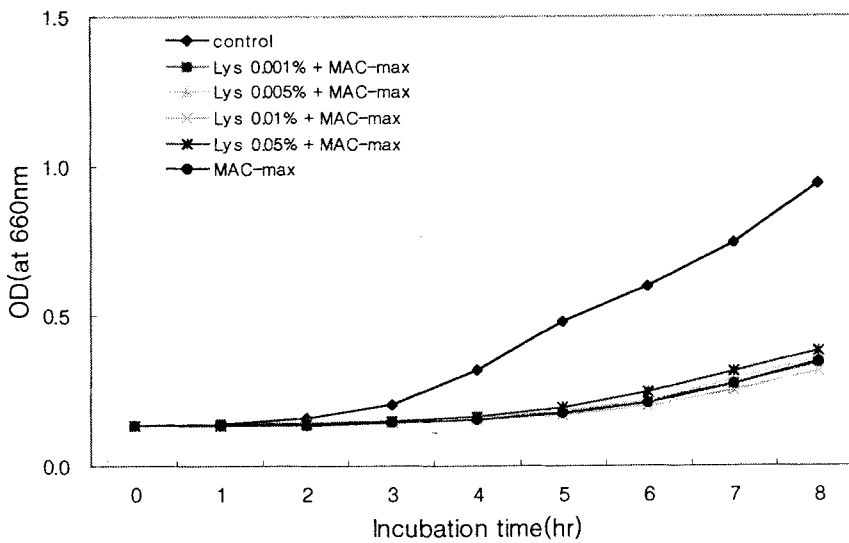


Fig. A12. Inhibitory effects of lysozyme + MACmax against *Lactobacillus acidophilus* KFRI 00162 for 8 hr at 35°C.

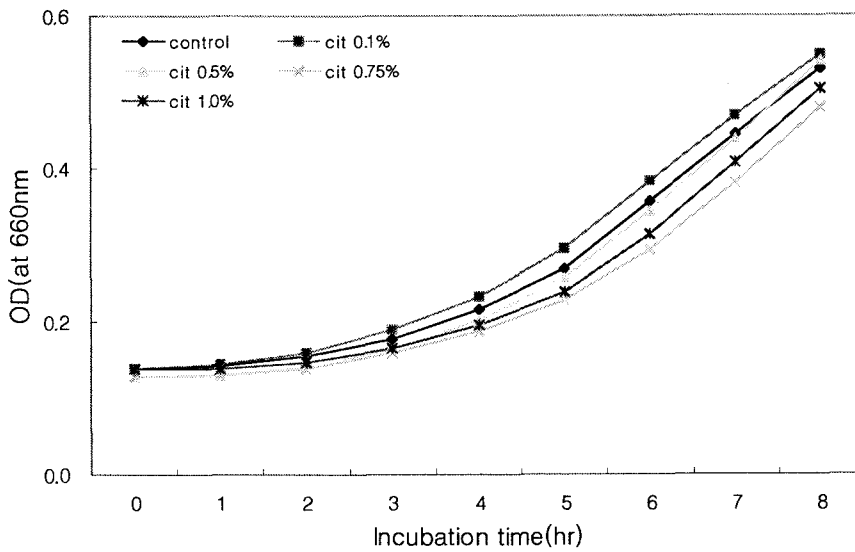


Fig. A13. Inhibitory effects of citric acid against *Lactobacillus brevis* KFRI 00353 for 8 hr at 35°C.

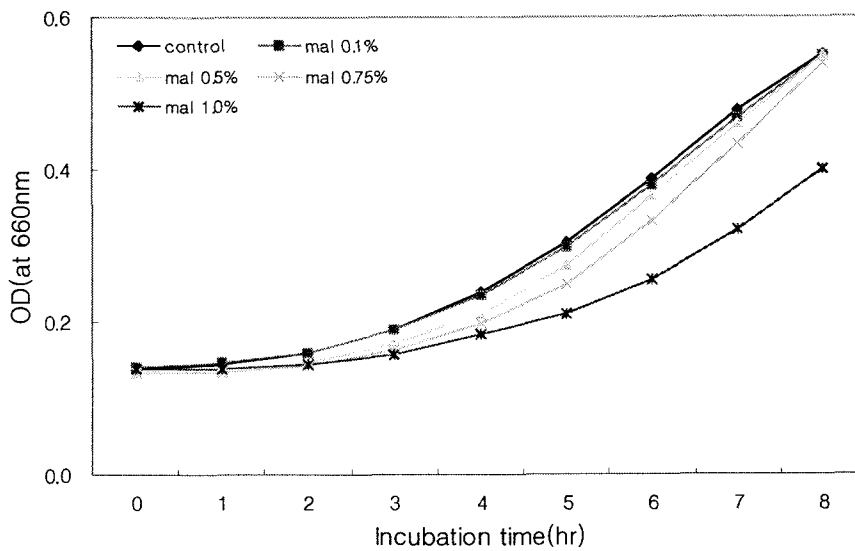


Fig. A14. Inhibitory effects of malic acid against *Lactobacillus brevis* KFRI 00353 for 8 hr at 35°C.

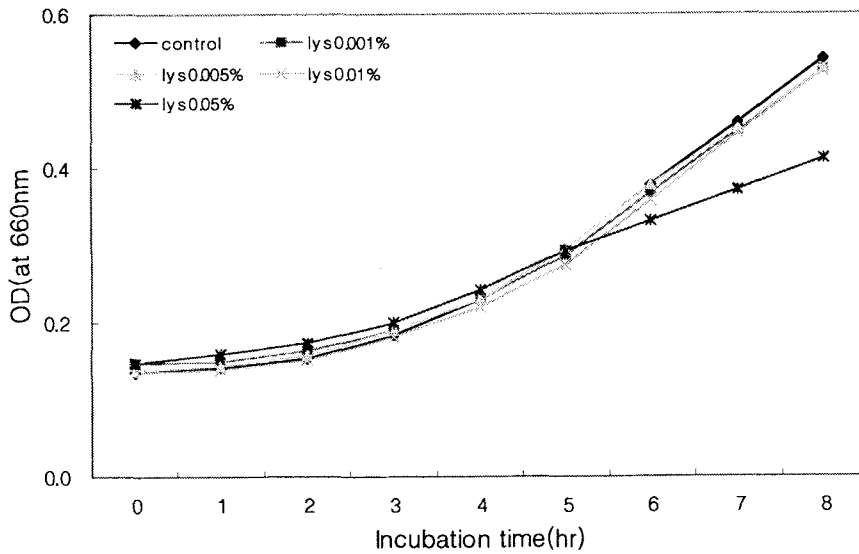


Fig. A15. Inhibitory effects of lysozyme against *Lactobacillus brevis* KFRI 00353 for 8 hr at 35°C.

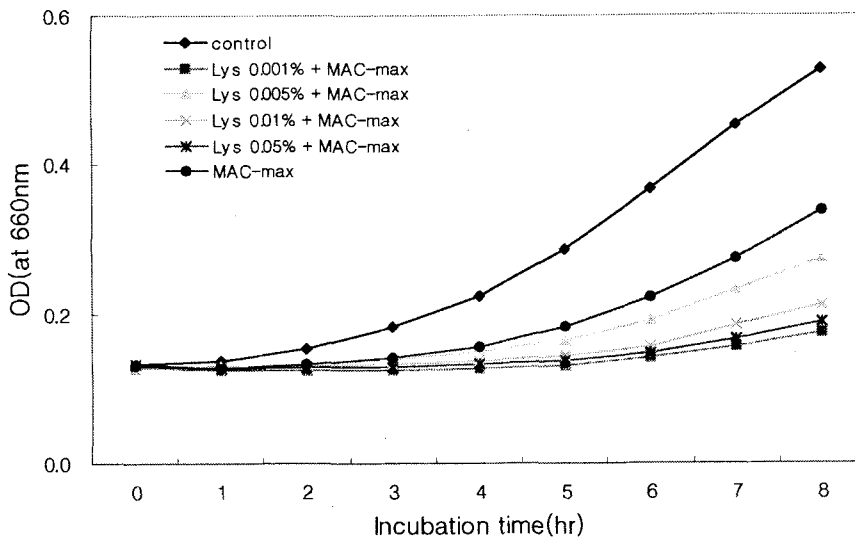


Fig. A16. Inhibitory effects of lysozyme + MACmax against *Lactobacillus brevis* KFRI 00353 for 8 hr at 35°C.

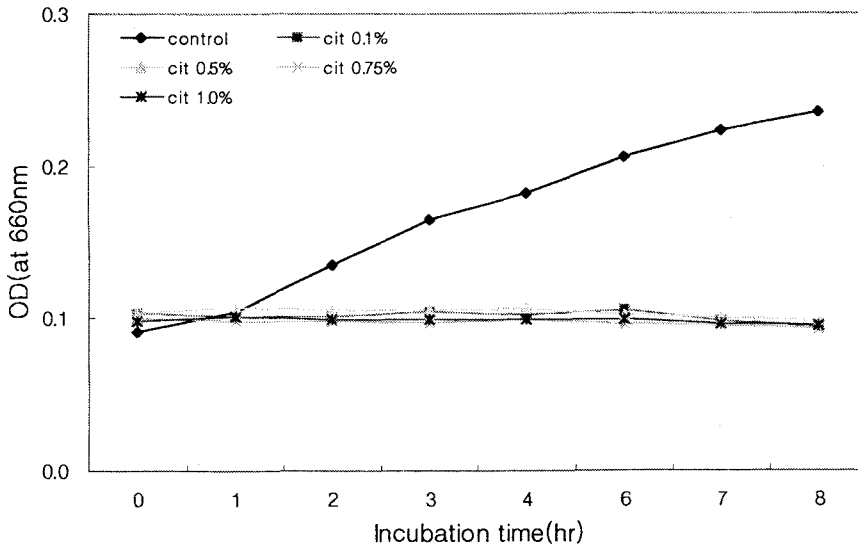


Fig. A17. Inhibitory effects of citric acid against *Bacillus subtilis* KFRI 00120 for 8 hr at 35°C.

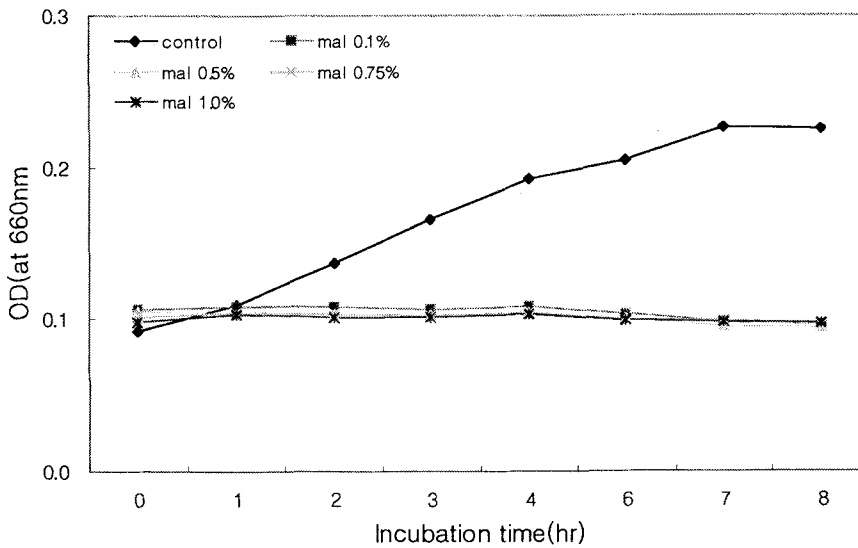


Fig. A18. Inhibitory effects of malic acid against *Bacillus subtilis* KFRI 00120 for 8 hr at 35°C.

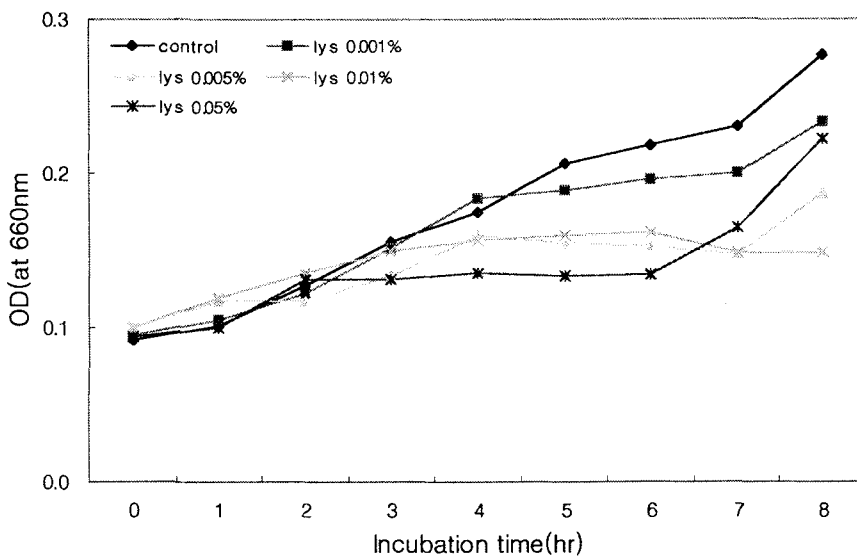


Fig. A19. Inhibitory effects of lysozyme against *Bacillus subtilis* KFRI 00120 for 8 hr at 35°C.

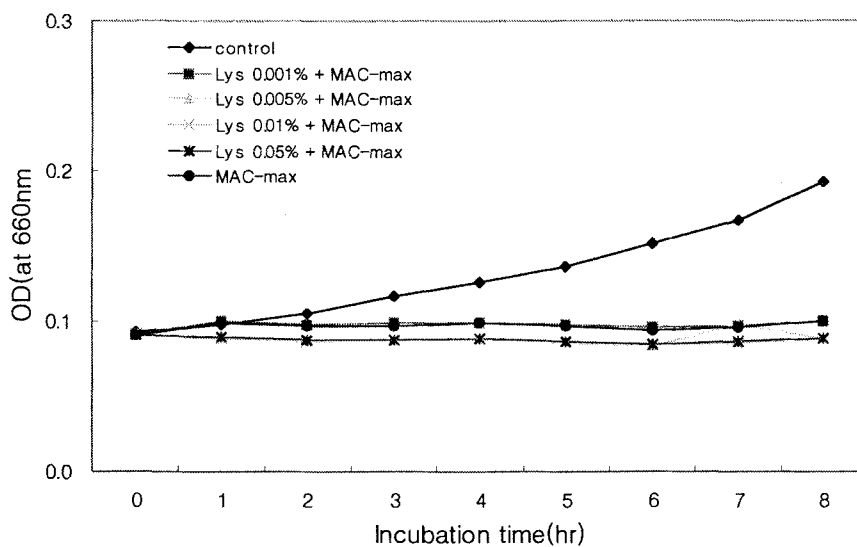


Fig. A20. Inhibitory effects of lysozyme + MACmax against *Bacillus subtilis* KFRI 00120 for 8 hr at 35°C.

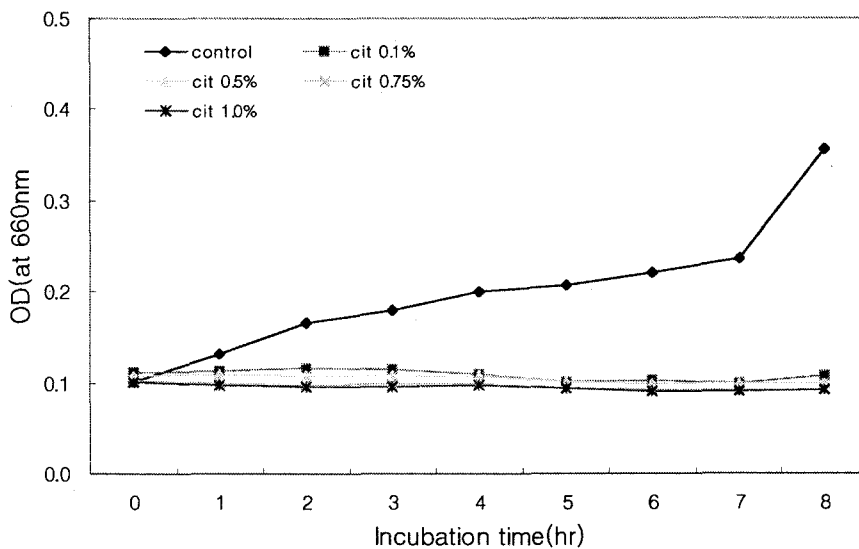


Fig. A21. Inhibitory effects of citric acid against *Escherichia coli* KFRI 00242 for 8 hr at 35°C.

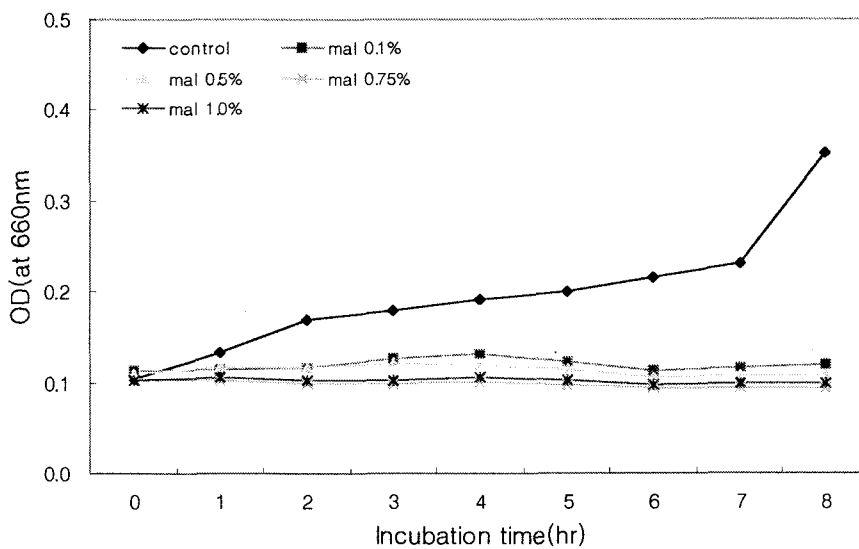


Fig. A22. Inhibitory effects of malic acid against *Escherichia coli* KFRI 00242 for 8 hr at 35°C.

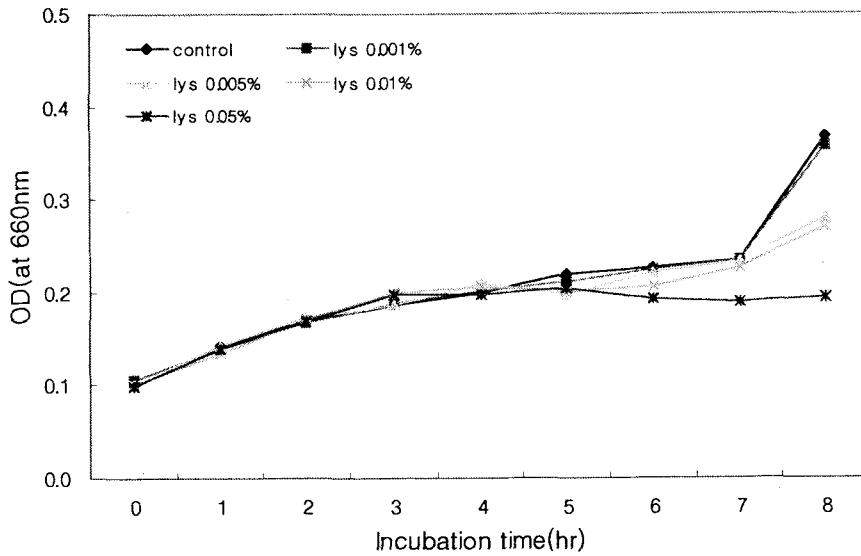


Fig. A23. Inhibitory effects of lysozyme against *Escherichia coli* KFRI 00242 for 8 hr at 35°C.

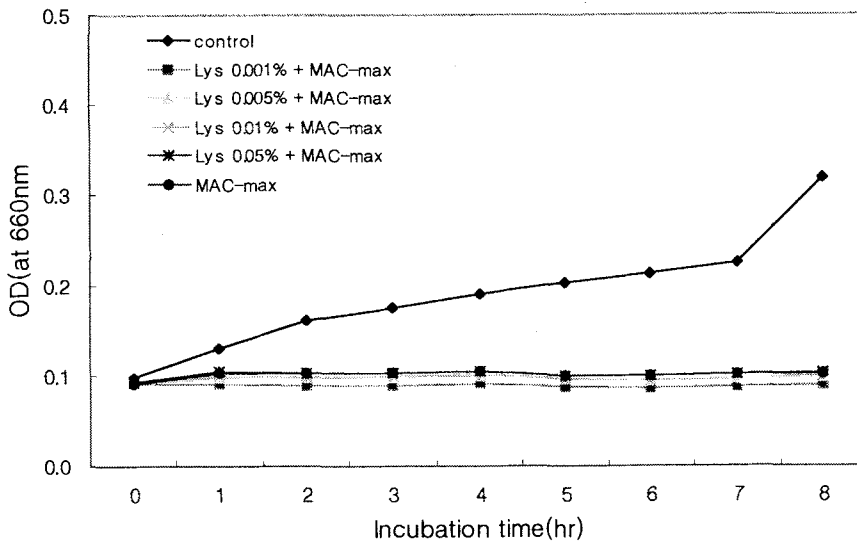


Fig. A24. Inhibitory effects of lysozyme + MACmax against *Escherichia coli* KFRI 00242 for 8 hr at 35°C.

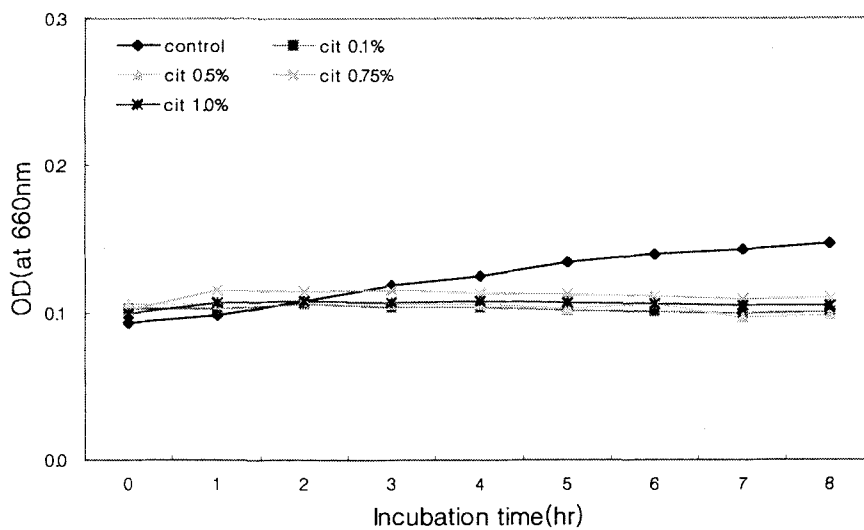


Fig. A25. Inhibitory effects of citric acid against *Pseudomonas aeruginosa* KFR1 00190 for 8 hr at 30°C.

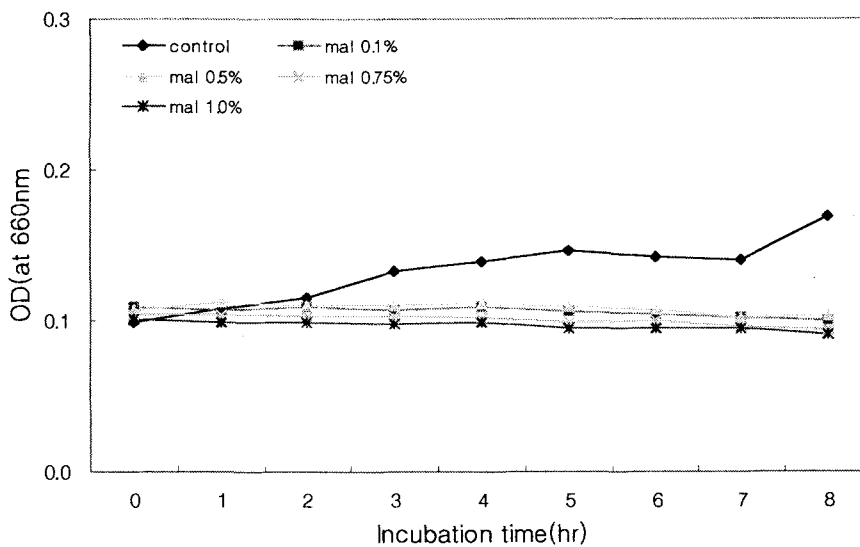


Fig. A26. Inhibitory effects of malic acid against *Pseudomonas aeruginosa* KFR1 00190 for 8 hr at 30°C.

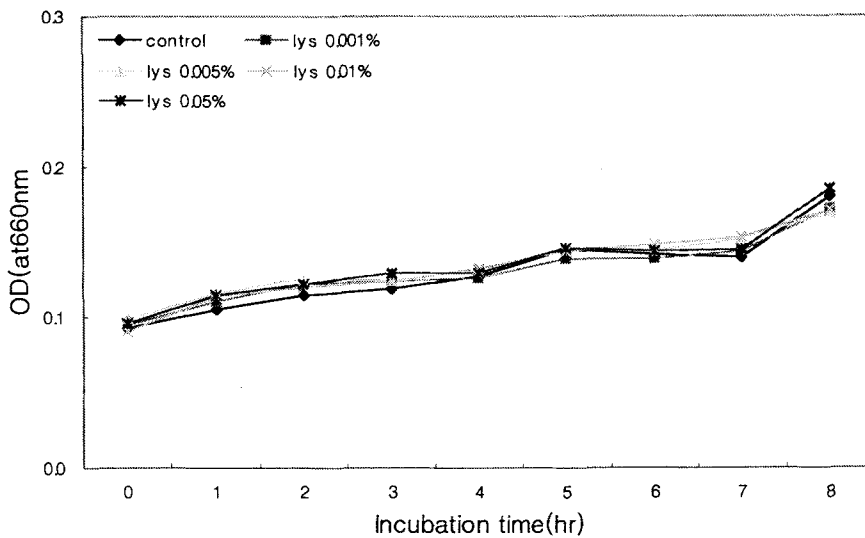


Fig. A27. Inhibitory effects of lysozyme against *Pseudomonas aeruginosa* KFRI 00190 for 8 hr at 30°C.

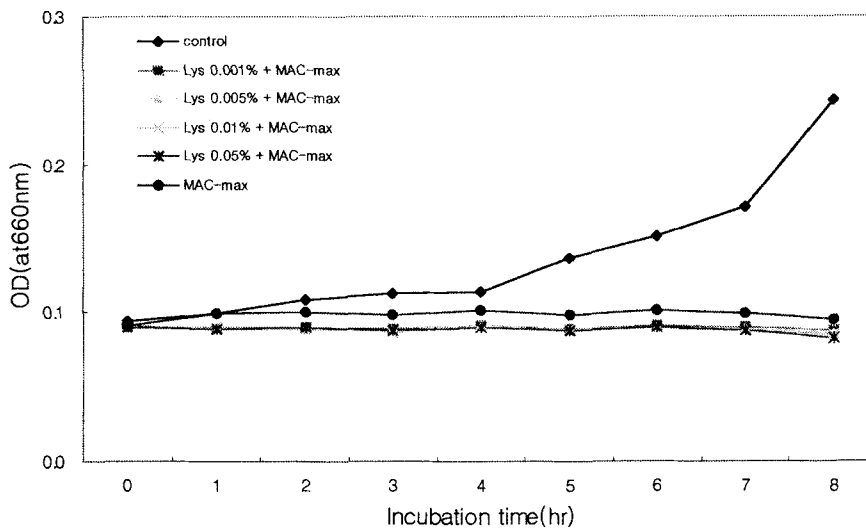


Fig. A28. Inhibitory effects of lysozyme + MACmax against *Pseudomonas aeruginosa* KFRI 00190 for 8 hr at 30°C.

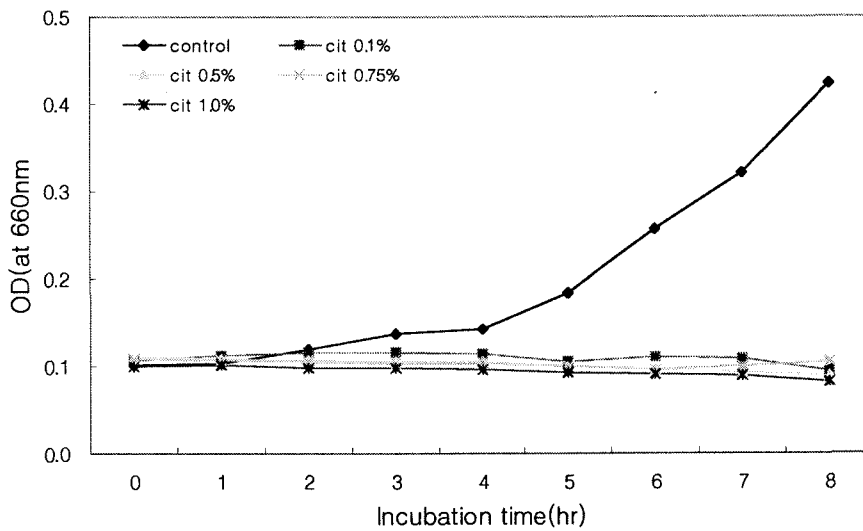


Fig. A29. Inhibitory effects of citric acid against *Pseudomonas fluorescens* KFRI 00194 for 8 hr at 25°C.

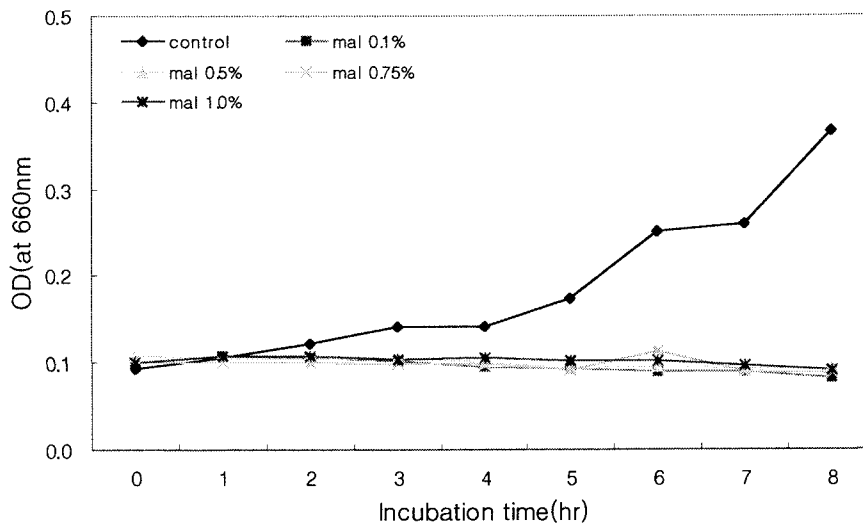


Fig. A30. Inhibitory effects of malic acid against *Pseudomonas fluorescens* KFRI 00194 for 8 hr at 25°C.

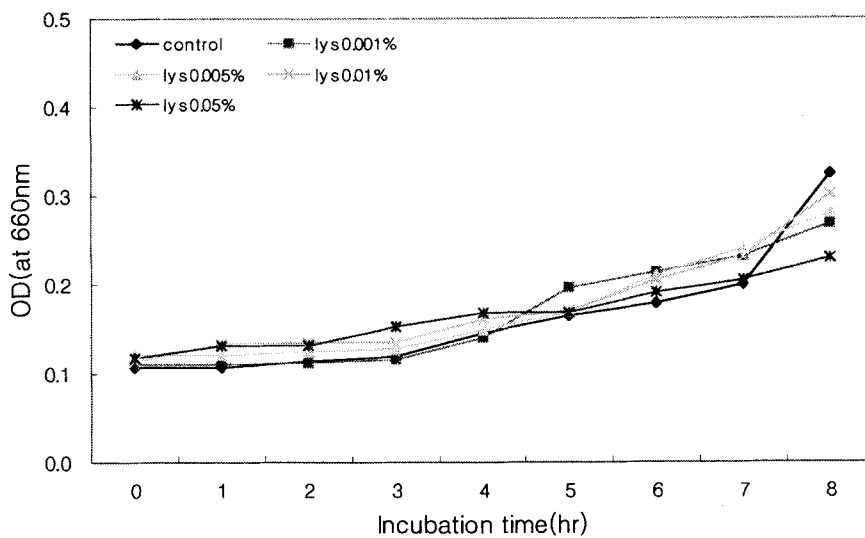


Fig. A31. Inhibitory effects of lysozyme against *Pseudomonas fluorescens* KFRI 00194 for 8 hr at 25°C.

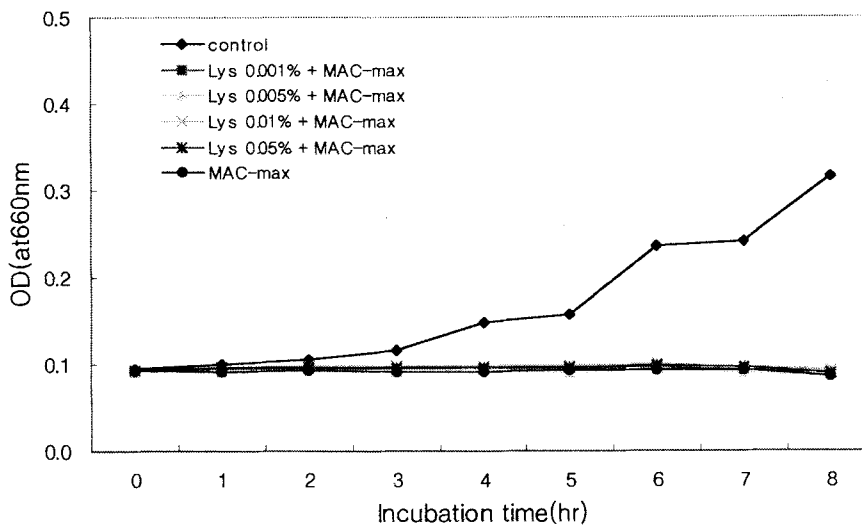


Fig. A32. Inhibitory effects of lysozyme + MACmax against *Pseudomonas fluorescens* KFRI 00194 for 8 hr at 25°C.

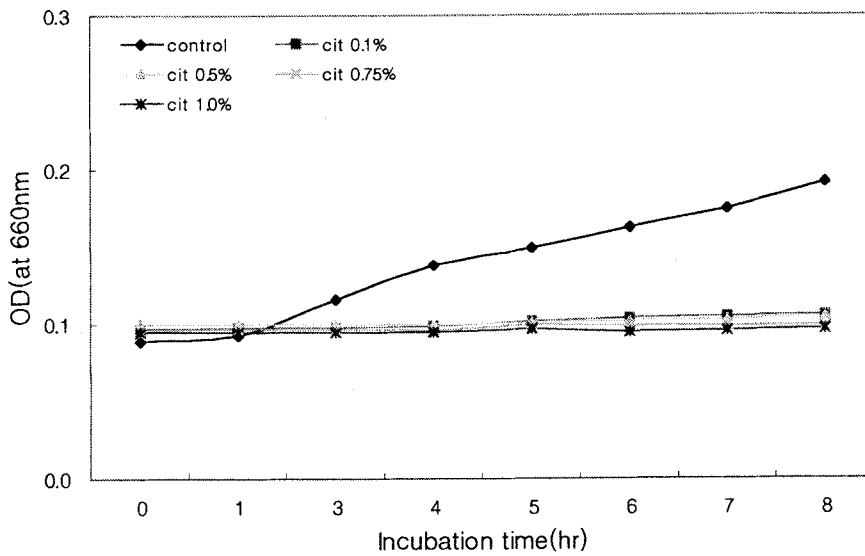


Fig. A33. Inhibitory effects of citric acid against *Salmonella typhimurium* KFRI 00191 for 8 hr at 35°C.

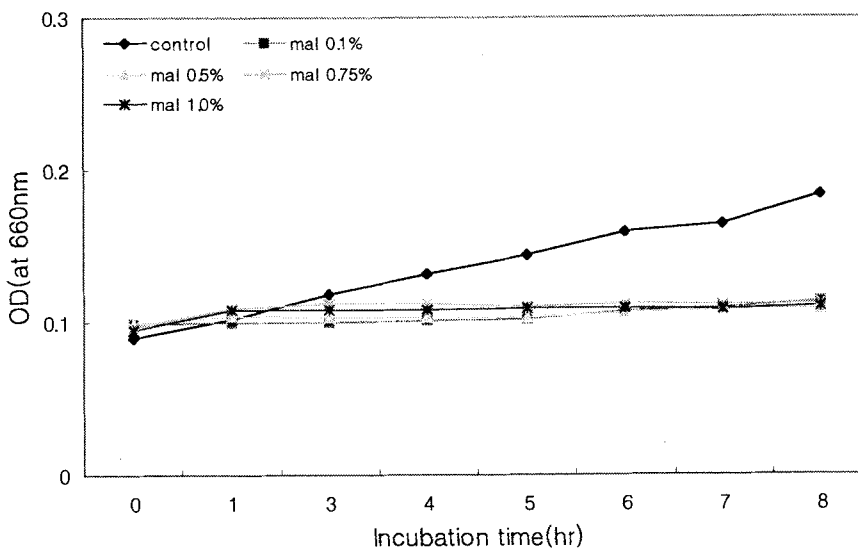


Fig. A34. Inhibitory effects of malic acid against *Salmonella typhimurium* KFRI 00191 for 8 hr at 35°C.

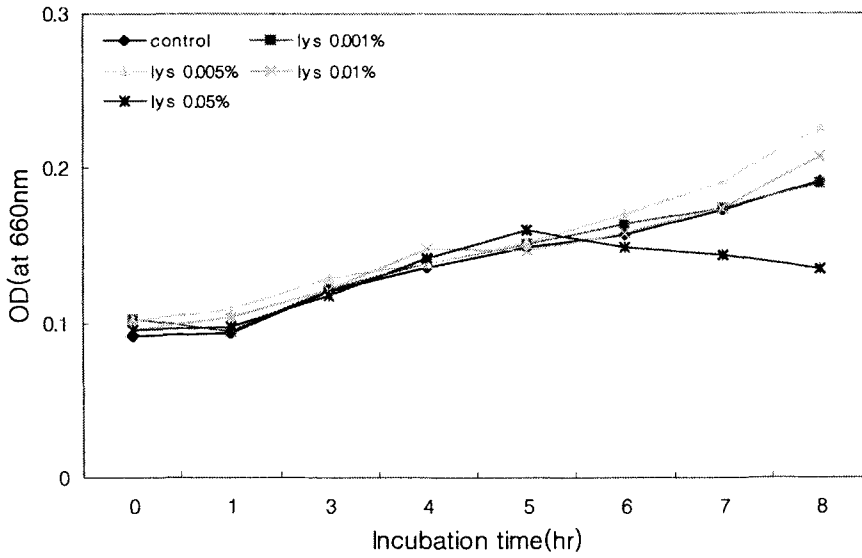


Fig. A35. Inhibitory effects of lysozyme against *Salmonella typhimurium* KFR1 00191 for 8 hr at 35°C.

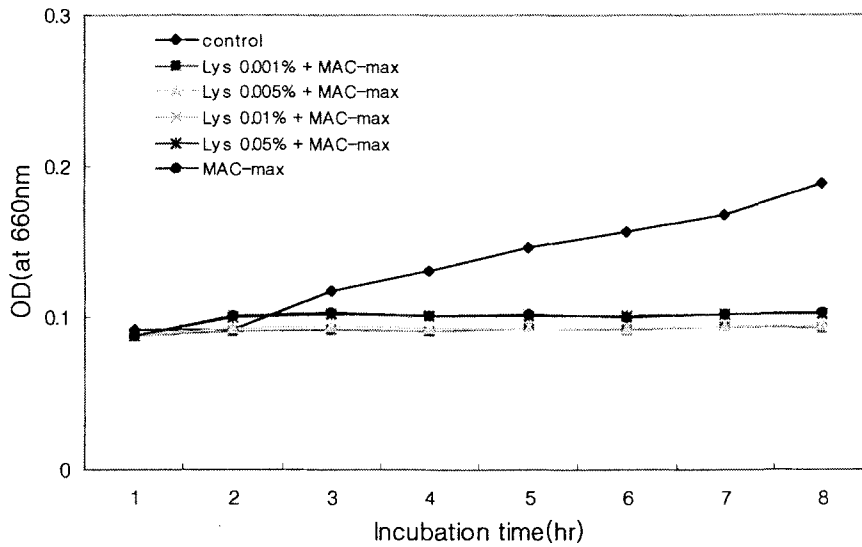


Fig. A36. Inhibitory effects of lysozyme + MACmax against *Salmonella typhimurium* KFR1 00191 for 8 hr at 35°C.

부록 2:

신선편의 과채류 제조 표준공정 및 위해요소 중점관리

제 1 절 표준공정

1. 원료 반입

사용 원료의 품질은 최종제품에 지대한 영향을 미치는 바, 아래의 사항에 대한 관리·검사가 필수적이다.

- 원료 농산물의 급격한 온도 변화 여부
- 원료 농산물의 결함(명, 흠집, 운송중의 냉해, 곤충피해 등) 발생률 및 발생여부
- 반입창구의 구획화(사방이 막혀있을 것 등), 조명관리, 온도관리(10℃ 수준)
- 기록
 - 원료수급 계획서와 명세서 비교
 - 결함내용
 - 반입날짜

2. 원료 저장

사용 원료의 저장은 교차오염(완제품과 분리 등), 상극원료 분리(사과와 양상추 등), 물리적 피해방지(수직하중 피해, 충격으로 인한 명 등)과 선입선출의 개념이 필수적이다.

- 원료의 특성에 따른 온도관리
- 기록: 저장 관리 대장 등

3. 예비세척 및 선별

- 차가운 세척수(필요시 염소수 사용)로 오염물(진흙, 먼지 등) 제거

- 부적절한 원료(부패된 원료 등) 제거

4. 박피 및 절단

- 원료 특성에 따른 박피(수작업이 가장 적절하나, 마찰식 박피기 등의 기계류 사용시에는 원료의 특성을 고려할 것)
- 박피에 따른 외피 제거(세척수 분사 방식 등)
- 원료 특성에 따른 절단
- 절단기구(칼, corer 등) 관리: 예리도, 위생상태

5. 선별 및 세척

- 생리학적 결점 조각 및 자투리 조각 등
- 선별 기계(색채 선별기, shaker screen sizer 등)의 관리 및 위생상태
- 차가운 세척수(일반적으로 0℃가 적절하며, 필요시 염소수 사용)로 세척
 - 절단 단면의 세포즙액 제거, 오물, 미생물 오염을 감안할 것
 - 세척액의 온도, 접촉시간, pH 및 염수함량 등
 - 침지식 세척시스템의 세척액 상태
 - 세척후 절단 원료의 표면온도
- 세척 기계(세척시스템의 이송 운반대, 침지식 세척시스템의 침지탱크, 분무식 세척시스템의 분무노즐 등)의 관리 및 위생상태
- 염소수 사용시: 염소함량 측정(BOD 검지기 등 염소측정용 기구)
 - ※ 염소는 기체 또는 액체 상태(sodium/calcium hypochlorite)로 주입되며, 현재 식품가공시에는 총 염소함량 200ppm까지 사용이 가능하나 일반적으로 50~100ppm이면 효과를 볼 수 있다. HOCL 형태의 염소는 중성 또는 약산성 pH에서 살균효과가 좋으나, pH 7.5를 훨씬 상회할 경우 염소성분이 비활성화되어 살균효력이 상실된다.
 - ※ 염소성분은 일부의 갈변억제 기능이 있으나, 염소농도가 너무 높을 경우

에는 제품손상, 유통기한 감소, 이머 및 이취의 우려가 있다.

5. 탈수 및 포장

- 탈수 기계(강제송풍기, 원심분리기 등)의 관리 및 위생상태
 - ※ 강제송풍기의 경우 제품의 표면물기 제거나 표면의 구석진 곳 혹은 틈의 탈수에 효과적이거나, 미생물 등의 오염에 주의하여야 한다.
 - ※ 원심분리기의 경우에는 작업효율이 좋으나, 세포 및 조직손상 등에 주의하여야 하며, 원심분리 시간과 속도관리를 철저히 하여야 한다.
- 포장 기계(밀봉기, 금속탐지기 등)의 관리 및 위생상태
- 계량 기록
- 포장 및 포장상태
 - 포장상태
 - ※ 불완전 내포장의 경우 산소농도가 높아져 갈변을 유발할 수 있다.
 - 표시 사항 기록: 제조일, 로트번호, 생산코드 등

제 2 절 위해요소 중점관리(HACCP)

HACCP(Hazard Analysis Critical Control Point)는 특정 위해요소와 이의 조절방법을 확인하는 시스템이다. 위해요소에는 생물, 화학 또는 물리적 요인이 있는 바, 생물적 위해로는 세균(*Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Salmonella* spp. 등)과 기생 생물(기생충, 원생동물 등)이 있으며, 화학적 위해에는 자연발생물(aflatoxin, scrombotoxin 등)과 화학물(살충제, 항생제 등)이 있고, 물리적 위해물로는 돌, 금속, 플라스틱, 유리, 나무, 털 등을 예로 들 수 있다. 이에 대한 조절방법으로는 공정중의 철저한 세척, 선별 및 기계류 등의 장비 관리가 우선되어야 하며, 원료내역 및 판매관리도 중요하게 다루어져야 할 부분이다. 참고로 Table A1은 HACCP의 7가지 기본원칙(NACMCF, 1992; FLAIR, 1994)을 요약한 것이다.

신선편의 과채류에 관련된 병원성 세균으로는 *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolytica*, *Aeromons hydrophila* 등을 알려져 있으며, 이들은 부적절한 공정 및 위생관리, 냉장유통중의 온도관리 미흡 등의 원인으로 그 가능성이 높아진다. 본 연구에서는 HACCP의 7가지 기본원칙을 중심으로 하고, FLAIR HACCP 사용자 지침서에서 추천하는 14단계 기준을 적용하여 절단 과채류의 생산과 유통 과정에서 미생물 안전성을 확보하고자 하였다.

1. HACCP 연구 범위

소포장 절단 과채류 제품의 생산과 유통과정에서 미생물(세균) 안전성을 확보하고, 전체적인 미생물학적 품질을 강화하는 것임.

2. HACCP 작업팀 선발

경영진과 종업원이 함께 참여한 전문 작업팀이 필요하며, 소규모의 작업팀이 중심이 되고 사내의 모든 직원들의 참여(교육 및 훈련)가 필요함.

3. 제품정보 수집

국가별 유통온도, 유통기한(또는 제조일 표시) 및 기타 표시사항 등에 대한 정보를 확보하여야 하며, 품목별 제품 특성(물리화학적 일반특성, 성분 등)에 대한 정보를 수집하여야 함.

4. 제품의 흐름도

원칙적으로 생것의 상태로 소비되며, 대형 할인마트 및 슈퍼 등을 통해 소비자에게 유통된다.

5. 제품의 사용용도

원재료의 수확에서 최종제품의 소비단계까지의 전단계를 구체적으로 확인하여, 각 단계별로 간단 명료하게 구분하여야 한다.

6. 제품의 흐름도 확인

작업팀원 모두가 흐름도가 정확하고 완전한지를 현장에서 직접 검증하고, 전환기(주야간 또는 주말 등)에도 전체적으로 유효한지를 확인한다.

7. 위해요소 분석 및 방지책(원칙 1)

원료 농산물, 사용 장비, 작업자, 기타 재료 등에 대한 미생물오염(특히, 병원성 미생물) 등의 위해요소를 분석한다. 방지책이란 위해요소를 완전히 제거하거나 허용한계 이하로 발생 빈도를 줄일 수 있는 일련의 작업이나 활동을 의미한다.

8. 중점관리대상 선정(원칙 2)

중점관리사항(CCP, Critical Control Point)이란 적절히 조절을 가할 경우 식

품 안전성에 위해를 미치는 요소를 제거하거나 허용 수준이하로 낮출 수 있는 부분, 단계, 또는 공정 절차라고 정의할 수 있다. 제 7단계에서 이미 선정된 모든 위해요소가 반듯이 언급되어야 함은 두말할 나위가 없으며, 대상 제품이나 제조 공정의 특성과 복잡한 정도에 따라 확정된 중점관리사항의 숫자는 달라지며, 기본적으로 연구단계에서 규정할 수 있는 중점관리사항의 수는 제한이 없지만, 참고로 Table A2에는 신선 편의식 과채류 제품의 생산에 있어 병원균의 오염 및 증식이라는 위해요소에 대해 방지책으로 사용할 수 있는 방법과 아울러 확정된 중점관리사항을 예시하였다.

일반적으로 원료 공급업자로부터 구입할 때 수확후 과채류는 냉장하지 않은 상태로 제조공장에 이송된다. 수확 직후 신선 채소의 초기 또는 현장 열기를 제거하여 품온을 낮추고자 반입된 원료를 급속 냉각시키는 것(CCP 1)은 병원균이나 오염 미생물의 생육을 억제하고, 효소 활성 및 호흡 대사를 제한하며, 제품의 수분 손실과 에틸렌 생성을 줄이는데 필수적이다. 이러한 예냉 작업은 온도 관리의 첫 단계로서 (Hardenburg et al., 1990), 상추와 같은 엽채류의 경우 진공 예냉, 과채류나 근채류에는 냉수 예냉이 상업적으로 주로 사용되는 표준 냉각방식인데, 진공 예냉처리를 할 때 발생하는 수분 손실(약 1.5~5% 범위)은 원료를 사전에 수침하거나 표면에 물기를 분사해줌으로서 상당히 줄일 수 있다. 원재료(CCP 2)와 최종제품(CCP 11) 두 가지 모두를 냉장하는 것이야말로 병원균 증식을 효과적으로 억제할 수 있는 최우선 중점관리사항으로서 저온 저장이란 단일 공정만으로도 허용한계 수준까지 위해요소가 증가하지 못하도록 조절할 수 있다. 그러나 여러 공정단계를 종합적으로 놓고 보았을 때는 위해요소가 허용한계 이상으로 증가할 수도 있으므로 결국, 위해요소의 잠재적 증대(CCP 4) 가능성을 제한하기 위해서는 가공처리 작업장의 온도 역시 낮게 조절해야 한다. 신선 편의식 과채류 제품의 제조과정이 철저하게 냉장 체인으로 이루어질 때만 저온성 병원균의 번식을 막을 수 있다(Anon, 1988, Scandella & Leteinturier, 1989). 원재료(CCP 5)의 손질 과정에서 외엽 제거는 제품의 전체적인 오염정도를 줄이는데 필수 단계로서(Garg et al 1990), 시들거나 점질물이

물은 손상 염부를 제거하면 전체 품질은 향상되지만 그럼에도 불구하고 미생물은 주변 염부의 표면 수분층을 통해 성장점 근처의 깊숙한 속잎까지도 파고든다. 한편 작업자에 의한 오염은 작업장에 들어오고 나갈 때 보호 장구(위생모, 장갑 등)를 바꾼다던가 작업전 반듯이 세수를 하고 질병의 유무를 사전 보고하는 등의 개인 위생관리를 철저히 하며 동시에 지속적인 교육을 반복함으로써 상당히 억제할 수 있다(ICMSF, 1988, Scandella & Leteinturier, 1989). 또한 공장 내부는 병원균의 오염이나 증식을 방지하기 위해 온도 제어는 물론 위생 장비 및 시설물의 구조를 잘 고안하여 운영해야 한다. 세척 작업이 효과적으로 이루어지게 되면 가공 잔해물이 모두 제거되어 미생물이 자랄 수 없고 그로 인해 제품이 오염되지 않으며, 아울러 소독 과정을 통해 표면에 잔류하는 어떠한 미생물도 깨끗이 없앨 수 있다(CCP 3, CCP 6, CCP 9). 작업장에서 가공 폐기물을 제때 치우는 것도 위생 상태를 유지하는데 있어 필수적인 과정이며 (Brown & Gould, 1992), 알맞은 저장 설비 및 저장 용기를 적절히 사용하는 동시에 쓰레기 처리 시스템을 잘 고안하여 가동함으로써 제품의 미생물 오염을 방지하여야 한다. 식품 가공장비 측면에서도 절단기나 세절기는 일반적으로 기계 구조가 복잡하여 세척이 용이하지 않고 이로 인해 세균이 번식할 수 있기 때문에 잠재적 오염원(CCP 6) 역할을 할 수 있다(Garg et al., 1990). 더욱이 모터나 변속 장치에서 발생한 열이 기계 전체로 발산되지 않을 경우, 특정 부위가 가열되어 미생물 번식에 적합한 온도조건이 형성될 수도 있다(Brown & Gould, 1992). 단순 세척(CCP 7)만으로는 과채류에 잔류하고 있던 미생물이 부분적으로 제거될 뿐이므로(Garg et al., 1990), 흔히 세척수에 구연산, 숯산, 잿산, 항생제 등의 항균성 물질을 첨가하여 제균 효과를 향상시킬 수 있다. 그러나 대부분의 경우 유효 염소함량 50~100 ppm의 hypochlorite 용액을 주로 사용하는데(Adams et al., 1989), 이때 소독제로서 염소제제의 효과는 첨가 농도, 접촉 시간, 온도, pH, 세척수의 유기질 함량 등에 따라 달라진다(Mazollier, 1988). 절단 과채류 제품의 저장수명을 연장하는데 있어 매우 중요한 처리가 바로 수세(CCP 8)와 원심분리에 의한 건조(CCP 9) 과정이다. 절단 공정에서 유출된 식

물체의 세포액을 수세처리에 의해 제거하고 원심 분리하여 표면의 수분을 제거하는데(Bolin & Huxsoll, 1991), 이때 수세 용수는 반듯이 음용수만을 사용하여야 한다. 한편, 가공 처리를 마친 과채류 제품의 포장시(CCP 10) 적정 투과 특성을 갖는 필름재질을 선택해야만 MAP의 효과를 볼 수 있다. 예를 들어 포장재로 선정된 필름의 기체 투과도가 낮을 경우에는 포장 내부의 산소농도가 지나치게 낮아져 결과적으로 혐기적 호흡이 유발되고, 이로 말미암아 내용물의 냄새나 풍미가 바람직하지 않게 변한다. 더욱이 혐기적 조건에서는 *Clostridium botulinum*과 같은 혐기성 병원균이 증식할 위험성도 존재한다(Day, 1992). 가열 밀봉작업 자체가 매우 세심한 주의를 요하므로 가스 분석이나 육안 검사를 통해 포장재의 밀봉 결함 여부를 확인하여야 하는데, 만일 포장에 결함이 있는 제품이 발견되면 반듯이 제거하여야 한다(Scandella와 Leteinturier, 1989). 중점관리사항으로 지정된 제조공정에 대해서는 일정 한계수준을 정하여 적절한 제어가 이루어져야 한다(제 9단계). 이들 중점관리사항은 자주 점검하여 공정 제어가 확실한지를 확인해야 하며(제 10단계), 중점관리사항이 제대로 제어되지 않는 것으로 감지될 때에는 바로 수정 조치가 이루어질 수 있도록 HACCP 계획을 설계해야 한다(제 11단계).

9. 중점관리사항의 한계기준 설정(원칙 3)

한계기준이란 허용 또는 불용을 결정하는 특정 값으로, 각각의 중점관리사항에는 위해요소를 허용한계 수준이하로 제거, 감소, 방지하기 위하여 적절히 제어해야할 한가지 또는 그 이상의 조절인자가 포함된다. 일반적으로 흔히 사용되는 조절인자로는 온도, 체류 시간, 유속, 수분 함량 또는 수분활성도, pH, 무게 등을 예로 들 수 있다. 이들 조절인자의 한계기준이란 중점관리사항의 안정성을 확보하는 경계선 역할을 하므로, 한계기준을 설정하기에 앞서 중점관리사항과 관련된 모든 조절인자를 우선 확인하여야 한다. 그 다음으로는, 어느 정도의 값 또는 수준에서 이들 각각의 조절인자가 안정성에 위해를 미치게 되는가

하는 점이다. 이러한 질문에 대답하기 위해서는 법적 기준, 지침, 문헌 자료, 실험 결과, 전문가 조언과 같은 구체적인 근거에 기초하여 한계기준에 대한 정보를 확보해야 한다. 냉장 품목인 신선 편의식 과채류의 경우, 생체의 호흡으로 인해 열이 발생하기 때문에 제품의 중심부 온도를 온도 조절시 기준점으로 잡는데, 일반적으로 4℃를 한계기준으로 정하고 있다(Anon, 1988). 특히 CCP 11 단계의 제품 온도와 채류 시간에 대한 한계기준은 CCP 2에서와 동일함을 명심할 필요가 있다. 또한 외관검사와 같은 주관적인 자료에 근거하여 한계기준을 설정할 때는 허용과 불용의 판단이 명확한 기준에 의거해야 하며, 이를 위해서는 반듯이 훈련과정이 필요하다.

10. 중점관리사항의 점검체계(원칙 4)

점검 체계란 구체적으로 모든 중점관리사항이 작업규정에 따라 운영되고 향후 확인과정에서 사용할 목적으로 수행사항을 정확하게 기록하는 일련의 관리 방법을 말한다. 이러한 점검 과정에서 중점관리사항의 적절한 제어 여부를 감지할 수 있어야 하는데 가장 이상적인 것은, 점검 체계를 통해 제어관련 정보를 제때에 얻음으로서 수정 조치를 즉각 취하여 제품을 수거하거나 불합격 처리하기 전에 제조공정을 정상적으로 조절할 수 있어야 한다. 이러한 측면에서 미생물 검사는 일정 시간을 소모해야하는 특성 때문에 중점관리상의 점검방법으로서 그다지 효과적이지 못하다. 점검 체계를 수립하여 효과적으로 이행하기 위해서는 점검해야할 사항이 무엇인지, 어떻게, 어디서, 언제, 누가 책임을 지고 수행할 것인가를 철저히 고려하여 계획을 세워야 한다.

11. 수정조치 계획(원칙 5)

점검결과 한계기준을 넘었을 경우, 즉각 수정조치 계획이 적용되어 중점관리사항이 조절될 수 있도록 조치되어야 한다. 조치가 불가능한 경우에는 즉시 처분할 수 있도록 권한이 주어져야한다. 이러한 수정조치와 처분은 항상 기록문서

로 보존되어야 한다.

12. 기록보존 및 문서화(원칙 7)

모든 중점관리사항과 관련되는 정확한 기록의 효율적 보존이 필수적이다. 모든 기록에는 작성자 서명과 날짜를 적고, 반드시 일정기간 보존해야 한다.

13. HACCP 계획안의 검증(원칙 6)

HACCP시스템이 품질관리계획과 부합하는지, 해당제품이나 공정에 적정하고 효과적인지 확인하는 검증절차에 중요성이 있다.

14. HACCP 계획안의 검토(원칙 6)

변화요인이 발생하면 자동적으로 HACCP 계획안을 검토하도록 하는 체계를 구축하여야 한다.

Table A1. Summary chart of the seven HACCP principles (FLAIR, 1994)

-
-
1. Identify the potential hazard(s), associated with food production at all stages from growth, processing manufacture and distribution until the point of consumption. Assess the likelihood of occurrence of the hazard(s) and identify the preventive measures for their control: Hazard Analysis.
 2. Determine the points/procedures/operational steps to be controlled to eliminate the hazard or minimize its likelihood of occurrence: identification of Critical Control Points(CCP).
 3. Establish critical limits which must be met to ensure each CCP is under control.
 4. Establish a monitoring system to ensure control of the CCP by scheduled testing or observation.
 5. Establish the corrective action to be taken when monitoring indicates that a particular CCP is not under control.
 6. Establish procedures for verification to confirm (by supplementary procedures and tests) that the HACCP system is working effectively.
 7. Establish a documentation system including all procedures and records appropriate to all the principles and their application.
-
-

Table A2. Identified hazard, preventive measures and determined CCPs in each step of the production of minimally processed vegetables

Process step	Hazard	Preventive measure	CCP
1 Chilling	pathogene growth	vacuum or cold water cooling, moisturing	CCP 1
2 Storage	growth contamination	temperature control, stock rotation cleaning and disinfection of storage room	CCP 2 CCP 3
3 Preparation	growth contamination	time/temperature control regular waste removal hygiene preparation area good personal hygiene and training	CCP 4 CCP 5
4 Cutting	contamination	cleaning in-place and disinfection	CCP 6
5 Washing	growth	temperature control of wash water chlorination of wash water, no reuse	CCP 7
6 Rinsing	growth	drinking water, no reuse	CCP 8
7 Centrifugation	contamination	cleaning in-place and disinfection control of centrifugation speed and time	CCP 9
8 Packaging	contamination	hygiene of packaging machine integrity test	CCP 10
9 Labelling			
10 Packaging			
11 Storage	growth	temperature control, stock rotation	CCP 11

부록 3:

Fresh-cut 과채류 제품의 경제성 분석

Fresh-cut 과·채류의 전처리를 통한 완제품 생산에 소요되는 비용을 산정해 보고자 한다.(인건비, 시설비, 감가상각비, 수도세, 전기세 등은 제외, 완제품에 이용되는 순수비용만을 산정) 먼저, dipping 방법과 spray방법으로 구분하여 10,000개의 slice 제품을 생산시 전처리에 이용되는 solution의 비용을 산정하였다(Table A3, A4).

Table A3. Fresh-cut 과·채류의 전처리에 이용되는 solution 비용의 산정내역

처리방법	재료명	소요량(kg)	단가(원/kg)	소요액(원)
Dipping Method	Malic acid	10	2,400	24,000
	Ascorbic acid	7.5	12,000	90,000
	CaCl ₂	7.5	5,000	37,500
	Lysozyme	0.05	95,200	4,760
계				156,260
Spray Method	Malic acid	0.27	2,400	648
	Ascorbic acid	0.21	12,000	2,520
	CaCl ₂	0.21	5,000	1,050
	Lysozyme	0.0014	95,200	133
계				4,351

Table A3에서 나타낸 것과 같이 dipping 방법이 spray 방법보다 약 36배의 비용이 더 소비되나, dipping에 이용되는 처리액을 5~10회 정도 재활용한다면 약 4~7배의 비용이 더 소비되는 것으로 추정할 수 있다. 이는 미생물 저해효과에 따른 fresh-cut 과채류의 장기간 품질유지 측면과 함께 고려한다면 dipping 방법이 더 효율적일 수 있으리라 사료된다.

이를 종합한 결과, 1개의 슬라이스를 완제품화 할 때에 소요되는 비용은 Table A4와 같다(포장재는 150mm×200mm의 0.05mm P·P film을 이용).

Table A4. 1개의 슬라이스 완제품에 소요되는 비용의 산정 내역

처리방법	Times of recycle	Solution 비용(원)	포장비 (원)	재료비 (원)	기타비용 (원)	합계 (원)
Dipping Method	5 times	3.9	25	a	β	28.9 +a+β
	10 times	2.2	25	a	β	27.2 +a+β
Spray Method		0.4	25	a	β	25.4 +a+β

부록 참고 문헌

1. NACMCF (National Advisory Committee on the Microbiological Criteria for Foods). Hazards Analysis and critical Control Point System (adopted March 20, 1992). *Int Food Microbiol.* 16: 1-23 (1992)
2. FLAIR (FOOD LINKED AGRO INDUSTRIAL RESEARCH). Concerted Action N7 *Food Safety based on the application of Hazards Analysis and critical Control Point.* HACCP User Guide (1994)
3. Hardenburg, R.E., Watada, A.E. and Wang, C.Y. *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks.* Agriculture Handbook number 66, United Department of Agriculture (1990)
4. Anon Dispositions concernant le produit fini, pp. 10-11. In: Guide de Bonnes Pratiques Hygienes Concernant les Produits Vegetaux Prets a l'Emploi. Dits de IV Gamme, Ctifl, Paris, France(1998)
5. Scandella, D. and Leteinturier, J. *La 4^{eme} gamme.* Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Legumes, Paris (1989)
6. Garg N., Churey, J.J. and Splitstoesser, D.F. Effect of processing condition on the microflora of fresh-cut vegetables. *J. Food Prot.* 53: 701-703 (1990)
7. Brown, M.H. and Gould, G.W. Processing, *In Chilled foods.* Dennis, C. and Stringer, M. (Eds.). A comprehensive guide. Ellis Horwood, New York, pp. 111-146 (1992)
8. Adams, M.R., Hartly, A.D. and Cox, L.J. Factors affecting the efficacy of procedures used in the production of prepared salads. *Food Microbiol.* 6: 69-77 (1989)

9. Mazollier, J. IV^e gamme. Lavage-desinfection des salades. Infos CTIFL 41 (1988) McEvily, A.J., Iyengar, R. and Otwell, S. Sulfites alternatives prevents shrimp melanosis. Food Technol. 45(9): 80-86 (1991)
10. Bolin, H.R. and Huxsoll, C.C. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. J. Food Sci. 56: 60-62, (1991)
11. Willocx, F., Hendrickx, M and Tobback, P. The influence of temperature and gas composition on the evolution of microbial and visual Quality of minimally processed endive. in Minimal Processing of Foods and Optimization: An Interface (Singh, R.P and Oliveria, F.A.R., eds), pp. 475-492, CRC press (1994)