

최 중
연구보고서

GA0681-

저온냉각수를 이용한 신선 잎채소류의
냉수냉각 및 세척처리 기술 개발

Development of Hydrocooling and Washing Technology
for Fresh Leafy Vegetable

연 구 기 관

한 국 식 품 연 구 원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “저온냉각수를 이용한 신선 잎채소류의 냉수냉각 및 세척처리 기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007 년 5 월 24 일

주관연구기관 : 한국식품연구원
총괄연구책임자 : 김 병 삼
세부연구책임자 : 차 환 수
세부연구책임자 : 권 기 현
연 구 원 : 최 정 희
연 구 원 : 도 정 룡
연 구 원 : 이 명 기
연 구 원 : 장 민 선
연 구 원 : 박 신 영
참 여 기 업 : 에스이테크(주)
참 여 기 업 : 타프기계 (주)

요 약 문

I. 제 목

저온냉각수를 이용한 신선 잎채소류의 냉수냉각 및 세척처리 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

잎채소류중 쌈채소류와 같은 세척농산물, fresh-cut 농산물 등 신선편의농산물의 유통은 최근들어 급속도로 증가하고 있으며 소비자의 편의성 추구하고 저온유통체계의 점진적 구축등에 힘입어 계속 증가 추세에 있다. 그러나, 쌈채소류는 신선편이채소류 즉, 샐러드와 같은 fresh-cut 채소류와는 달리 원형이 그대로 유지되어 유통, 섭취되어지는 특징이 있다. 특히 원형을 유지하여 유통하여야 하기 때문에 기존 fresh-cut 채소류에 비하여 세척이나 탈수 공정에 있어 새로운 기술이 요구되어진다.

따라서 본 연구에서는 쌈채소류로 이용되는 엽채류의 신선편의 유통을 위한 제조 공정에 필요한 저온냉각수 제조기술, 냉수냉각 기술, 조직손상이 최소화된 세척 기술 및 저온유통에 필요한 관련 기술을 개발하여 고품질의 안전성이 확보된 엽채류의 유통을 기하고자 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구에서는 쌈채소류로 이용되는 주요 잎채소류에 대하여 저온냉각수를 이용한 냉각, 세척, 탈수 및 유통을 위한 관련 기술을 개발하고자 하였으며 주요 내용과 범위는 다음과 같다.

- 잎채소류의 급속 냉수냉각(rapid hydrocooling) 및 세척을 위한 저온냉각수 제조 기술 개발
- 잎채소류의 초기 선도 유지를 위한 Hydrocooling 기술 개발
- 잎채소류에 적합한 세척장치 및 관련 기술 개발
- 저온냉각수를 이용한 hydrocooling 및 세척 일관 시스템 구축

- 기계적으로 냉각, 세척한 최종 제품의 저온유통중 품질 유지 분석

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 아이슬러리를 이용한 2℃이하의 저온냉수 제조기술이 개발되었으며 실제 냉수 장치 작동시 1℃ 부근의 냉수 공급도 가능하였다. 냉각수 제조장치는 스크래퍼방식의 열교환시스템을 이용하여 아이스슬러리를 제조한 다음 용수와 열교환시켜 시간당 0.35톤의 냉수를 공급하게 제작되었다.

2. 채소류 5종(상추, 깻잎, 치커리, 청경채, 쑥갓)에 대하여 2℃와 5℃ 부근의 냉수를 이용하여 냉수냉각 처리 기술을 개발하였으며 냉각은 세척과 병행하여 행하였다. 품목에 따라서 차이가 있었지만 25℃이상의 품온에서 5℃까지 냉각시키는데 2~3분 내외가 소요되었으며 반냉각시간은 29~62초로 나타났다. 2℃ 냉수로 냉각한 경우 5℃냉수에 비하여 냉각시간을 더 단축할 수 있었으며. 아울러 냉각, 세척수의 온도가 낮을수록 세척후 채소류의 선도유지 효과가 컸다. 채소류를 수확 후 2~24시간 지연해서 냉수냉각처리한 경우 지연 시간이 길어질수록 중량감모율, 표면색도 및 관능적 품질 등 선도저하가 컸으며 총균수와 대장균군 수도 높게 나타났다. 냉수처리 온도와 처리시간에 따른 유통중 쌈채소류의 조직 장해 현상을 조사한 결과 1℃ 냉수로 처리한 경우는 15분, 5℃이상의 물로 처리한 경우는 6~8분 이후는 장해 현상이 발생하였다. 또한 처리수 온도와 처리시간에 따른 관능적 품질 평가 결과 물 온도가 낮을수록 처리시간이 4분 이내로 짧을수록 유통중 관능적 품질 평가 점수가 높게 나타났는데, 가능한한 6~8분 이상 처리한 경우는 오히려 유통기한을 단축시키는 결과를 가져왔다.

3. 잎채소류 세척기는 2조식으로 제작하였으며 세척조 제원은 1조는 2,500(L) × 2800(W) × 420(H) mm, 2조는 3,200(L) × 2800(W) × 420(H) mm 로 제작되었다. 세척은 수압과 공기압을 이용하여 손세척에 비하여 조직 손상을 낮추고 세척 속도를 향상시킬 수가 있었다. 채소류의 외형적 특성에 따라 노즐의 각도와 압력을 조정함으로써 세척 효과와 조직 손상을 줄일 수 있었는데 품목에 따라 다소 차이가 있었지만 적정 운전 조건은 수압 0.7kg/cm², 공기압 0.5kg/cm²로 나타났으며 시간당 약 0.5톤의 채소를 세척할 수 있었다. 채소류 세척 공정에 염소수와 함께 살균세정제, 계면활성제 및 산도조절제를 첨가하여 행하였을 때 미생물 저감 효과

가 증가되었다. pH 조절시는 빙초산을 이용하여 pH 3으로 조절한 경우 살균 효과가 컸으며 시판 세정제나 살균제의 경우 세척 후 2 log scale 정도 감소하였으나 염소수 100ppm 사용한 경우에 비하여 큰 차이는 없었다. 옆채류에 적용할 수 있는 탈수기가 원심식 탈수기를 변형하여 제작되었는데 품목에 따라 차이는 있지만 조직에 큰 손상없이 양호한 탈수율을 나타내었으며 수분 함량이 10% 이하로 탈수되었을 때 유통중 품질 유지 상태가 양호하였다. 특히 상추의 경우는 회전수 80rpm에서 92%의 탈수율을 나타내었다.

4. 세척과 냉각이 병행해서 이루어질 수 있는 일관시스템이 구축되었으며 저온수는 아이스슬러리 방식을 이용하여 2℃ 이하의 냉수 공급이 가능하였으며 세척은 2조식으로 구축하였고 세척 후 폐수는 재활용이 가능하도록 하였다. 실제 쌈채소류와 녹즙용 채소류에 대하여 현장 적용 시험이 행해졌다.

5. 채소류 5종에 대하여 냉수 온도(1℃, 6℃ 및 지하수)를 달리하여 세척, 냉각한 후 PP bag과 PETE tary에 포장하여 4℃와 10℃에 보관하면서 품질 변화(중량감, 모율, 비타민 C 유지율, 호흡속도, 표면색택, 미생물수, 관능적특성)를 조사하였다. 품목에 따라 차이는 있지만 현행 소비지 판매대의 온도인 10℃에서는 1℃ 냉수로 세척한 경우는 3일 이상 유통이 가능하였으나 6℃ 이상의 물로 세척한 경우는 3일 이상 판매가 어려운 것으로 나타났다. 그러나 4℃에서 유통할 경우는 냉수 온도와 포장 용기 및 품목에 따라 차이가 있지만 3~6일 유통이 가능한 것으로 나타났다.

6. 이상의 연구 결과는 제한된 품목에 한하여 연구가 행해졌기 때문에 향후 다양한 품목과 생산, 유통 여건을 고려한 연구가 추가로 이루어지기를 바란다. 아울러 향후 쌈채소류와 같은 신선 채소류는 산지에서 세척후 유통되는 물량이 증가할 것으로 예상되기 때문에 안전성과 신선도를 확보할 수 있는 시설 투자와 함께 지속적인 연구 지원이 병행되어 이루어지기를 바란다.

SUMMARY

I. Title

Development of hydrocooling and washing technology for fresh leafy vegetable

II. Objective and Importance

Recently, demand of fresh-cut products such as washed vegetable are rapidly increasing because of its convenience and cold-chain system. However, most vegetables which used for wrapping cooked rice and bulgogi should be washed, packed and distributed. Therefore, new washing and dehydration technologies should be newly developed.

In this study, chilled water manufacturing, hydrocooling, washing and freshness prolongation technologies were studied in order to distribute for fresh-cut vegetable with high quality and safety.

III. Contents and scopes of research

This study was conducted to develop the new technologies such as chilled water manufacturing, hydrocooling, washing and freshness prolongation technologies were studied in order to distribute for fresh-cut vegetable with high quality and safety. The research scope was as follows.

- chilled water manufacturing technology for rapid hydrocooling and washing
- hydrocooling technology for keeping the freshness in initial postharvest stages
- washing and its related technologies for leafy vegetable

- construction of overall hydrocooling and washing system for leafy vegetable
- freshness extension of washed leafy vegetable during distribution

IV. Results and recommendation

1. Chilled water manufacturing apparatus was designed and manufactured using scraper type heat exchanger combined with ice-slurry maker. 0.35M/T of 1~2°C chilled water could be supplied from 15°C water within one hour. In order to manufacture below 2°C chilled water, 10% propylene glycol was utilized with heat medium.

2. Combined hydrocooling and washing technologies were developed for five kinds of leafy vegetable such as leafy lettuce, sesame leaf, crown daisy, pak choy, chicory using 2 and 5°C chilled water. In order to cool vegetables from 25°C to 5°C, 2 to 3 minutes was required and half cooling time was 29 to 62 seconds. When cooled by 2°C chilled water, hydrocooling time was shortened compare to cool by 5°C chilled water. Also, the lower water temperature, the more fresh for the washed vegetable. Delayed hydrocooling was influenced for keeping the freshness and microbial load after harvest. Washing and hydrocooling treatments were recommended within 6 to 8 minutes in order to avoid chilling injury and extending the market-life.

3. Washing machine was designed with 2 stages and its dimensions were 2,500(L) × 2800(W) × 420(H) mm and 3,200(L) × 2800(W) × 420(H) mm. The major principle for washing leafy vegetable was using air and water pressures in order to decrease damage ratio and enhancing washing capacity during washing process. The optimum operation condition of water pressure and air pressure were 0.7kg/cm² and 0.5kg/cm², respectively. When washed with the capacity of 0.5M/T per hour. Washing aids such as surfactant, washing pH adjusting agent, chlorine and so on, were used for improving the washing effect. By using them, microbial load was decreased by 2 log scale level

comparing to initial load after harvest. and 100 ppm chlorine was can be used effectively. Dehydration machine was designed by modification of conventional centrifugal dehydation machine. Dehydration ratio of below 10% moisture content was effective keeping freshness during distribution. Especially, its optimal operation condition was 80 rpm and its dehydration ratio was 92% at same condition.

4. Combined washing and hydrocooling system was constructed. Chilled water was supplied with below 2°C and washing was performed by 2 stages. Also, waste water could be reused by special process. Local experiments for leafy vegetable and green vegetable juice processes were carried out in order to extend the technology in local areas.

5. Freshness keeping experiments at 4 and 10°C were carried out in order to improving market-life of five washed leafy vegetables using chilled water(1°C, 6°C and 16°C) and packing by PP bag and PETE tray. The weight loss ratio, vitamin c content, respiration rate, surface color, microbial load and sensory test were performed during 9 days. By washing leafy vegetable with 1°C chilled water, market-life was above 3 days at 10°C and 3 to 6 days at 4°C.

6. In future, further studies should be carried out for various produce and under various distribution situations. Also, more researches for washed vegetable were required for improving the freshness and the safety because supply and demand of fresh-cut vegetable will be increased continuously.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction

1. Objectives
2. Necessity
3. Scope

Chapter 2. Research trend of related technologies

Chapter 3. Results and discussion

1. Development of chilled water manufacturing technology
2. Development of hydrocooling technology of leafy vegetable for leafy vegetable
3. Development of washing and related technology for leafy vegetable
4. Construction of combined hydrocooling and washing system
5. Quality retention of washed leafy vegetable

Chapter 4. Achievements and contribution to the related area

Chapter 5. Application of results

Chapter 6. Scientific information acquired from abroad during research period

Chapter 7. References

Appendix

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

제 2 절 연구의 필요성

제 3 절 연구의 범위

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 저온냉각수 제조 기술 개발

제 2 절 일체소류의 초기 선도 유지를 위한 Hydrocooling 기술 개발

제 3 절 일체소류에 적합한 세척장치 및 관련 기술 개발

제 4 절 저온냉각수를 이용한 hydrocooling 및 세척 일관 시스템 구축

제 5 절 세척 체소류의 유통중 품질 유지 기술 개발

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 7 장 참고문헌

부록

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

잎채소류중 쌈채소류와 같은 세척농산물, fresh-cut 농산물 등 신선편의농산물의 유통은 최근들어 급속도로 증가하고 있으며 소비자의 편의성 추구하고 저온유통체계의 점진적 구축등에 힘입어 계속 증가 추세에 있다. 쌈채소류란 서구식 식문화에서는 볼 수 없는 우리의 ‘쌈’ 식문화에 이용되어지는 채소류로서 외국의 fresh-cut과는 전처리후에도 채소류의 원형이 그대로 유지되어 유통, 섭취되어지는 것이 다르다. 특히 원형을 유지하여 유통하여야 하기 때문에 fresh-cut채소류에 비하여 세척이나 탈수 공정에 있어 고도의 기술이 요구되어진다.

전처리 농산물의 유통은 국내에서는 초기 진입 단계로 기계설비나 운영기술 측면에 있어서 외국 기계류나 자료에 의존하고 있어 저온냉각수, 세척, 수냉각 등에 관해서는 국내에 축적된 자료가 거의 없는 실정이므로 이 분야에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 엽채류(잎 쌈채소류)의 신선편의 유통을 위한 제조 공정에 필요한 저온냉각수 제조기술, 냉수냉각 기술, 조직손상이 최소화된 세척 기술 및 저온유통에 필요한 관련 기술을 개발하여 고품질의 안전성이 확보된 엽채류의 유통을 기하고자 함.

제 2 절 연구의 필요성

1. 기술적 측면

잎채소류중 쌈채소류와 같은 세척농산물, fresh-cut 농산물 등 신선편의농산물의 유통은 최근들어 급속도로 증가하고 있으며 소비자의 편의성 추구하고 저온유통체계의 점진적 구축등에 힘입어 계속 증가 추세에 있다. 각종 통계 자료에 의하

면 전처리 농산물의 국내 유통은 6조에서 10조의 시장을 형성하고 있다. 그러나 전처리 농산물의 경우 유통량의 증가에도 불구하고 APC나 식자재업체에서 활용이 가능한 국내 기계류나 기술과 이를 현장에서 생산자단체들이 활용할 수 있는 현장매뉴얼화된 기술체계(기기설치기준, 관리기준, 품질기준 등) 구축이 절대적으로 부족한 실정이다. 쌈채소류란 서구식 식문화에서는 볼 수 없는 우리의 ‘쌈’ 식문화에 이용되어지는 채소류로서 외국의 fresh-cut과는 전처리후에도 채소류의 원형이 그대로 유지되어 유통, 섭취되어지는 것이 다르다. 특히 원형을 유지하여 유통하여야 하기 때문에 fresh-cut채소류에 비하여 세척이나 탈수 공정에 있어 고도의 기술이 요구되어진다.

전처리 농산물이란 수확후 정선, 세척, 다듬기, 제핵, 절단, 마쇄 등 일련의 단위공정을 거쳐 생산된 농산물을 칭하는 것으로 세척채소, 신선편의농산물, 반가공농산물, 식(자)재, 최소가공농산물 등 여러 용어로 통용되고 있다. 현재 미국에서는 fresh-cut이란 용어가 많이 통용되고 있고 일본에서는 커트야채(cut vegetables)란 용어가 가장 많이 통용되고 있으나, 우리나라의 경우는 샐러드 형태의 fresh-cut 뿐만 아니라 전통적인 식습관과 관련하여 쌈채소류처럼 원형을 유지하면서 편의채소 형태로 유통되는 경우가 특별하다.

쌈채소류의 제조 공정은 수확->다듬기->수냉↔세척->살균->탈수->포장→냉각→출하/보관 등의 단위공정이 연속적으로 저온에서 이루어지게 되어 있다. 그러나 현재 국내 생산업체의 경우 규모의 영세성 때문에 작업 공정이 저온에서 이루어지지 못하고 있으며 잎채소류의 특성상 세척중에 손상이 커서 충분한 세척을 못하고 있다. 또 병원성 미생물의 리스크가 있음에도 표면살균등의 처리가 부족하며, 게다가 샐러드처럼 원심탈수가 어려워 유통중 안전성과 신선도 측면에서 문제가 되고 있다. 특히 엽채류의 급속 수냉각, 세척 등의 공정에 필수적인 저온냉각수의 제조 기술과 설비의 국산화가 충분하지 못하여 전처리농산물 공정에서 요구되는 4℃이하(미국, 유럽등의 관리온도, 식중독균의 생육 한계 온도)의 처리나 완전한 세척이 현실적으로 충분치 못한 점이 있다. 따라서 저온냉각수를 비롯하여 엽채류의 세척기, 세절기, 탈수기 등 품목별 특성을 고려한 설비와 시스템의 국산화가 필요하다. 현재 규모가 큰 시설의 경우 핵심 시설 라인을 수입해 설치, 운영하고 있다(예: 대관령원협의 경우 양상추 샐러드 가공라인에 네덜란드 기계류

설치하였으며 현재 대규모 전처리농산물 생산라인을 추진하고 있는 S 생산자단체의 경우도 외국의 세척기와 제조라인을 수입 추진하고 있다. 그러나 향후 지속적인 정책사업에 의해 전처리 시설의 설치가 이루어진다고 고려할 때 기기나 설비의 국산화를 통한 관련 산업의 선진화와 외화절약을 강구할 필요가 있다.

쌈채소류와 같은 전처리 농산물은 그대로 식용되기도 하고 최종 제품의 소재로 활용되기도 하므로 식품 공장에 준하여 시설과 위생안전 및 품질관리가 이루어져야 한다. 쌈채소류의 경우 세척하여 소포장 유통할 경우 안전성과 신선도를 고려하면 미생물 및 품질 변화는 대부분 온도에 절대적으로 의존하여 일어나게 된다. 그러나 현재 작업공정과 환경을 보면 선진국처럼 4℃ 이하의 저온에서 공정이 유지되는 것이 아니고 상온에서 행해지는 경우가 많아 수확후 제조과정 과정에서 이미 온도에 의한 스트레스를 받아 유통중 품질 저하가 필연적으로 일어나게 되어 있다. 따라서 신선도 유지를 위해서는 전처리 초기 단계에 호흡작용을 억제하고 포장열(field heat) 제거를 위해 hydrocooling(수냉식예냉)처리를 통한 4℃이하의 저온유지로서 초기 신선도 저하를 최소화하고, 전처리·가공과정중 조직손상을 최소화한 세척과 탈수 및 저온유통이 기술적으로나 시스템적으로 개발, 보완되어야 한다.

2. 경제·산업적 측면

2002년도 농산물 유통 주요 정책 6대부문중 산지유통의 거점화와 운영개선(산지유통전문조직 육성과 산지유통시설의 운영 효율화 추진), 소비자 만족의 유통체계 정책(소비자 지향적 농식품 생산, 관리, 체계적인 식품안전 관리 대책 추진 등), 원예작물의 경쟁력 제고(원예작물의 수출 확대 적극 추진 등), 물류효율화와 도매시장 경쟁력 강화(농산물 물류 비용 절감과 물류 효율화 등) 등 대부분의 중점 추진 방향이 WTO체제하에서 시장 여건과 소비자 수요변화등 유통환경 변화에 적극적으로 대응하기 위한 전략으로 이루어져 있다.

Life-style의 변화와 유통기술의 발달로 농산물의 유통 패턴은 기존의 전처리를 하지 않은 원형(bulk 혹은 whole) 상태에서 취급과 식용이 편한 상태로 변화하고 있다. 우리나라의 식재시장 규모는 연간 약 6~10조원에 달하는 것으로 추정되고 있으며 지속적인 성장세를 고려할 때 2005년도에는 약 14조원 정도로 추정된다.

현재 우리나라의 전처리농산물은 여러 가지 형태가 유통되고 있지만 절임배추와 마늘다대기를 시작으로 박피, 절단, 세척, 소포장하여 유통하는 형태로 박피마늘, 박피양파, 쌈채소류, 박피 더덕, 절단 대파, 세척무우, 샐러드 믹스등 종류가 증가하고 있다. 최근들어서는 신금농산, 한국농수산, 싱싱원, 아워홈, CJ 푸드시스템, 삼성에버랜드, 신세계푸드시스템, 대상, 푸드머스, 두산상사BG, 동원홈푸드, 대관령원협 등이 식자재 시장에 본격적으로 진입하고 있고 심지어는 모닝샐러드 유통업체가 생겨날정도로 유통현황이 변화하고 있으며, 산지유통센터에서는 전처리농산물 공급체계를 구축하는 등 기능정립에 빠른 변화가 이루어지고 있음. 특히 전처리농산물의 공급 증가에 따라 제조 공정에 대한 기술개발, 체계적인 관리와 생산품목에 대한 안전성 문제가 중요시되고 있으며 농산물이 식품 또는 식자재 개념으로서 공급되어지는 전환점이 되고 있다..

특히 쌈채소류의 경우 우리 식생활에서 꼭 수반되는 점을 고려할 때 산지에서 이러한 공정이 이루어질 경우 생산농민들의 부가가치 제고와 관련 기기산업의 활성화가 기대되어진다. 수입 전처리 제품에 대한 경쟁력 확보: 현재 수입되고 있는 전처리 농산물은 동결채소가 대부분이나 이러한 제품은 계속 증가할 것으로 보이며 국내 여건을 고려할 때 전처리 농산물의 국내 식자재 시장 점유는 계속 증가할 것으로 보인다. 품질, 안전성, 가격 측면에서 경쟁력을 갖출 수 있도록 노력하여야 한다.

3. 사회·문화적 측면

소비자의 식품에 대한 수요가 고급화되고 산지에서 전처리되어 쉽게 소비가 가능한 최소가공농산물에 대한 소비가 증가하고 있음. 아울러 편의성과 함께 소득 수준의 증가에 따라 안전성에 대한 국민의 관심이 고조되고 있어 농식품 분야에 있어서 저온유통체계의 필요성이 인식되고 있음. 특히 전처리제품의 유통기한은 저온유통체계가 얼마나 잘 형성되었는지에 달려있다. 전처리 가공 전의 원료단계의 초기 선도관리와 가공중의 온도 및 품질 관리가 최종 제품의 유통기한에 절대적으로 영향을 미친다(신선농산물의 품질변화에 대한 온도계수 $Q_{10} = 2\sim 3$).

향후 농산물산지유통센터(APC)의 기능 재정립이 필요하다 : 향후 산지유통센터는 원료 농산물의 직출하에서 전처리하여 부가가치를 제고시켜 출하하는 형태로

도약하여야 한다. 즉 농산물이나 원예산물을 출하하는 물류기능에서 식품 또는 식품 소재를 공급하는 기능으로 전환하여야 한다. 정부의 농림 유통 정책에 있어서도 전처리한 농산물을 행정적으로 관리 또는 지원할 수 있는 체계로 강화되어야 한다. 따라서 새로 건설되는 APC는 전처리하여 상품화한 기능을 보유하게 하고 기존 APC는 이러한 기능을 보유할 수 있도록 보완, 즉 remodeling이 필요하다. 즉 식문화에 있어서 편의성 추구, 여성의 사회활동 증가, 소비자의 고선도 안전식품 요구 증가 등으로 세척, 냉각후 소포장된 전처리 농산물의 수요는 증가할 것이며 이를 위한 관련 기기와 기술들의 개발이 필요하다.

제 3 절 연구범위

본 연구에서는 찜채소류로 이용되는 주요 잎채소류에 대하여 저온냉수를 이용한 냉각, 세척, 탈수 및 유통을 위한 관련 기술을 개발하고자 하였으며 주요 내용과 범위는 다음과 같다.

- 잎채소류의 급속 냉수냉각(rapid hydrocooling) 및 세척을 위한 저온냉각수 제조 기술 개발
- 잎채소류의 초기 선도 유지를 위한 Hydrocooling 기술 개발
- 잎채소류에 적합한 세척장치 및 관련 기술 개발
- 저온냉각수를 이용한 hydrocooling 및 세척 일관 시스템 구축
- 기계적으로 냉각, 세척한 최종 제품의 유통중 품질 유지

제 2 장 국내외 기술 개발 현황

유럽의 경우 fresh-cut에 대한 연구는 20년전 프랑스에서 연구가 시작되었다. 이는 케이터링의 발전과 여성의 사회참여 등에 따라 채소 소비가 급감하고 시장 보는 횟수가 주 1회로 감소하고 음식 요리에 투자할 수 있는 시간이 줄어들게 된 데 기인한다. 1970년대 Monoprix의 Claude Chertier란 과·채류 바이어가 미국 방문시 패스트푸드레스토랑과 슈퍼마켓에서 샐러드바를 보고 프랑스에 'ready-to-eat' salad를 프랑스에 도입한 게 시초이다. 일본의 경우 커트야채협회의회에서 자율적인 관리기준을 정하여 커트야채에 대하여 위생 및 품질 관리를 하고 있으며 캐나다의 경우는 'Code of practice for minimally processed ready-to-eat vegetables'에서 이러한 관리를 하고 있다. 그러나 국내의 경우는 전처리나 세척채소에 대한 명확한 관리기준이 마련되어 있지 않은 실정이다.

현재까지 국내에서 연구된 최소가공, 전처리, 신선편의 농산물 등에 관한 논문은 최소가공, 신선편의, fresh-cut등에 관한 논문들이 21편 정도(주로 변색방지등 품질유지에 관한), 연구보고서나 연구자료가 20여편(선도유지, 포장 등), 학위논문 형태가 10여편 정도로 보고되고 있다. 그러나 이들 선행 보고들이 대부분 선도유지나 안전성과 관련하여 연구를 한 것으로 보고되고 있으나 쌈채소류에 관하여서는 많은 자료를 찾기 어려우며 특히 제조공정에 필요한 저온냉각수 제조, hydrocooling, 세척 등에 대한 하드웨어의 개발과 이용에 관한 자료는 부족한 실정이다. 현재 국내에서는 신선농산물에 대한 표면살균, 냉각, 세정처리에 대한 연구가 부분적으로 이루어졌으나 산업계 보급을 위한 연구 결과로는 부족한 실정이다. 기술을 적용한 사례를 보면 산업계에서는 이온수나 오존수 세척쌀, 오존수나 이온수로 재배 또는 세척한 채소류와 사과 등이 일부 시판되고 있음. 아울러 관련 기기(전해수제조기, 오존수제조기, 초음파세척기, 수냉식예냉기등)등도 판매되고 있으나 조직이 취약한 엽채류에 적용하는데는 한계가 있다.

특히 김등(2002)의 보고에 의하면 신선한 잎상추의 경우 총균수가 10^{4-7} cfu/g, 대장균군 10^{3-5} cfu/g으로 보고되고 있으며 대형할인점과 일부 백화점에서 유통되고

있는 셀러드 제품의 경우 총균수가 10^{5-7} cfu/g, 대장균군 10^{4-6} cfu/g으로 조사된 있다. 세척방법에 있어서는 손으로 세정하는 경우와 기계로 세정하는 경우 미생물 제거 효과 등 세척 효과에 있어 기계세정이 더 우수한 것으로 조사되었으나 세척 중 조직손상등을 최소화할 필요가 요구되었다. 그리고 세척기에 대해서는 송등(2001)이 홍삼 세척기, 정등(2002)의 토란, 감자등 근채류 세척기등에 대해 엽채류의 수냉(hydrocooling)에 대해서는 김과 정(2000, 2003) 등이 연구한 자료가 일부 있으나 세척 목적보다는 침지한 형태의 단속적인 처리로서 연속적인 공정하에서 2°C 이하의 냉각수로 4°C 이하의 저온처리나 세척을 행한 자료는 찾아보기 힘들다.

전처리(신선편의, 최소가공)된 과일 및 채소류의 수확 후 생리장해 및 갈변, 퇴색 등의 억제를 위한 관심과 연구는 최근 급격히 증가하고 있는 추세로서, 연구기관을 비롯하여 일부 대학 및 연구소에서 연구를 수행하고 있다. 관련 연구로는 주로 갈변방지기술에 중점을 두고 있으며, 아스코르빈산 및 천연 황함유 화합물 등의 환원제를 이용하는 방법, pH를 낮추어 갈변반응을 지연키 위한 구연산 등의 acidulant 사용법, Sporex나 Snow fresh 등과 같이 상품화되어 있는 chelating agent의 사용, 인산염 등의 무기염 사용과 이들을 절단표면 내부로 용이하게 침투시키기 위한 감압 및 가압 infiltration 방법, 공기중의 산소분압을 낮추기 위한 MA 또는 active packaging 방법, 각종 hurdle technology등이 보고되고 있다.

현재 전처리농산물 제조 공정에서 사용되는 저온냉각수의 제조는 shell and tube 방식이 대부분으로 이 방식은 agitating을 해주나 시간이 경과하면 파이프 주위에 얼음이 생겨 열교환능력이 저하한다. 그리고 관형열교환방식에 있어서도 적정 유속의 조절이 되지 않아 와류 형성이 원활하지 않으므로 열교환 성능이 저하되어 N_{Re} 조절에 의한 유속 증대의 필요가 있다. 뿐만아니라 냉수 제조후에도 처리조까지 이동과정에서 온도 상승으로 실제 사용 온도는 5°C 를 상회하는 경우가 많다. 따라서 제조 공정에서 필요한 4°C 이하의 냉각수를 제대로 공급하지 못한 실정이다.

프랑스의 경우 fresh-cut 채소류에 대한 유통기한은 현실적인 유통 상태를 고려하여 유통기간의 2/3는 4°C 에서 1/3은 8°C 에서 시뮬레이션을 하여 정한다.

Fresh-cut의 병원성균에 대한 기준은 *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*가 최종 제품에 없어야 한다(25g의 5개 샘플 검사). 그러나 100cfu/g의 *Listeria*는 소비 단계에서는 괜찮다. *E.coli*도 25g 5개 샘플에 대해서 100cfu/g을 초과해서는 안되며 5개중의 3개는 10cfu/g을 초과해서는 안된다. 이러한 기준은 International Commission on Microbiological Specification for Food(ICMSF:1988,1988)의 권장 조건과 유사하며 GMP 기준(guide)은 호기성중온균(aerobic mesophilic flora)이 5×10^6 cfu/g이하이어야 하고 5개 샘플중 3개는 5×10^5 cfu/g이하이어야 한다.

품질 유지를 위한 가장 좋은 방법은 제조공정부터 유통단계까지 저온을 지속적으로 유지하는 것으로 보고되고 있다(→ 커트양상추의 경우 유통기한은 2℃에서 20일인데 10℃에서는 7일). 유통기한은 미국의 경우 보통 지역 유통업체의 경우 5일 정도이나 전국적으로 공급되는 경우는 가공부터 소비자 구입까지를 고려하여 21일까지 하는 일부 업체들도 있다. 프랑스의 경우 chill chain(2~4℃)에서 유통기한은 4~6일이며 혼합가스를 충전한 환경조절포장(active and passive MAP)를 채용하고 있다. 일반적으로 전처리농산물의 유통에는 냉장수송(data logger에 의한 온도 관리), 4℃ 이하의 냉장 판매가 수반되어야 한다.

결론적으로 전처리 농산물의 유통은 국내에서는 초기 진입 단계로 기계설비나 운영기술 측면에 있어서 외국 기계류나 자료에 의존하고 있어 저온냉각수, 세척, 수냉각 등에 관해서는 국내에 축적된 자료가 거의 없는 실정이므로 이 분야에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 잎채소류의 급속 냉수냉각 및 세척을 위한 저온냉각수 제조 기술 개발

1. 저온냉각수 제조에 적합한 적정 열매체의 선정

냉수제조를 위한 2차 냉매로서 브라인으로 활용 가능한 물질은 propylene glycol, ethylene glycol, ethyl alcohol 등 여러 물질을 탐색할 수 있으나 본 연구에서는 3종류의 브라인에 대하여 농도별 빙결점에 대하여 조사하였다. 그림은 각 브라인별 농도에 따른 빙결점을 나타낸 것이며 본 연구에서는 가격, 적용 온도 및 식품첨가물서 사용이 가능한 propylene glycol을 선정하였으며 -3°C 정도에서 과냉각시켜 슬러리 상태의 얼음을 제조하기 위해 적절한 농도는 10% 내외였다.

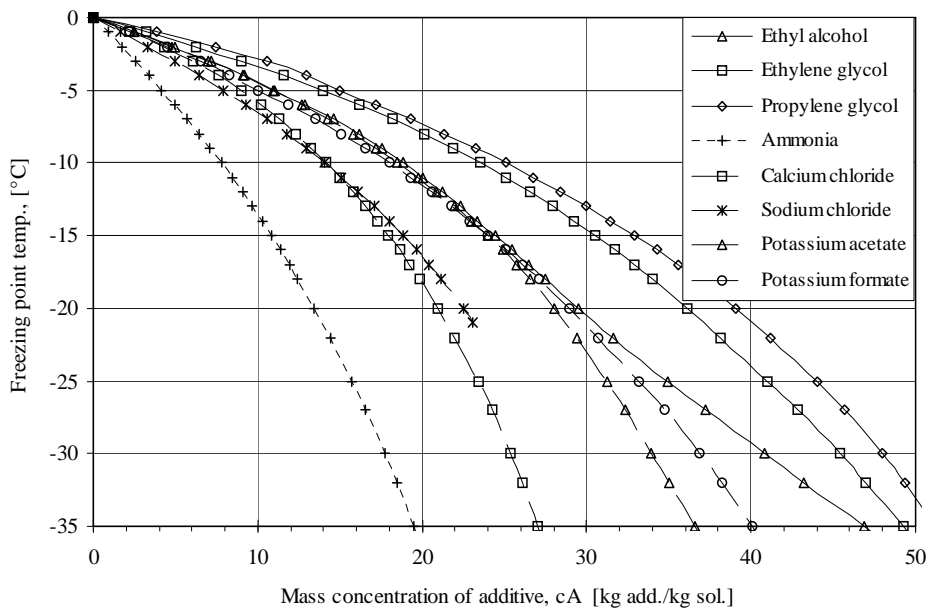


Fig. 1. Relationship between mass concentration of additive and freezing temperature.

2. 열교환 방식 개선에 의한 냉각수의 수온 강하 기술 개발

가. 저온수 제조 기술 개요

1) 저온수 제조의 어려움

- 빙점에 가까운 저온의 냉각수를 안정적으로 생산하는 것은 상당히 어려우며, 특히 일정량의 냉각수를 연속해서 사용할 경우 저온을 유지하면서 연속으로 공급하려면 저온 열교환 조건이 안정되어 있어야 하며 빙점과 가까운 온도에서의 대량의 열교환은 결빙 방지를 위해 부하의 변동에 따른 정밀한 제어 등 상당한 기술적인 보완 장치가 필요하며 까다로움.
- 저온수 제조의 구체적 방법으로 ① 냉매와 직접 열교환 하는 방식, ② 브라인을 사용하여 간접으로 냉각하는 방식, ③ 아이스슬러리 등을 이용하여 저장과 간접 냉각을 하는 방식 등이 가능하며 이들 방식은 각기 기술적인 문제점들과 장점을 갖고 있음.

2) 냉매와 직접 열교환하는 기존 방식의 문제점과 기술적 해결과제

- 전열면의 결빙으로 냉매측 운전 조건이 수시로 변동하여 운전이 불안하며
- 중.대용량(10 RT 이상)의 경우 후레온 냉매 사용이 어렵고 암모니아 냉매를 사용해야 하므로 관리가 매우 불편
- 전열 코일 내의 오일 회수가 어려워 오일이 체류하기가 쉬어 냉각 능력 저하, 시스템 운전 불가 등의 문제를 일으키며
- 소용량의 경우 후레온 냉매를 사용할 수 있으나 코일 주위에 생성된 얼음에 의한 전열이 차단되어 운전 효율이 떨어지고
- 냉매의 분포 왜곡에 의해 균일 제빙이 어려우며
- 해빙 시 냉각수의 흐름 불균일로 인하여 균일 해빙이 어렵고
- 얼음끼리의 브릿징 현상에 의한 통얼음 발생이 자주 일어나며
- 순간 해빙 능력이 떨어져 시간당 축냉량의 20% 이하만을 해빙할 수 있어 축열조 및 냉동 장비의 용량이 커지게 됨.
- 따라서 직접 냉각 방식은 소규모 용량에서의 ① 균일 제빙 및 해빙을 위한 실증적인 설계 기술과 ② 해빙 능력 향상을 위한 AGITATION 등의 기술적인 보완 ③ 대용량에서의 시설 단순화를 통한 원가 절감 기술의 개발이 필요함.

3) 간접 냉각 방식의 문제점과 기술적 해결과제

- 간접 냉각 방식은 브라인을 사용함으로써 직접 냉각 방식에 비하여 부하 변동에 따른 운전의 불안정성을 줄인 방식이나
- 급격한 부하 변동 시 열교환기 내부에서의 결빙 우려가 있고
- 간접 냉각 방식으로 운전 효율이 저하되며
- 시설이 복잡하고, 장비 용량이 커지는 단점을 극복해야 함
- 결론적으로 간접 냉각 방식에서는 열교환기 내부에서의 빙결을 막을 수 있는 제어 시스템 개발과 효율 저하를 억제할 수 있는 시스템 개발이 필요함.

4) 아이스슬러리를 이용하는 방식

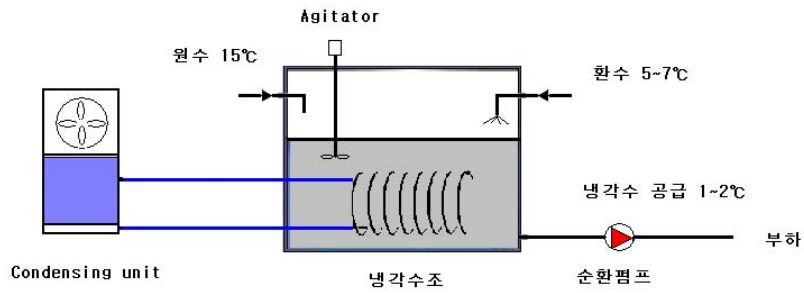
- 최근 축냉 및 2차 냉매로 급속히 보급되고 있는 아이스슬러리를 이용하는 방식은 직접 열교환 방식과 간접 방식의 단점을 극복한 저온수 생산 방식으로 아이스슬러리는 유동성 얼음을 생산하여 축열조에 보관하면서 이를 냉각수와 열교환하여 저온의 냉각수를 제조하는 방식임.
- 신뢰성과 경제성을 갖춘 제빙기의 제작이 최대의 기술적 과제임.

나. 저온수 제종 방법의 비교

1) 냉매와 직접 열교환하는 방식

① 개요 : 나관 또는 헤링본(청어뼈) 형태의 증발기 코일을 직접 축열조에 설치하고 축열조의 물을 코일 주위에 얼리며 이를 녹여서 저온수를 만드는 전통적인 방식으로 소용량에서는 간단하게 제작할 수 있는 장점이 있으나 중.대용량(10 RT이상)에서는 후레온 냉매를 사용하기가 어려운 기술적 문제를 갖고 있어 최근 잘 사용되지 않는 방식

② 계통도 및 구성



③ 장점

- 저렴한 비용
- 단순한 구성

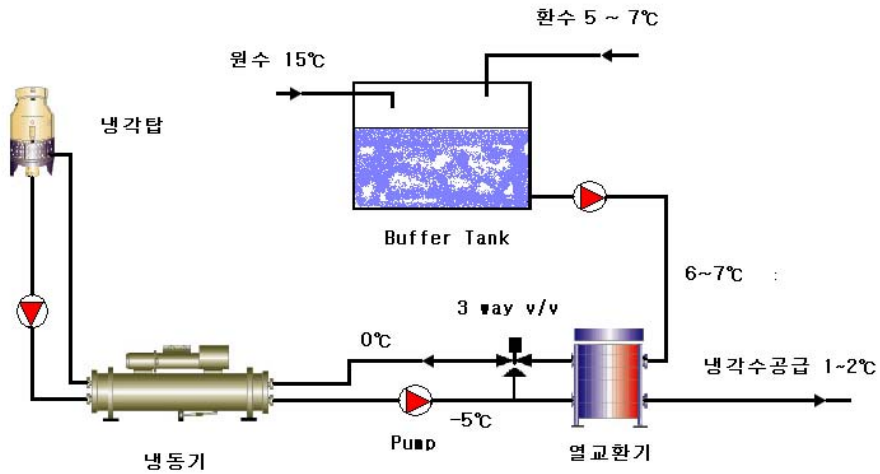
④ 단점

- 중대 용량 적용 어려움
- 하자 발생이 많음(오일 채류 문제로 장기 사용 시 100% 하자)
- 얼음의 브리징 현상 발생 시 치명적 손상 발생
- 중대용량에서는 비용이 많이 소요됨(암모니아 설비)

2) 브라인을 사용하는 간접 열교환 방식

① 개요 : 냉동기를 가동하여 $-4 \sim -5$ °C의 2차 냉매인 브라인을 생산하고 이를 열교환기에서 냉각수와 열교환하면서 1~2°C의 저온 냉각수를 얻는 방법

② 계통도 및 구성



③ 장점

- 상대적으로 안정된 운전
- 대용량이 될 수록 가격 경쟁력

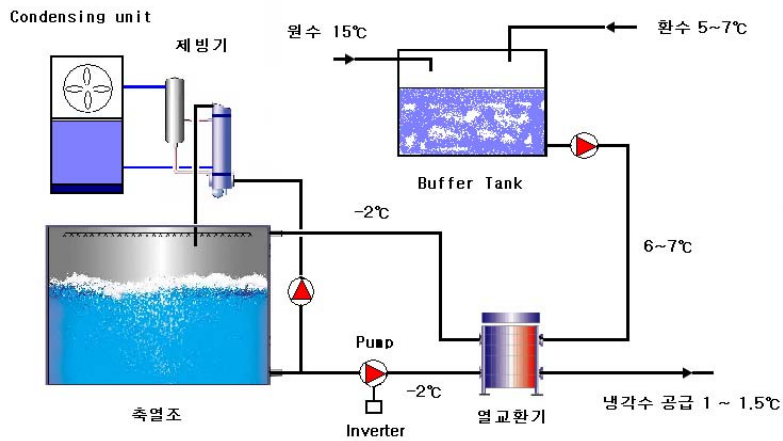
④ 단점

- 시설이 복잡함
- 초기 투자비 과다
- 시설 용량이 커짐
- 동파 우려가 상존

3) 아이스슬러리를 이용하는 방식

① 개요 : 아이스슬러리 제빙 장치를 이용하여 축열조에 아이스슬러리를 생산하여 보관하고 이를 순환시켜 열교환기에서 냉각수와 열교환하여 저온의 냉각수를 얻는 방식.

② 계통도 및 구성



③ 장점

- 설비 용량이 줄어든다(간접 냉각 방식 대비 1/3 ~ 1/4).
- 온도 변화가 적고
- 가장 낮은 온도를 안정적으로 얻을 수 있음.
- 용량이 커질수록 경쟁력이 커진다.
- 심야전력 사용으로 전력비가 적게 든다.
- 부하 변동에 적응력이 뛰어나 냉각 속도를 크게 늘릴 수 있다.

④ 단점

- 시설이 복잡하고 축열조 공간이 필요함.
- 초기 투자비 추가

다. 저온수 생산 기술

1) 열교환 조건

빙점에 가까운 저온의 냉각수 제조에서 가장 문제가 되는 것은 빙점이하의 온도를 냉각수와 열교환 하여야 빙점에 가까운 냉각수를 얻을 수 있으며 이때 빙점 이하의 온도에 의하여 냉각수측 전열면에 얼음이 발생할 수 있고 얼음이 발생되면 적층된 얼음이 단열재 역할을 함으로써 전열이 현저하게 줄어들어 효과적인 냉각이 이루어질 수 없게 된다는 것이다. 이때의 전열 면 상태를 도식화 하면 아래 그림과 같다.

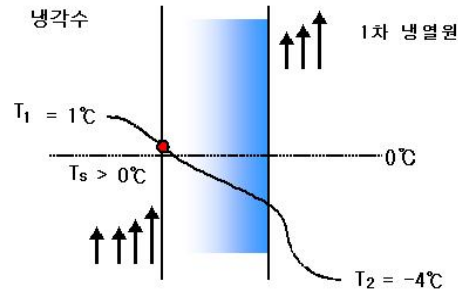


그림 2. 전열면의 경계 조건

냉각수 측의 온도를 빙점에 가까운 1°C 로 낮추려면 냉을 공급하는 1차 냉열원 측의 온도는 이보다 낮아야 하며 1차 냉열 조건에 따라 온도가 낮을수록 전열면의 크기 즉 장치의 크기가 줄어들게 되므로 온도차가 크면 투자비를 줄일 수 있다. 하지만 지나치게 큰 온도차는 운전 효율 저하로 이어지므로 적절한 온도차를 유지하는 것이 중요하다. 여기서 냉각수 측의 얼음이 생성 부착되는 것을 억제하고 효율적으로 냉각수를 얻는 방법은

- ① 1차 냉열원의 온도를 안정시켜야 하며
- ② 전열면을 늘여 온도차를 적게 하고 냉각수측 전열 계수를 크게 하기 위한 보조 장치를 사용하거나
- ③ 냉각수측 전열면의 전열 계수를 크게 증가 시켜 전열면의 온도를 빙점이상으로 유지하는 등의 방법을 사용하여야 한다. 이러한 방법이 불가능할 경우 아예 얼음을 전열면 표면에 만들고 이를 녹이며 냉각수를 만드는 전통적인 방법을 사용하여야 하나 앞에서 언급한 바와 같이 전열 효율이 극히 낮아져 에너지 낭비가 매우 심하고 원하는 온도의 냉각수를 얻기 불가능하게 되어 최근에는 기피하고 있는 방식이다. 기본적으로 얼음과 열교환 한다면 온도차가 줄고 경막 열전도 계수가 극히 낮아져 비효율적이 되므로 이러한 방법으로 원하는 온도의 냉각수를 만드는 것은 이론상 가능할 뿐 실제로는 전혀 경제적이지 못하다.

여기서 본 연구에서는 효율적으로 저온의 냉각수를 얻는 방식으로 냉각수 면의 적정 유속을 확보하여 냉각수 측의 열전달 계수를 증가 시키고 1차 냉열원의 조건을 아이스슬러리라는 2상 혼합 물질의 상변화 열전달에 의한 온도 조건의 안정화를 기하는 방식을 1차 과제로 선택하여 집중적으로 개발하였다. 이를 위하여 국

내에서 개발된 아이스슬러리 제빙장치를 이용하는 저온 냉각수 제조 기술을 확립하였다.



그림 3. 여러 가지 아이스슬러리(좌: P.G 이용, 우: 에틸알콜 이용)

2) 저온 냉각수 제조 기술의 세부 설명

여기서 개발된 방식은 이상 유체인 아이스슬러리를 첨가제를 포함하여 만들어 빙점을 일정하게 유지하여 이 온도 유지 특성을 갖는 아이스슬러리를 2차 냉매로 활용하는 방식으로 아이스슬러리와 저온 냉각수를 열교환시켜 저온 냉각수를 얻는 방식이다.

이를 좀더 자세히 설명하면 다음과 같다. 일차 제빙 장치로 아이스슬러리를 만들어 축열조에 저장한다. 이 아이스슬러리를 그냥두게 되면 얼음과 물이 분리되므로 축열조 내부에는 이를 방지할 교반 장치가 추가 된다. 아이스슬러리는 축열조의 중간 부위에서 펌프로 유입되어 열교환기에서 저온 냉각수와 열교환하게 되며 냉각수가 갖는 열에 의하여 얼음은 녹고 IPF가 0이되어 축열조로 돌아온다.. 열교환기의 형태는 판형 열교환기, 2중관형 열교환기. 코일형 열교환기 등이 적용될 수 있으며 어느 방식이든 가능하다. 다만 이때 주의할 것은 열교환기의 냉각수측 전 열면에 일정한 유속 이상의 냉각수가 공급되어 전열 계수를 늘려야 한다.

냉각수측이 밀폐되어 펌프에 의하여 순환하는 구조를 갖는 독립형 열교환기(주로 판형 열교환기)에서는 전열면에 일정 유속을 유지하기 위해서 순환 유량을 일정 유량 이상으로 유지하여야 일정 유량을 계속해서 공급하는 형식이 문제가 적었다. 운전이 진행되면서 열교환기로 공급되는 저온수의 온도가 점차 낮아지므로 폐쇄이 일어나는 공급 온도를 확인하고 이보다 최소한 0.5℃ 이상으로 공급되도록

시스템을 구성하여 열교환기로 일정 온도 이상의 물이 공급되도록 시스템을 구성하여야 하며 실제로 입 출구 최소 온도차를 2℃이상으로 하여 운전하도록 하였다.

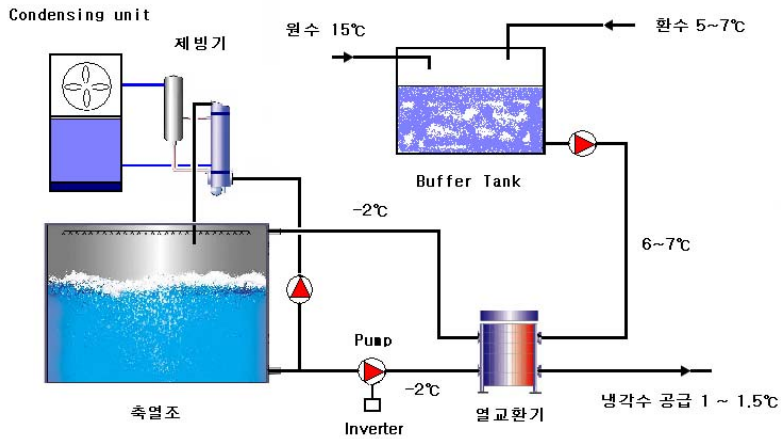


그림 4. 독립형 열교환기를 사용한 자온 냉각수 제조 설비 계통도

물론 1차 냉열 축의 냉열 공급량을 부하 온도에 비례하여 조절하여 주어야 한다. 이를 위하여 아이스슬러리 순환 펌프에 인버터를 설치하여야 하며 일정 유속 이하가 되면(0.3 m/s) 아이스슬러리 순환에 문제가 있을 수 있으므로 단속적인 운전으로 전환하도록 해야 한다. 또한 독립형 열교환기를 이용하는 시스템에서는 BUFFER TANK에서 필수적으로 공급되는 냉각수와 환수되는 냉각수의 온도차를 유지하여 열교환기에 환수되는 일정 온도 이상의 냉각수를 공급하고 부하측에는 열교환기에서 생산한 저온수를 환수되는 냉각수와 분리하여 공급하도록하는 기능을 할 수 있어야 한다. 이를 위해서 온도 성층화를 통해 이 역할을 하는 성층화 저수조 탱크가 추천된다.

냉각수 부분이 탱크내에 개방된 개방형 열교환기를 이용한 방식으로는 저수조에 열교환 코일을 설치하고 냉각수와 열교환기 표면과의 접촉 열전달계수를 키우기 위해 교반 장치를 갖추어야 한다. 교반에 필요한 동력은 정확하게 산출하기 어려우나 실험에서는 2 TON의 실험 저수조에 0.55kW의 프로펠라형 교반장치를 사용하였으며 원형 탱크 내부 가장자리 부분에 20A STS 주름관 형식의 코일을 설치하고 중심부에 교반장치를 설치하여 운전하였다.

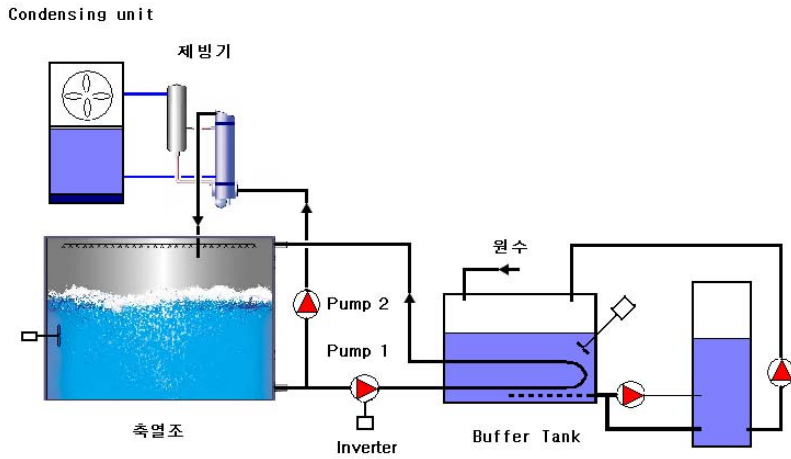


그림 5. 개방형 열교환기를 사용한 자온 냉각수 제조 설비 계통도

이러한 장치를 추가하여 운전할 경우 부하가 적을 경우 얻을 수 있는 냉각수는 $0.5\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 정도까지 가능하고 부하가 커질 경우 1.5°C 까지 상승하였으나 전체적으로 세척조 등을 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 범위로 유지하는 것이 가능하였다.

3. 열매체간의 열교환 특성 조사, 분석

가. 유체 역학적 특성

① 직관에서의 거동 특성

열교환기에 대한 실험을 통해서 측정된 직관에서의 아이스슬러리의 IPF 변화에 따른 압력강하는 그림에서 보는 바처럼 유량이 증가하면서 당연히 압력강하가 증가하고, IPF(빙분율)이 높으면 유량이 적을 경우 압력 강하가 크게 나타난다. 이는 유속이 늦을 경우 얼음과 물이 밀도차로 인하여 부력에 의한 얼음의 부유 현상이 나타나고 이에 의하여 배관 내부의 마찰이 증가하면서 압력강하가 커지는 것으로 해석되고 있다. 이는 일정 유속 이상의 속도로 배관 내부를 통과하는 것이 아이스슬러리를 효과적으로 이송할 수 있는 방법임을 말해준다. 현재까지의 연구 결과에 의하면 최저 $0.3\sim 0.5\text{ m/s}$ 를 유지하여야 배관 내 이송에서 문제가 없는 것으로 알려져 있다.

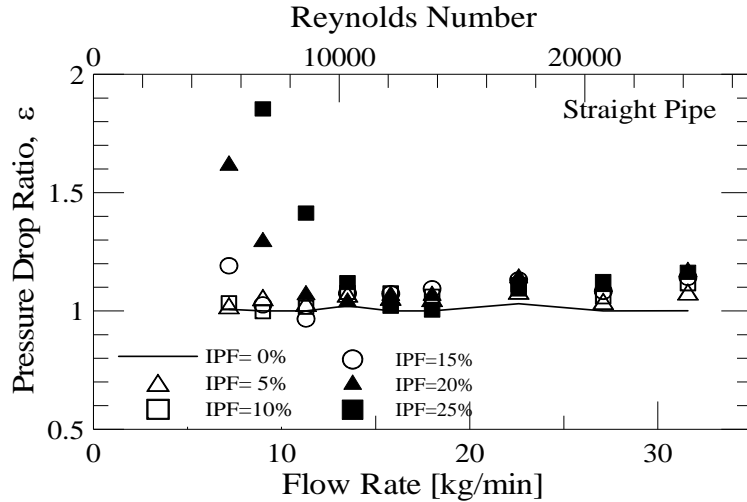


그림 6. 직관에서의 아이스슬러리의 압력 강하

② 곡관에서의 거동

아이스슬러리 순환에서 곡관에서 압력강하가 다소 커지기는 하나 아무런 문제가 없이 흐르게 되므로 곡관은 특별한 장치의 보완 없이 배관 구성이 가능하다.

③ 수평관에서의 거동

수평관에서의 아이스슬러리의 거동은 유속에 의하여 몇 가지 경우로 분류할 수 있다. 즉 유속이 느려질 경우 부력의 영향으로 얼음이 위로 떠오르고 이로 인하여 압력 강하가 커지며 극단적으로는 얼음끼리의 응집이 이루어질 수 있다. 이럴 경우 배관내부에서의 폐색이 발생할 수 있다. 따라서 배관 및 아이스슬러리 열교환 장치에서 이 부분에 대한 충분한 고려를 하여야 한다.

④ 수직관에서의 거동

수직관에서의 거동도 크게 중력과 부력 그리고 점도 유속 등이 관계하는 흐름이다. 하지만 수직관에서는 흐름이 정지할 경우 얼음이 전부 위쪽으로 떠오르게 되며 상부의 얼음은 축열조 내부에서와 비슷한 상태가 된다. 일반적인 배관에서는 단기간 정지 후에 다시 이동을 하게 되므로 큰 문제가 없지만 2~3시간 쯤 정지 후에 다시 흐르게 될 경우 폐색으로 연결 될 수 있으므로 단일 루프의 수직관 높이를 일정 높이 이하로 제한하는 등의 별도의 대책을 세워야 하며 대개 소구경

배관(80A 이하)에서 3m 이내의 단일 수직관은 크게 문제가 없다.

⑤ 확관 및 축소관에서의 거동

아이스슬러리 배관에서 확관 부위는 가장 불안한 형태의 흐름을 보인다. 확관에 의한 유속 저하와 부분적인 와류는 필연적으로 얼음과 물을 분리시키고 이는 얼음 입자끼리 응집할 수 있는 여건을 만들 수 있다. 따라서 부득이 확관이 필요한 경우에는 완만한 확관을 통해서 이러한 현상을 막아야 하며 어떠한 경우든 일정 유속 이상이 유지 되도록 배관 설계를 하여야 한다.



그림 7. 급격한 축소관에서의 아이스슬러리의 거동

나. 열전달 특성

아래 그림은 Fin & Coil 타입의 열교환기에서 질량유속과 IPF 그리고 열전달 계수의 상관관계를 나타내는 그림이다. 일정 질량 유량까지는 IPF가 커질 수록 열전달 계수가 증가하지만 일정 유량이 지나면 IPF가 커지더라도 열전달 계수가 증가하지 않는 것이 나타난다. 이는 경계층의 형성과 관계된 것으로 보이며 더 이상 IPF에 의한 경막의 전열 촉진 효과가 무시되는 것에 기인한 것으로 보인다. 본 그래프는 여타 연구 결과와 다소 상충하는 바가 없지 않으나, 적용한 제빙기, 첨가제 조건에서의 아이스슬러리의 입자 크기, 전열면의 상태 등 변수에 의하여 이러한 특성이 나타난 것으로 판단된다.

이 전열 계수의 값은 일반적인 건식 증발기의 냉매측 열전달 계수(3,000~5,000 W/m²K)보다 훨씬 큰 값이 되므로 같은 크기의 냉각기로 냉각을 할 경우 건식 증발기 보다 낮은 대수평균 온도차로써 동일한 냉각 효과를 얻을 수 있다는 결론이

되며 또한 아이스슬러리의 경우는 입출구 온도차가 거의 없어 대수 평균 온도차를 줄일 뿐만이 아니라 냉각에 의한 제습효과를 현저하게 줄일 수 있게 된다.

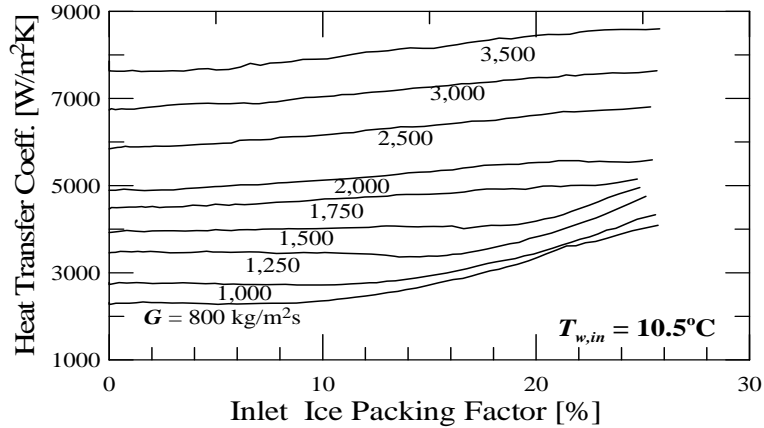


그림 8. 아이스슬러리의 유량과 IPF 변화에 따른 열전달 계수의 변화

또한 열전달 과정에서 아이스슬러리의 IPF가 0에 이를 때까지 1차 냉각면의 온도는 상변화에 의하여 거의 일정한 온도를 유지할 수 있어 이를 저온 냉각수 제조에 활용할 근거가 된다. 아이스슬러리는 첨가제의 종류 및 농도에 의하여 IPF의 변화에 의하여 약간의 온도 차이만 나타내게 된다. 이러한 아이스슬러리를 1차 냉각 열원으로 활용하면 필요한 농도의 첨가제를 포함한 아이스슬러리 온도를 상변화를 통해 안정화할 수 있어 저온 냉각수를 안정적으로 제조할 수 있게 된다.

농도 7%의 PG를 첨가제로 한 5~15%의 IPF를 갖는 아이스슬러리의 무차원 Nu 수는 아래 식으로 표시될 수 있는 것으로 연구되어 활용되고 있다.

$$Nu^* = 1.91 \times Re^{0.33} IPFin^{0.085} Ste^{0.34}$$

[$Re = 1.2 \times 10^3 \sim 4.7 \times 10^3$, $IPFin = 5 \sim 15\%$, $Ste = 0.25 \sim 0.38$]

여기서

$$Nu^* = K/\lambda w \quad (: \text{ 물의 열 전도도})$$

$$Re = \text{레이놀즈 수} = u_i d_i / \nu_w \quad (: \text{ 물의 동점도})$$

$$Ste = CPw(Th-Ti) / Li \quad (CP w : \text{ 물의 비열}, Th = (Thin + Thout)/2, Ti = (Tiin + Tiout)/2, Li = \text{동결 잠열})$$

4. 저온냉각수 제조 시스템의 설계, 제작 및 성능 평가

가. 저온 냉각수의 제조장치 설계를 위한 전제 조건

- 1) 溫度 : 2℃이하의 냉각수를 제조해서 연속으로 공급할 수 있어야 한다. 온도는 낮을수록 좋다.
- 2) 原水 : 냉각수는 음용이 가능한 지하수를 原水로 사용하는 것을 원칙으로 한다. 지하수의 온도는 12~15℃ 범위이나 설계 기준으로 原水의 공급 온도는 15℃로 공급되는 것으로 간주한다.
- 3) 用量 : 파이로트규모로
 - 1회 사용 냉각수량 : 2톤/batch, 1일 부하 65.1kWh
- 4) 用途:
 - 냉각 : hydrocooling 과정 중 냉각용 냉각수로 피냉각농산물의 온도를 4℃ 이하로 신속하게 냉각하기 위해서는 가능한 온도가 낮아야 한다.
 - 세척 : 냉각 과정 뿐만이 아니라 세척 과정에서도 저온 냉각수가 사용된다. 세척과정에서 사용되는 물의 양은 냉각과정에서 사용하는 양의 10배 정도로 간주하고, 세척과정에서도 냉각이 이루어진다. 기본적인 시스템은 1차 세척 공정에서는 7℃ 정도의 냉수를 2차 냉각과 살균, 헹굼 공정에서는 2℃ 이하 냉각수를 적용하는 것으로 한다.

나. 파이롯트 플랜트 시설 공정의 Flow-diagram

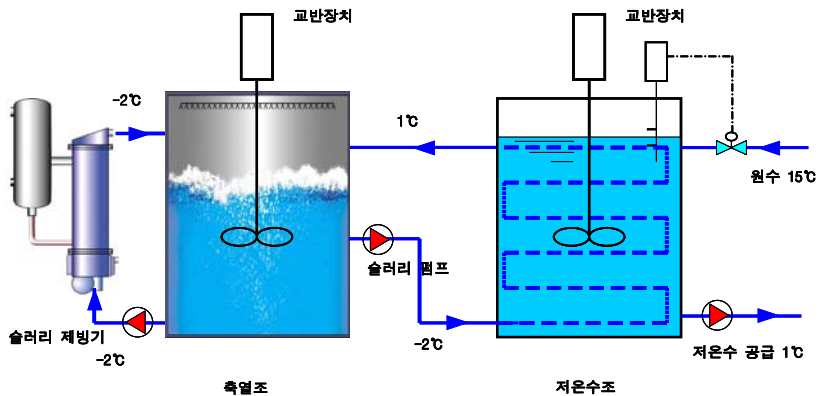


그림 9. 아이스슬러리를 이용하는 저온냉각수 제조 장치의 설계

다. 설계를 위한 용량 계산

- 기본 capacity : 2 ton/batch
- 1일 사용 시간 : 2회, 2시간
- 1일 부하량 : $2 \text{ ton} \times 1,000 \text{ kg/ton} \times (15-1)^{\circ}\text{C} \times 1.0 \text{ kcal/}^{\circ}\text{C.kg} / 3024 \text{ kcal/RT} \times 2 \text{ 회} = 18.5 \text{ RT-h} = 65.1 \text{ kWh}$
- 피크 부하 : 2ton/batch를 1시간에 사용하는 수준 : $2 \text{ ton} \times 1,000 \text{ kg/ton} \times (15-1)^{\circ}\text{C} \times 1.0 \text{ kcal/}^{\circ}\text{C.kg} / 3024 \text{ kcal/RT} = 9.26 \text{ RT} = 32.6 \text{ kW}$
- 제빙 시스템 용량 : 1일 부하량/ 1일 가동 시간(12시간) x 1.2(여유율)
 $= 18.5 / 12 * 1.2 = 1.9 \text{ RT} = 6.7 \text{ kW}$
 냉동기 : 5 HP
 최소용량 제빙기 : 3 RT
- 축열조 저장 용량 : 10시간 가동 분(2시간은 사용 중 가동)
 $= 1.9 * 10 = 19 \text{ RT-h} = 66.8 \text{ kWh} \Rightarrow 2.2 \text{ m}^3 \text{ 이상}$
- Buffer tank 용량 : 피크 부하로 5분 사용할 수 있는 용량
 $= 9.26 \times 3024 \times 5/60 / 1000 / (4-1) / 0.7 = 1.1 \text{ ton 이상}$
- 열교환기 용량 : 32.6 kW
- 펌프 용량 :

구 분	유 량(lpm)	양 정(m)	동력(kW)	비 고
pump 1	64	15	0.55	IPF = 10%
pump 2	33	12	0.55	제빙수용
pump 3	128	18	1.1	위생펌프



Fig. 10. Local installation of chilled water manufacturing system combined with ice maker and heat exchangers.

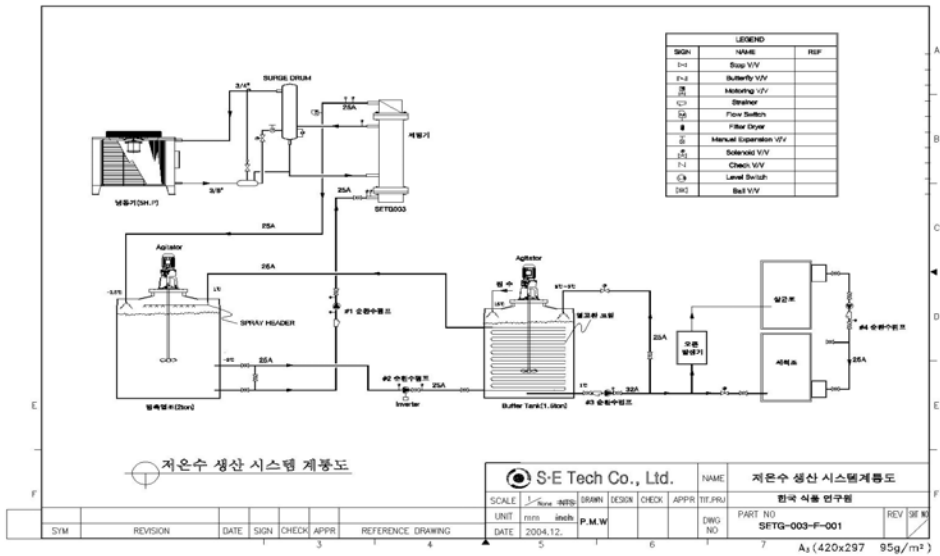


Fig. 11. Flow-diagram of chilled water manufacturing system.

라. 냉각수 제조 성능 시험 결과

냉각수 제조장치의 성능을 시험하기 위해 수돗물을 시스템으로 흘려 보내 냉각되는 속도를 측정하였다. 아래 표에서 보는 바와 같이 1차로 만들어진 아이스슬러리의 온도는 영하 2.6℃까지 하강하였고 수돗물의 온도는 13.5℃에서 80분후에 1.2℃까지 하강하였다.

표 1. 저온 냉각수 장치의 제조시간 실험

냉동기 축열조		아이스슬러리 탱크		냉각수 탱크		소요시간 (min)
In	Out	온도센서	Panel	온도센서	Panel	
-2.8	-2.6	-2.3	-1.9	13.5	14.2	5
-2.8	-2.6	-2.3	-1.8	11.6	12.4	10
-2.8	-2.3	-2.3	-1.7	10.8	11.4	15
-2.7	-1.8	-2.3	-1.2	9.2	9.9	20
-2.7	-1.5	-2.3	-0.9	8.2	8.8	25
-2.7	-1.2	-2.3	-0.7	6.8	7.6	30
-2.7	-1.1	-2.3	-0.6	5.7	6.7	35
-2.7	-1.0	-2.2	-0.5	5.0	5.8	40
-2.7	-1.0	-2.1	-0.5	4.3	5.1	45
-2.7	-1.0	-2.0	-0.6	3.8	4.5	50
-2.6	-1.1	-2.0	-0.6	3.3	3.9	55
-2.6	-1.2	-1.7	-0.7	2.8	3.4	60
-2.6	-1.3	-1.5	-0.9	2.3	3.1	65
-2.6	-1.4	-1.6	-1.0	1.9	2.6	70
-2.6	-1.5	-1.7	-1.1	1.5	2.2	75
-2.6	-1.6	-1.7	-1.2	1.2	2.0	80

본 연구에서 설계 제작한 저온냉각수 제조 시스템은 위에서 제시한 flow-diagram처럼 1차 버퍼탱크(열교환기 I)에 충전되어 있는 브라인용액을 제빙기로 계속 순환시키면서 -3℃ 내외의 과냉각 상태에서 슬러리 상태의 얼음을 제조한다. 제조된 얼음은 버퍼탱크에서 교반기에 의해 브라인 용액과 계속 혼합되면서 순환하게 되고 아울러 2차 버퍼탱크(열교환기 II)를 순환하는 열매체(순환수)가 2차 버퍼탱크에 공급되는 지하수와 다시 열 교환된 다음 공급되는 저온냉각수가 세척조나 냉각조로 공급되게 되어 있다. 아래 표에서 본 바와 같이 최종 공급되는 물의 온도를 2℃와 5℃로 각기 설정하여 운전하였을 때 목적하는 물의 온도를 용

이하계 얻을 수 있음을 알 수 있다.

Table 2. Operation data of chilled water manufacturing system

Operation time (min)	Ice slurry temp. from ice maker(°C)	Ice slurry temp. in heat exchanger(I), (°C)		Water temp. in heat exchanger(II), (°C)		Water temp in process, (°C)
		Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	
1	-1.4	-0.2	0.0	8.2	1.9	2.0
2	-1.4	-0.3	-0.1	8.4	1.9	2.0
3	-1.4	-0.3	-0.1	8.4	1.9	1.9
4	-1.4	-0.4	-0.1	8.3	2.0	2.0
5	-1.4	-0.3	-0.1	8.3	1.9	2.0
6	-1.4	-0.4	-0.2	8.4	2.0	2.1
7	-1.4	-0.4	-0.2	8.5	2.0	2.1
8	-1.4	-0.5	-0.3	8.6	1.8	1.9
9	-1.4	-0.5	-0.3	8.5	2.0	2.0
10	-1.3	-0.4	-0.3	8.6	1.9	2.0

* Water temperature setting : 2°C

Table 3. Operation data of chilled water manufacturing system

Operation time (min)	Ice slurry temp. from ice maker(°C)	Ice slurry temp. in heat exchanger(I), (°C)		Water temp. in heat exchanger(II), (°C)		Water temp in process, (°C)
		Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	
1	-1.4	1.1	1.7	8.5	4.7	4.7
2	-1.4	1.1	1.7	8.5	4.7	4.7
3	-1.4	1.1	1.7	8.5	4.7	4.8
4	-1.4	1.2	1.8	8.5	4.7	4.7
5	-1.3	1.2	1.8	8.4	4.8	4.8
6	-1.3	1.2	1.9	8.4	4.8	4.8
7	-1.3	1.2	2	8.4	4.8	4.8
8	-1.3	1.3	2	8.4	4.8	4.9
9	-1.3	1.4	2.1	8.3	4.8	4.9
10	-1.3	1.5	2.1	8.4	4.9	5.0

* Water temp setting : 5°C

본 연구에서 제빙 시스템에 사용된 제빙 장치는 스크래퍼형으로 역류형 흐름을 갖는 제빙장치를 사용하여 아이스슬러리 순환 펌프로 유량 33 lpm ,양정 12 m ,동력 0.55kW의 펌프를 사용하였으나 제빙에 의한 축열이 계속되면서 순환하는 제빙수의 IPF가 상승함에 따라 IPF 15% 이상의 영역에서 자주 제빙이 정지되는 일이 발생하였다. 이를 개선하기 위하여 제빙수 순환 펌프 유량과 양정을 증가시켜 유량 36 lpm 양정 20 m ,동력 0.95kW의 펌프로 교체하였다.

제 2 절 엽채류의 선도유지를 위한 냉수냉각 기술개발

1. 품목별 적정 냉수냉각(hydrocooling) 처리 기술 개발

가. 재료 및 방법

1) 재료

피냉각 재료는 청상추(*Lactuca sativa*)는 경기도 광주군, 깻잎(*Brassica campestris var. chinensis*)은 경남 밀양시, 치커리(*Chichorium intybus*)는 경기도 성남시, 쪽갓(*Chrysanthemum coronarium L. var. spatiosum*)은 경기도 남양주군, 청경채(*Perilla frutescens*)는 경기도 용인시에서 수확하여 산지로부터 2~4시간 이내에 연구원으로 옮겨 시험에 사용하였다.

2) 냉수냉각(hydrocooling)

엽채류의 수냉각을 위한 hydrocooler는 세척과 냉각이 동시에 이루어지도록 제작한 세척 겸용 냉각 장치에서 상기에서 제조된 냉각수(2, 5℃)를 이용해 냉각처리하였다. 냉각수는 물 온도를 일정하게 유지하게 위하여 부분적인 overflow를 시키면서 연속적으로 공급하였으며 수압과 공기압을 이용해 세척과 함께 열교환을 용이하게 함으로서 피냉각물이 지속적으로 동일한 냉각수온과 접촉이 가능하게 하였다. Overflow량은 0.35ton/h으로 하였으며 1일 사용 시간은 10시간 정도를 예상하였다. 피크부하를 0.35ton의 채소류를 1시간에 냉각하는 용량으로 계산하여 적정 냉각 용량을 1.6RT(약 5.7KW)로 설정하여 냉동기는 3HP, 제빙기 1.6RT, 버퍼탱크 용량 1.5ton으로 하였다. 냉수 공급 펌프의 모터는 2개로서 각 0.2kW였다.



그림 12. 냉수냉각 장치

3) 품온 측정

K-type의 thermocouple을 열체류의 윗면에 장착하고 진공그리스로 접점부를 sealing하여 실시간 연속적으로 측정하였다.

4) 반냉각시간 및 7/8냉각시간 측정

냉각곡선으로부터 초기품온과 냉수온도와의 온도차로부터 계산하였다.

나. 결과 및 고찰

아래 표와 그림은 4종류의 열체소류에 대하여 2℃와 5℃의 냉수로 냉수냉각하였을 때의 냉각곡선과 반냉각시간 및 7/8 냉각시간을 조사한 자료이다. 자료에서 본 바와 같이 열체소류의 경우 냉각수량이 충분할 경우(연속 세척 기능 겸하면서 overflow하면서 냉각) 초기 품온 26~29℃에서 5℃이하로 냉각시키는데 2℃ 냉수로는 2분 내외에 가능하였다. 본연구에서 냉각시간이 2분 이내로 단축될 수 있는 것은 세척과 냉각을 겸하게 함으로서 체소류들이 개체별로 해체되어 냉각이 이루어지기 때문으로 사료된다. 그러나 단순히 냉각목적만을 요구할 경우는 콘테이너에 담긴채로 벌크상태로 냉각이 이루어져야하기 때문에 냉각시간은 훨씬 지연될 것으로 여겨진다. 한편 품목별 반냉각시간과 7/8냉각시간은 품목별로 약간의 차이가 있었으나 냉수 온도에 따른 차이는 거의 없었다. 그림에서 보면 품목에 따라 냉각 속도에 차이가 보이는데 이는 냉각속도가 품목에 따라 다르게 나타나기 보다는 윗면 부위에 품온 센서 장착이 어렵기 때문에 장착 정도에 따른 편차로

보는 것이 옳을 것으로 여겨졌으며 일부위의 냉각 속도 차이는 크지 않고 단지 잎맥의 두께에 어느 정도 좌우된 것으로 여겨졌다. 특히 청경채의 경우는 half-cooling time은 상대적으로 짧았으나 $\frac{7}{8}$ cooling time이 길게 나타난 것은 잎부분이 두꺼워 상대적으로 내심까지 냉각되는데는 시간이 더 길게 소요된 것으로 나타났다. 그러나 냉수 온도를 2°C에서 5°C로 상승시킨 경우는 냉각 소요 시간이 상대적으로 지연됨을 알 수 있었다.

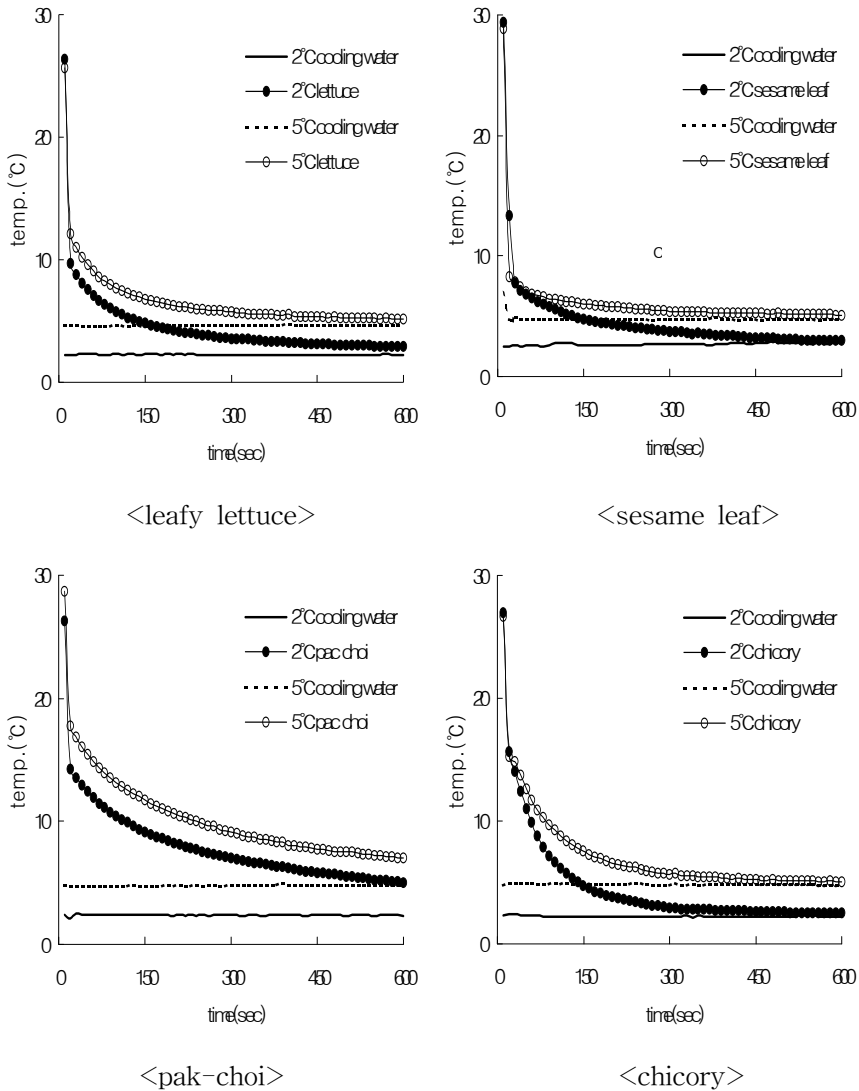


Fig. 13. Cooling curve of various leafy vegetables during hydrocooling.

Table 4. Required cooling time for various leafy vegetables during hydrocooling

Produce	Cooling water temp.(°C)	$\frac{1}{2}$ cooling time(sec)	$\frac{7}{8}$ cooling time(sec)	Initial product temp.(°C)
Leafy lettuce	2	29	170	26
	5	31	172	26
Chicory	2	41	150	26
	5	42	151	26
Sesame leaf	2	30	140	29
	5	30	142	29
Pak choi	2	38	470	28
	5	62	370	28
Garland chrysanthemum	2	39	149	25
	5	40	151	26

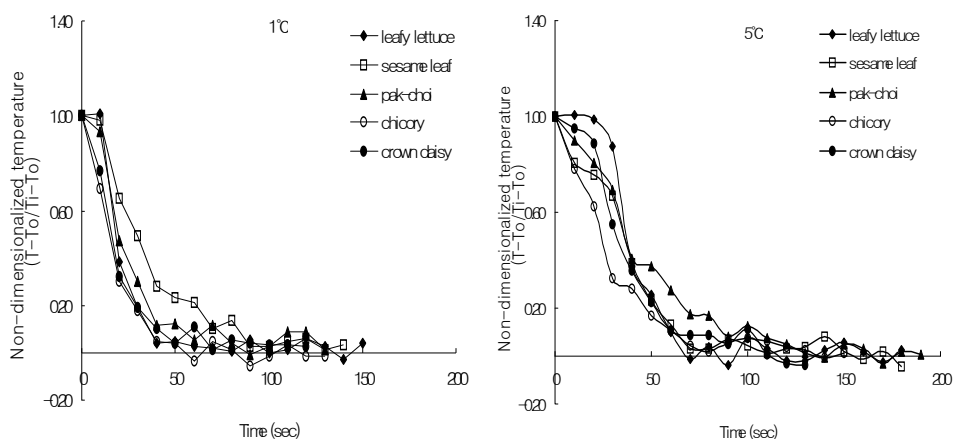


Fig. 14. Non-dimensional cooling rate curve of various leafy vegetables during hydrocooling.

2. 냉각 지연 처리에 따른 유통 제품의 품질 변화

가. 재료 및 방법

1) 재료

본 실험에 사용된 시료는 서울시 문정동에서 재배된 청상추, 깻잎, 청경채, 치커리, 숙갓을 당일 수확한 것을 바로 연구원으로 운송하여 실험에 사용하였다.

2) 냉각처리

냉각처리는 앞 항의 수냉각처리 실험에서 행한 방법을 준용하여 행하였다. 업체류의 수냉각을 위한 hydrocooler는 세척과 냉각이 동시에 이루어지도록 제작한 세척 겸용 냉각 장치에서 상기에서 제조된 냉각수(1~2, 5~6℃)를 이용해 냉각처리하였다. 냉각수는 냉수온도를 일정하게 하기 위하여 부분적인 overflow를 시키면서 연속적으로 공급하였으며 수압과 공기압을 이용해 열교환을 용이하게 함으로서 피냉각물이 지속적으로 동일한 냉각수온과 접촉이 가능하게 하였다. 냉각 지연 정도에 따른 처리는 냉수 온도 1-2℃, 5-6℃에서 수확 후 2, 6, 8 및 21, 24 시간으로 냉각 개시 시간을 지연함으로서 지연 처리에 따른 영향을 조사하였다.

3) 측정 및 분석

가) 관능적 품질 평가

관능요원 20명 대상으로 9점 평점법으로 기호도 검사를 실시하였으며 평가항목은 외관, 변색, 깨끗한 정도, 이취, 조직감, 전체적 기호도로 평가하도록 하였다. 각 관능특성별 평가 기준은 아래와 같다.

관능검사 기준

외관(반점, 변색, 조직붕괴, 부패 등) :

- 9: 수확 직후/ 세정처리 직후처럼 신선한 상태
- 7: 시료중 1-2개에서 품질저하 흔적이 나타날 때(반점, 변색, 조직붕괴 등), 상품성은 있음
- 5: 시료중 3-5개에서 품질저하 흔적이 나타났으나 식용 가능

- 3: 품질저하한 부분을 제거하면 일부는 다듬으면 먹을 수는 있음
- 1: 품질저하 심함.

이취(off-odor) :

- 9: 수확 직후/ 세정처리 직후처럼 고유의 신선한 냄새
- 7: 시료에서 off-odor가 약간 느껴지기 시작할 때(trace)
- 5: 시료에서 약간 느껴지나(very light) 상품성에는 영향이 없을 때
- 3: 상당히 느껴짐
- 1: 아주 심함

조직 :

- 9: 수확 직후/ 세정처리 직후처럼 신선한 상태(아삭아삭함)
- 7: 초기와 거의 차이가 없으나 일부 조직 연화 징후가 느껴질 때(trace)
- 5: 조직이 약간 연화됨을 인지할 수는 있으나 식용에는 지장 없을 정도
- 3: 조직이 상당히 연화된 상태, 식용 어려움
- 1: 조직인 짓물러진 상태

종합

- 9: 수확 직후/ 세정처리 직후처럼 신선한 상태(very fresh)
- 7: 시료중 1-2개에서 품질저하 흔적이 나타날 때(반점, 변색, 조직붕괴 등)
(fresh), (marketable)
- 5: 시료중 3-5개에서 품질저하 흔적이 나타났으나 상식용은 가능 (edible or not marketable)
- 3: 품질저하한 부분을 제거하면 일부 먹을 수는 있으나 상품성 상실
(poor)
- 1: 품질저하 심함.(very poor)

나) 총균수 및 대장균균수의 분석

(1) 총균수

무균적으로 시료 30g을 취한 뒤 270ml의 멸균된 0.85% saline을 가하여 stomacher(Laboratory Blender Stomacher 400, Seward)로 1분간 균질화시킨 후,

각각의 시료액을 1ml씩 취하여 9ml의 멸균된 0.85% saline으로 단계 희석하였다. 시험용액 1ml와 각 단계 희석액 1ml씩을 멸균된 페트리접시 3매 이상씩 무균적으로 취하여 약 43~45℃로 유지한 plate count agar(PCA, Difco Lab. USA) 약 15ml를 무균적으로 pouring culture method로 접종한 다음, 35±1℃에서 48~72시간 배양시킨 후 1평판 당 30~300개의 집락을 생성한 평판을 택하여 colony수를 측정하여 colony forming unit(CFU/g)으로 표시하였다.

(2) 대장균군수

총균수 검사와 동일한 방법으로 시료를 전처리한 후 시험용액 1ml와 각 단계 희석액 1ml씩을 멸균 페트리접시 3매 이상씩에 무균적으로 취하여 약 43~45℃로 유지한 Chromocult agar(CM, Merk Co. Germany) 약 15ml를 무균적으로 pouring culture method로 접종한 다음, 35±1℃에서 48~72시간 배양시킨 후 1평판 당 30~300개의 집락을 생성한 평판을 택하여 colony수를 측정하여 colony forming unit(CFU/g)으로 표시하였다.

다) 호흡속도

호흡 속도는 static method를 사용하여 분석하였다. 일정 온도에서 시료의 일정량을 밀폐가 가능한 용기에 넣고 시간의 경과에 따라 용기내의 탄산가스농도를 GC(Shimadzu GC-14A, Japan)로 측정하였다. 분석을 위한 GC의 운전조건은 다음과 같다.

Table 5. GC conditions for respiration rate measurement

Item	Condition
Detector	TCD
Column	CTRI (Alltech Co.)
Column Temp.	35 °C
Injector Temp.	60 °C
Detector Temp.	60 °C
Carrier Gas	He (50 mL/min)

나. 결과 및 고찰

여름철에 수확되는 채소류의 경우 품온이 높고 호흡열이 높아 선도 저하가 빠르다. 따라서 수확 후 2시간 이내에 생체내 효소의 activation이 개시되기 전에

급속히 예냉하는 것이 적절한 것으로 보고되고 있는데 본 실험에서는 수확 후 1시간, 2시간, 6~8시간, 21~24시간 지연 예냉처리 하였을 때의 품질 변화를 조사하였다.

그림에서 본 바와 같이 청상추의 경우 예냉처리 시간이 지연될수록 감모율의 증가가 큼을 알 수 있으며 호흡속도 역시 예냉처리를 빨리 할수록 낮게 유지되었다. 특히 8시간 이내의 예냉처리 개시에 있어서는 중량감모나 호흡속도에 있어서 시간대별 큰 차이를 보이지 않았으나 24시간 후에 예냉처리를 한 경우는 상대적으로 큰 차이를 나타내었다. 표면 색택의 변화에 있어서도 예냉처리를 할 경우 그리고 예냉 개시 시간이 빠를수록 변색 속도가 낮게 나타났다. 즉, ΔE -value로 비교하였을 때 청상추의 표면 변색은 저장 6일후에 2시간 이내에 예냉처리한 경우는 1.59였으며, 8시간 후 예냉처리구는 2.10이었으나 24시간 지연 예냉처리구에 있어서는 5.36으로 높게 나타나 수확후 신속한 예냉처리의 필요성을 시사하여 주었다.

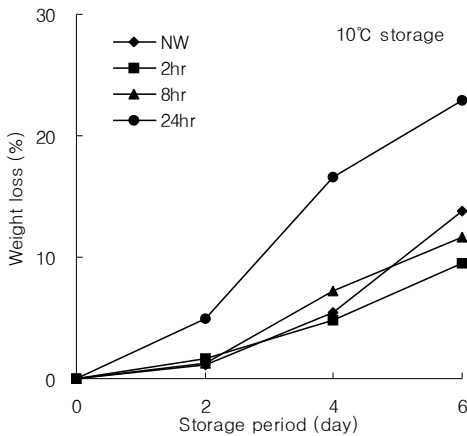


Fig. 15. Changes in the weight loss rate of leafy lettuce with different delayed hydrocooling time during storage.

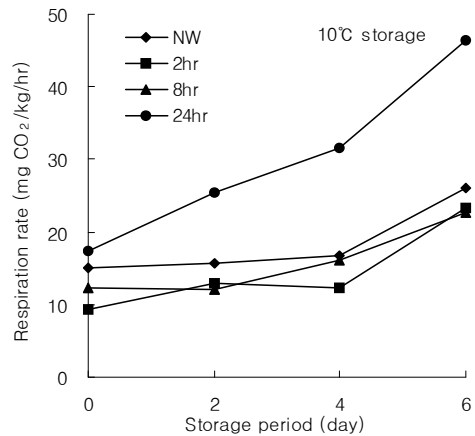


Fig. 16. Respiration rate of leafy lettuce with different delayed hydrocooling time during storage.

Table 6. Changes in the microorganism number of leafy lettuce with different delayed hydrocooling time during storage at 10°C (unit : CFU/g)

	Delayed hydrocooling time	Storage period (day)			
		0	2	4	6
Viable cell count	NW	1.27×10^5	4.78×10^5	8.2×10^5	3.46×10^6
	2hr	5.81×10^3	6.20×10^4	8.22×10^4	1.85×10^6
	8hr	1.15×10^4	1.74×10^6	1.84×10^6	2.04×10^6
	24hr	5.58×10^4	1.17×10^6	1.67×10^6	2.97×10^6
Coliform group count	NW	7.87×10^3	3.84×10^4	2.32×10^5	2.57×10^6
	2hr	1.43×10^3	3.42×10^4	6.42×10^4	2.92×10^5
	8hr	8.93×10^3	3.46×10^5	6.96×10^5	1.66×10^6
	24hr	1.34×10^4	7.98×10^5	8.14×10^5	1.18×10^6

총균수와 대장균군 수의 비교에 있어서도 저장 6일 후에 분석한 결과 2~3 log scale 증가를 보였는데 특히 초기 균수에 있어서 2시간 이후에 예냉처리한 경우는 총균수가 5.81×10^3 cfu/g이었으나 24시간 지연한 경우는 5.58×10^4 cfu/g으로 높게 나타났고 6일 후에는 2시간 이내 예냉처리한 경우는 1.85×10^6 cfu/g이었으나 24시간 지연한 경우는 2.97×10^6 cfu/g을 나타냈다. 이러한 균수의 증가 경향은 대장균군수에 유사하게 나타내었다.

깻잎의 경우도 그림에서 알 수 있는 것과 같이 예냉처리 시간이 지연될수록 감모율의 증가가 커짐을 알 수 있었는데 이는 저장 온도에 상관없이 유사하게 나타났다. 즉 2시간 이내 예냉처리한 경우는 6일 후에 감모율이 4°C와 10°C 모두 4% 이하였으나 6시간 이후 예냉 처리한 경우는 6일 후 4°C에서 13%, 10°C에서 20% 전후의 감모율을 나타내었다.

호흡속도 역시 예냉처리를 빨리 할수록 낮게 유지되었다. 특히 2시간이내에 예냉처리한 경우는 4°C에 저장한 경우는 6일째까지 10~20mg CO₂/kg/hr였으며 10°C에서는 초기 20mg CO₂/kg/hr 부근에서 6일후 60mg CO₂/kg/hr 전후를 나타내었다. 그러나, 6시간 지연 예냉처리한 경우는 4°C에 저장한 경우는 6일째까지 3

0~55mg CO₂/kg/hr였으며 10℃에서는 초기 55mg CO₂/kg/hr 부근에서 6일후 75mg CO₂/kg/hr 전후로 높게 나타났다. 이러한 현상은 냉각이 지연될수록 상자 내에 호흡열의 축적이 이루어져 품온의 재상승을 가져오고 그 결과 호흡에 관여하는 효소의 활성이 촉진되어진 것으로 여겨졌다. 표면 색택의 변화에 있어서도 예냉처리를 할 경우 그리고 예냉 개시 시간이 빠를수록 변색 속도가 낮게 나타났다. 표에서 보면 예냉처리를 하지 않은 깻잎의 경우는 6일 후에 4℃에서는 ΔE-value가 6.51, 10℃에서는 9.28로 나타났으나 2시간 이내에 예냉한 경우는 4℃에서 6일후에 1.98, 10℃에서는 2.16으로 나타난 반면 21시간 후에 예냉한 경우는 4℃에서 6일후에 3.56, 10℃에서 6일 후에 6.24로 높게 나타났다. 이러한 색택 변화에서 알 수 있는 것은 호흡열의 축적과 높은 품온에 의해 깻잎의 변색 관련 효소의 활성화와 품질저하가 촉진되어 종합적으로 색택이 갈색화되어가는 것으로 여겨졌다.

Table 7. Changes in the Hunter L, a, b and ΔE values of leafy lettuce with different delayed hydrocooling time during storage at 10℃

Delayed hydrocooling time	Hunter value	Storage period (day)			
		0	2	4	6
NW	L	46.54	46.5	49.13	46.50
	a	-21.44	-20.76	-20.69	-19.98
	b	28.58	28.55	29.99	28.55
	ΔE	0	0.68	3.04	2.80
2hr	L	47.65	46.80	46.53	48.52
	a	-22.01	-21.62	-21.44	-21.55
	b	30.59	31.47	30.44	31.84
	ΔE	0	1.28	1.26	1.59
8hr	L	44.38	49.78	46.48	51.90
	a	-20.57	-22.29	-21.21	-21.92
	b	28.53	35.23	30.59	33.41
	ΔE	0	2.82	3.01	2.10
24hr	L	50.03	47.06	50.18	48.20
	a	-21.71	-21.31	-22.78	-21.64
	b	32.49	30.74	35.58	32.14
	ΔE	0	3.55	3.27	5.36

총균수와 대장균군 수의 비교에 있어서도 저장 6일 후에 분석한 결과 1~3 log scale 증가를 보였는데 특히 초기 균수에 있어서 2시간 이후에 예냉처리한 경우는 총균수가 1.94×10^3 cfu/g이었으나 21시간 지연한 경우는 2.91×10^4 cfu/g으로 높게 나타났고 6일 후에는 2시간 이내 예냉처리한 경우는 4.71×10^4 cfu/g이었으나 24시간 지연한 경우는 2.28×10^6 cfu/g을 나타냈다. 이러한 균수의 증가 경향은 대장균군수에 유사하게 나타났으며 앞에서 청상추의 경우와 비슷한 결과를 보여주었다. 냉수냉각 처리후 4℃와 10℃에 저장하면서 관능적 품질을 평가한 경우 외관, 이취여부, 조직감 및 종합적 평가로 비교하였을 때 표에서 알 수 있는 바와 같이 6일 후에 관능적 수치는 4℃에서는 무예냉처리구가 3.5, 2시간 처리구가 4.5, 6시간 처리구가 3.7, 21시간 지연처리구가 3.5로 예냉처리 시간이 지연될수록 관능적 품질의 저하가 크게 나타났다. 10℃에 저장한 경우에서도 유사하게 나타났는데 2일후의 관능적 수치는 무예냉처리구가 7.0, 2시간 처리구가 8.0, 6시간 처리구가 7.5, 21시간 지연처리구가 6.0으로 나타났으나 4일 후에는 처리구간 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 10℃에서는 상대적으로 온도가 높아 품질 저하가 가속화되어서 초기 품질 저하가 상쇄된 것으로 여겨졌다.

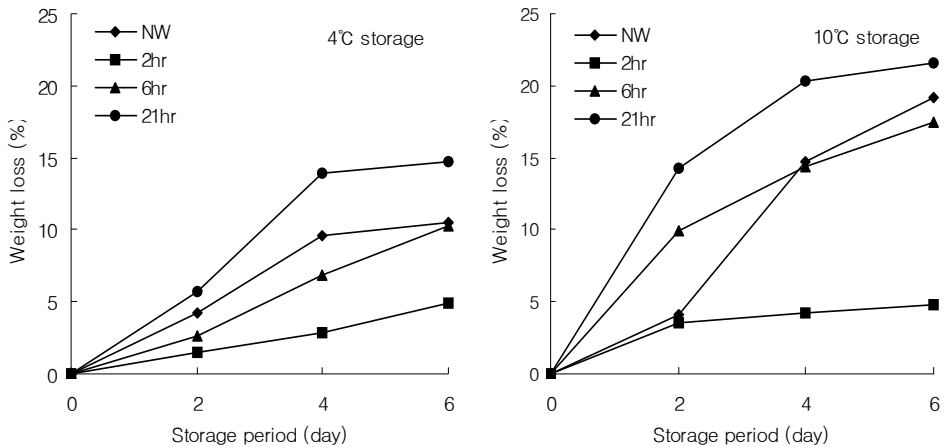


Fig. 17. Changes in the weight loss rate of sesame leaf with different delayed hydrocooling time during storage at 4 and 10°C.

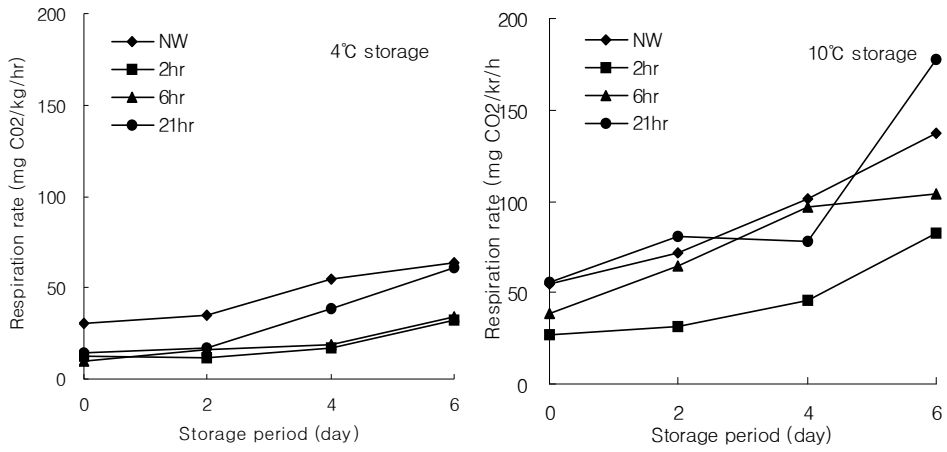


Fig. 18. Respiration rate of sesame leaf with different delayed hydrocooling time during storage at 4 and 10°C.

Table 8. Changes in the Hunter L, a, b and ΔE value of sesame leaf with different delayed hydrocooling time during storage at 4 and 10°C

Storage temp.	Delayed hydrocooling time		Storage period (day)			
			0	2	4	6
4°C	NW	L	52.93	49.48	51.43	43.66
		a	-10.90	-12.56	-12.69	-11.39
		b	14.05	15.49	17.11	14.09
		ΔE	0	4.09	3.85	6.51
	2hr	L	50.25	49.57	49.64	50.69
		a	-11.92	-13.50	-12.84	-13.60
		b	14.25	16.86	15.84	16.19
		ΔE	0	0.84	1.99	1.98
	6hr	L	49.37	49.11	49.71	50.27
		a	-13.57	-12.39	-13.54	-13.26
		b	17.67	15.43	16.73	17.13
		ΔE	0	1.71	3.01	3.17
	21hr	L	51.51	49.97	50.62	49.37
		a	-13.18	-13.16	-13.29	-14.49
		b	15.41	16.69	17.59	17.94
		ΔE	0	2.00	2.35	3.56
10°C	NW	L	52.93	49.45	50.82	49.85
		a	-10.90	-12.60	-13.10	-14.73
		b	14.05	16.00	16.98	18.33
		ΔE	0	4.33	4.22	9.28
	2hr	L	50.25	48.73	49.42	49.99
		a	-11.92	-14.38	-13.18	-13.57
		b	14.25	17.75	16.41	16.89
		ΔE	0	1.04	1.32	2.16
	6hr	L	49.37	49.54	49.50	49.58
		a	-13.57	-12.63	-14.29	-14.06
		b	17.67	15.38	17.80	17.58
		ΔE	0	1.51	4.33	4.02
	21hr	L	51.51	50.33	51.10	43.50
		a	-13.18	-14.02	-14.28	-12.91
		b	15.41	17.62	18.37	15.66
		ΔE	0	2.64	3.18	6.24

Table 9. Changes in microorganism number of sesame leaf with different delayed hydrocooling time during storage at 4 and 10°C

(unit : CFU/g)

Storage temp.	Microorganisms	Delayed hydrocooling time	Storage period (day)			
			0	2	4	6
4°C	Viable cell count	NW	5.40×10^3	1.13×10^4	2.73×10^4	1.01×10^5
		2hr	1.94×10^3	3.00×10^3	1.75×10^4	4.71×10^4
		6hr	1.07×10^3	2.03×10^4	2.50×10^4	7.40×10^4
		21hr	2.91×10^4	4.79×10^4	1.24×10^5	2.28×10^5
	Coliform group count	NW	9.10×10^2	1.50×10^3	1.52×10^3	1.47×10^5
		2hr	0.20×10^2	1.75×10^2	1.00×10^2	1.28×10^3
		6hr	1.11×10^2	0.40×10^2	2.82×10^3	6.10×10^3
		21hr	3.00×10^2	2.95×10^3	3.08×10^3	1.15×10^4
10°C	Viable cell count	NW	5.40×10^3	2.73×10^4	3.14×10^5	4.14×10^6
		2hr	1.94×10^3	7.45×10^3	1.15×10^4	5.66×10^4
		6hr	1.07×10^3	1.27×10^4	4.69×10^3	1.61×10^4
		21hr	2.91×10^4	1.44×10^4	1.42×10^5	1.40×10^6
	Coliform group count	NW	9.10×10^2	4.20×10^3	3.85×10^3	1.70×10^5
		2hr	0.20×10^2	1.29×10^3	6.35×10^3	3.54×10^4
		6hr	1.11×10^2	9.95×10^3	1.13×10^4	7.58×10^4
		21hr	3.00×10^2	2.55×10^3	6.56×10^4	8.33×10^4

Table 10. Sensory characteristics of sesame leaf with different delayed hydrocooling time during storage at 4 and 10°C

Storage temp.	Sensory characteristics	Delayed hydrocooling time	Storage period (day)			
			0	2	4	6
4°C	Appearance	NW	9	7	6.5	2
		2hr	9	8	6.5	3
		6hr	9	6	5.5	2
		21hr	9	6	5.5	2
	Off-flavor	NW	9	7	6.5	4.2
		2hr	9	8	7.5	5
		6hr	9	7	5.2	4.7
		21hr	9	7	4.5	3.5
	Texture	NW	9	8	6	3.2
		2hr	9	8	7.5	4
		6hr	9	6	5.5	3.2
		21hr	9	6	5.5	2.5
	Overall-acceptability	NW	9	7	5.7	3.5
		2hr	9	9	7.5	4.5
		6hr	9	6	5.5	3.7
		21hr	9	6	5.2	3.5
10°C	Appearance	NW	9	6.5	5.5	1
		2hr	9	7.5	6.5	2.5
		6hr	9	7	5.5	2
		21hr	9	6	5.2	2
	Off-flavor	NW	9	7	5.2	4
		2hr	9	8	6.5	4
		6hr	9	8	4.2	4
		21hr	9	6	3.5	3
	Texture	NW	9	7	6.2	3
		2hr	9	8	5.5	4.5
		6hr	9	7.5	5.2	4
		21hr	9	7	5.7	4.2
	Overall-acceptability	NW	9	7	5.5	3
		2hr	9	8	5.5	3
		6hr	9	7.5	4.5	3
		21hr	9	6	4.7	3

청경채의 경우는 그림에서 보는 바와 같이 냉수 온도를 1℃와 5℃로 달리하면서 각 냉수 온도에서 예냉 개시시간을 다르게 하면서 중량감모, 호흡속도, 미생물 수 변화 및 관능적 품질 유지 상태를 비교하였다. 그림에서 알 수 있는 것과 같이 예냉처리 시간이 지연될수록 감모율의 증가가 커짐을 알 수 있었는데 냉수 온도가 낮을수록 그리고 예냉개시시간이 빠를수록 감모율 증가가 낮게 나타났으며 이는 저장 온도에 상관없이 동일한 경향을 나타내었다. 그러나 중량감소는 상대적으로 깎았이나 청상추에 비하여 표면적이 적고 줄기 부분이 두꺼워 중량감모율은 처리구간 다소 차이는 있으나 1~2%내외로 전반적으로 낮게 나타났다.

호흡속도 역시 예냉처리를 빨리 할수록 낮게 유지되었다. 특히 2시간 이내에 예냉처리한 경우는 4℃에 저장한 경우는 6일째까지 10~15mg CO₂/kg/hr였으며 10℃에서는 초기 10~20mg CO₂/kg/hr 부근에서 6일후 20~45mg CO₂/kg/hr 전후를 나타내었다. 그러나, 24시간 지연후에 5℃ 냉수로 예냉처리한 경우는 4℃에 저장한 경우는 6일째까지 55~65mg CO₂/kg/hr였으며 10℃에서는 초기 20mg CO₂/kg/hr 부근에서 6일후 75~80mg CO₂/kg/hr 전후로 높게 나타났다. 이러한 현상은 냉각이 지연될수록 상자내에 호흡열의 축적이 이루어져 품온의 재상승을 가져오고 그 결과 호흡에 관여하는 효소의 활성이 촉진되어진 것으로 여겨졌다.

총균수와 대장균군 수의 비교에 있어서도 4℃에서 저장 6일 후에 분석한 결과 1~2 log scale 증가를 보였는데 특히 초기 균수에 있어서 2시간 이후에 예냉처리한 경우는 총균수가 무예냉구는 5.40×10^4 cfu/g, 대장균군수 5.0×10^1 cfu/g 였으나 2시간 후 냉수냉각처리한 경우 총균수는 9.50×10^3 cfu/g(1℃)와 3.67×10^3 cfu/g(5℃)로 나타났다. 한편 24시간 후에 냉수냉각처리한 경우는 각각 총균수는 3.44×10^4 cfu/g(1℃)와 8.50×10^4 cfu/g(5℃)로 높게 나타났다. 이러한 총균수 변화는 저장기간중 전반적으로 예냉개시시간이 지연될수록 높게 나타났으며 이는 세척 채소류의 경우 미생물학적 안전성을 강구하기 위해서는 가능한한 빨리 냉수냉각이 필요함을 보여주는 결과로 여겨졌다. 대장균군수에 있어서도 미생물수는 1~3 log scale 낮게 나타났으나 전반적으로 유사한 경향을 보여주었다. 한편 저장온도를 10℃로 상승시켜 저장한 경우는 미생물수의 증가가 더 현저함을 알 수 있었는데 4℃에 비하여 1 log scale 정도 더 높게 나타났다.

냉수냉각 처리후 4℃와 10℃에 저장하면서 관능적 품질을 평가한 경우 외관, 이취여부, 조직감 및 종합적 평가로 비교하였을 때 표에서 알 수 있는 바와 같이 6일 후에 관능적 수치는 4℃에서는 냉수처리 온도에 상관없이 무예냉처리구가 5.5, 2시간 처리구가 7.0, 8시간 지연처리구가 5.5. 24시간 지연처리구가 5.0으로 예냉처리 시간이 지연될수록 관능적 품질의 저하가 크게 나타났다. 10℃에 저장한 경우에서도 유사하게 나타났는데 6일후의 관능적 수치는 무예냉처리구가 5.5, 2시간 처리구가 5.5, 8시간 처리구가 4.5. 24시간 지연처리구가 4.0으로 나타났다. 여기에서 무예냉처리구의 경우 24시간 지연예냉구에 비하여 높은 관능적 품질을 유지한 것은 4℃와 10℃ 실험실 저장고에 입고 시간이 빠르고 상대적으로 저장고 공간이 청경채 입고량에 비하여 넓어서 저장고에서 품온 강하가 빨리 일어났기 때문으로 여겨진다. 그러나 실제 현장 규모에서는 많은 물량을 예냉처리 없이 적재할 경우 저장고 온도 상승은 물론 상자내 품온 상승으로 품온강하가 지연되어 관능적 품질은 더욱 저하할 것으로 사료된다.

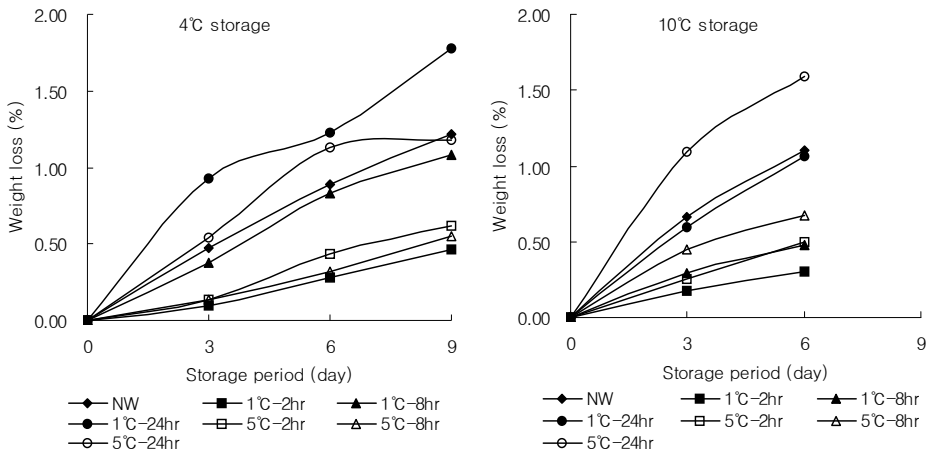


Fig. 19. Changes in the weight loss rate of pok-choi with different delayed hydrocooling time during storage 4 and 10℃.

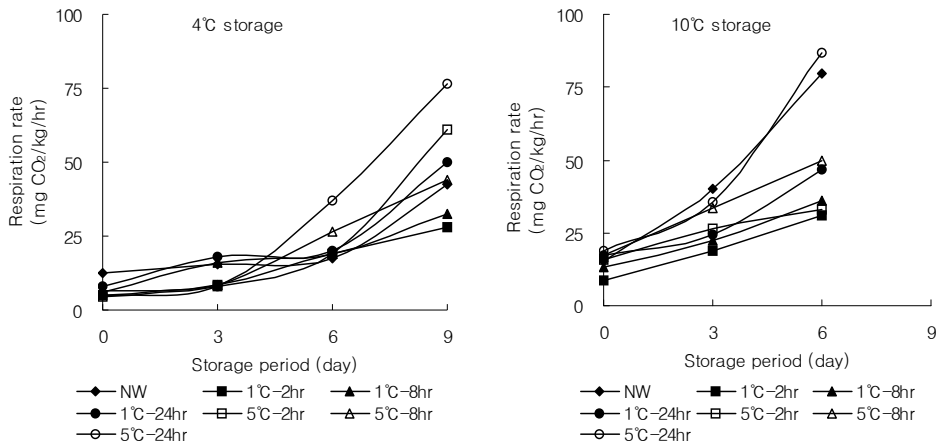


Fig. 20. Respiration rate of pok-choi with different delayed hydrocooling time during storage 4 and 10°C.

Table 11. Changes in microorganism number of pok-choi with different delayed hydrocooling time during storage 4°C (unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp.(°C)	Delayed hydrocooling time	Storage period (day)				
			0	3	6	9	
Viable cell count	1	NW	5.40×10^4	5.17×10^4	9.68×10^5	1.08×10^6	
		2hr	9.50×10^3	5.37×10^3	2.00×10^4	2.42×10^4	
		8hr	9.71×10^3	1.56×10^4	2.19×10^5	4.25×10^5	
		24h	3.44×10^4	2.56×10^4	3.55×10^5	1.74×10^5	
	5	2hr	3.67×10^3	1.33×10^4	1.27×10^4	1.57×10^4	
		8hr	1.40×10^3	2.80×10^4	2.75×10^4	2.05×10^5	
		24h	8.50×10^4	2.35×10^4	6.40×10^5	4.30×10^6	
	Coliform group count	1	NW	5.0×10^1	1.15×10^2	2.00×10^3	2.00×10^4
			2hr	1.0×10^1	9.50×10^1	2.50×10^2	5.31×10^2
8hr			1.5×10^1	4.00×10^2	1.00×10^3	3.20×10^3	
24h			4.0×10^1	1.50×10^2	1.87×10^3	5.02×10^3	
5		2hr	1.0×10^1	1.05×10^1	5.00×10^2	1.50×10^2	
		8hr	4.0×10^1	2.50×10^2	2.65×10^3	5.00×10^3	
		24h	5.0×10^1	6.50×10^2	4.40×10^3	3.95×10^3	

Table 12. Changes in microorganism number of pok-choi with different delayed hydrocooling time during storage 10°C, (unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp.(°C)	Delayed hydrocooling time	Storage period (day)				
			0	3	6	9	
Viable cell count	1	NW	5.40×10^4	3.80×10^5	7.70×10^7	-	
		2hr	9.50×10^3	5.40×10^4	1.01×10^5	-	
		8hr	9.71×10^3	1.27×10^4	9.50×10^5	-	
	5	24h	3.44×10^4	9.02×10^5	2.77×10^5	-	
		2hr	3.67×10^3	3.23×10^5	1.00×10^5	-	
		8hr	1.40×10^3	1.05×10^5	6.31×10^6	-	
	Coliform group count	1	24h	8.50×10^4	3.52×10^6	3.03×10^6	-
			NW	5.0×10^1	4.00×10^3	5.67×10^4	-
			2hr	1.0×10^1	1.20×10^2	6.40×10^3	-
5		8hr	1.5×10^1	1.30×10^3	5.00×10^3	-	
		24h	4.0×10^1	1.20×10^3	4.75×10^4	-	
		2hr	1.0×10^1	3.00×10^3	6.75×10^3	-	
5	8hr	4.0×10^1	7.05×10^3	1.17×10^4	-		
	24h	5.0×10^1	2.00×10^4	6.91×10^4	-		

Table 13. Sensory characteristics of pok-choi with different delayed hydrocooling time during storage 4°C

Sensory characteristics	Water temp. (°C)	Delayed hydrocooling time	Storage period (day)				
			0	3	6	9	
Appearance	1	NW	9	7	6	2.5	
		2hr	9	8	6.5	4	
		8hr	9	6	5.5	2.5	
	5	24hr	9	6	5.5	2	
		2hr	9	8.5	6.5	3.5	
		8hr	9	6.5	5.5	2.5	
	Off-flavor	1	24hr	9	6	5	2
			2hr	9	8.5	6.5	3.5
			8hr	9	6.5	5.5	2.5
5		24hr	9	6	5	2	
		2hr	9	8	7	5	
		8hr	9	7.5	5	4.5	
Texture		1	24hr	9	7	4	3
			2hr	9	8	7	5
			8hr	9	7	5	4.5
	5	24hr	9	7	4	3	
		2hr	9	8	7	5	
		8hr	9	7.5	5	4.5	
	Overall-acceptability	1	24hr	9	7	4	3
			2hr	9	8	7	5
			8hr	9	7.5	5.5	3.5
5		24hr	9	6	5	3	
		2hr	9	8.5	7	4.5	
		8hr	9	6	5.5	3	
5		24hr	9	6	5	3	

Table 14. Sensory characteristics of pok-choi with different delayed hydrocooling time during storage 10°C

Sensory characteristics	Water temp.(°C)	Delayed hydrocooling time	Storage period (day)			
			0	3	6	9
Appearance	1	NW	9	7	5.5	-
		2hr	9	8.5	6	-
		8hr	9	7	5.5	-
	5	24hr	9	6.5	5	-
		2hr	9	7	6.5	-
		8hr	9	6	5	-
Off-flavor	1	24hr	9	6	5	-
		NW	9	7	5.5	-
		2hr	9	8	6.5	-
	5	8hr	9	7.5	5	-
		24hr	9	6	4	-
		2hr	9	7	6	-
Texture	1	8hr	9	6.5	4	-
		24hr	9	6	4	-
		NW	9	7	6.5	-
	5	2hr	9	7	5.5	-
		8hr	9	5	5	-
		24hr	9	5	3.5	-
Overall-acceptability	1	2hr	9	7	5.5	-
		8hr	9	8	5.5	-
		24hr	9	7	4.5	-
	5	2hr	9	5	4	-
		8hr	9	7	5	-
		24hr	9	6	4.5	-
		24hr	9	5.5	4	-

썩갓의 경우는 그림에서 보는 바와 같이 냉수 온도를 1℃와 5℃로 달리하면서 각 냉수 온도에서 예냉 개시시간을 다르게 하면서 중량감모, 호흡속도, 미생물수 변화 및 관능적 품질 유지 상태를 비교하였다. 그림에서 알 수 있는 것과 같이 예냉처리 시간이 지연될수록 감모율의 증가가 커짐을 알 수 있었는데 냉수 온도가 낮을수록 그리고 예냉개시시간이 빠를수록 감모율 증가가 낮게 나타났으며 이는 저장 온도에 상관없이 동일한 경향을 나타내었다. 그러나 중량감소는 상대적으로 깎이어나 청상추에 비하여 표면적이 적고 줄기 부분이 두꺼워 중량감모율은 처리구간 다소 차이는 있으나 3%내외로 전반적으로 낮게 나타났으며 상대적으로 무예냉처리구와 5℃ 냉수로 24시간 지연처리한 경우 중량감모율이 높게 나타났다.

포장 필름백 내의 이산화탄소 농도는 저장기간중 증가하였는데 2시간 이내 예냉처리한 경우는 6일후에 4℃에서 3% 이하였으나 8시간 지연 예냉구는 5% 내외로 높게 나타났으며 10℃에서는 2시간 이내 예냉처리구가 5% 내외였으나 8시간 지연예냉처리구는 10% 이상으로 높게 증가함을 알 수 있었다. 이러한 현상은 냉각이 지연될수록 상자내에 호흡열의 축적이 이루어져 품온의 재상승을 가져오고 그 결과 호흡에 관여하는 효소의 활성이 촉진되어진 것으로 여겨졌다.

총균수와 대장균군 수의 비교에 있어서도 4℃에서 저장 6일 후에 분석한 결과 1~2 log scale 증가를 보였는데 특히 초기 균수에 있어서 2시간 이후에 예냉처리한 경우는 총균수가 무예냉구는 1.450×10^5 cfu/g, 대장균군수 3.95×10^4 cfu/g 였으나 2시간 후 냉수냉각처리한 경우 총균수는 8.73×10^3 cfu/g(1℃)와 4.34×10^3 cfu/g(5℃)로 나타났다. 한편 24시간 후에 냉수냉각처리한 경우는 각각 총균수는 6.05×10^4 cfu/g(1℃)와 8.00×10^4 cfu/g(5℃)로 높게 나타났다. 이러한 총균수 변화는 저장기간중 전반적으로 예냉개시시간이 지연될수록 높게 나타났으며 이는 세척 채소류의 경우 미생물학적 안전성을 강구하기 위해서는 가능한한 빨리 냉수냉각이 필요함을 보여주는 결과로 여겨졌다. 대장균군수에 있어서도 미생물수는 1~2 log scale 낮게 나타났으나 전반적으로 유사한 경향을 보여주었다. 한편 저장온도를 10℃로 상승시켜 저장한 경우는 미생물수의 증가가 더 현저함을 알 수 있었는데 4℃에 비하여 1 log scale 정도 더 높게 나타났다.

냉수냉각 처리후 4℃와 10℃에 저장하면서 관능적 품질을 평가한 경우 외관, 이

취여부, 조직감 및 종합적 평가로 비교하였을 때 표에서 알 수 있는 바와 같이 6일 후에 관능적 수치는 4°C에서는 냉수처리 무예냉처리구가 5.0, 2시간 처리구가 7.5, 8시간 지연처리구가 6.5. 24시간 지연처리구가 6.0으로 예냉처리 시간이 지연될수록 관능적 품질의 저하가 크게 나타났다. 한편 처리수의 온도를 1°C에서 5°C로 상승시킨 경우 품질 변화는 약간 가속화된 것으로 나타났다. 한편 저장온도를 10°C로 상승시킨 경우는 2일째까지는 품질차이를 인지할 수 있었으나 6일 후에는 처리구간 큰 차이를 구별하기 어려웠다.

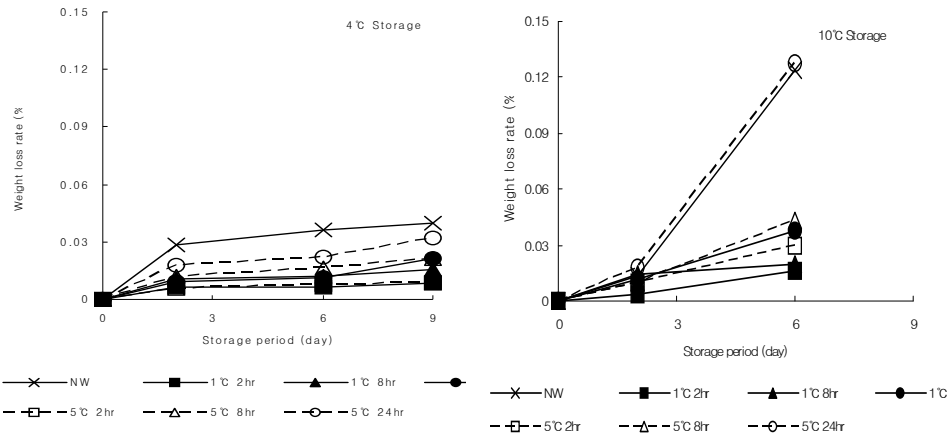


Fig. 21. Changes in the weight loss rate of garland chrysanthemum with different delayed hydrocooling time during storage at 4 and 10°C.

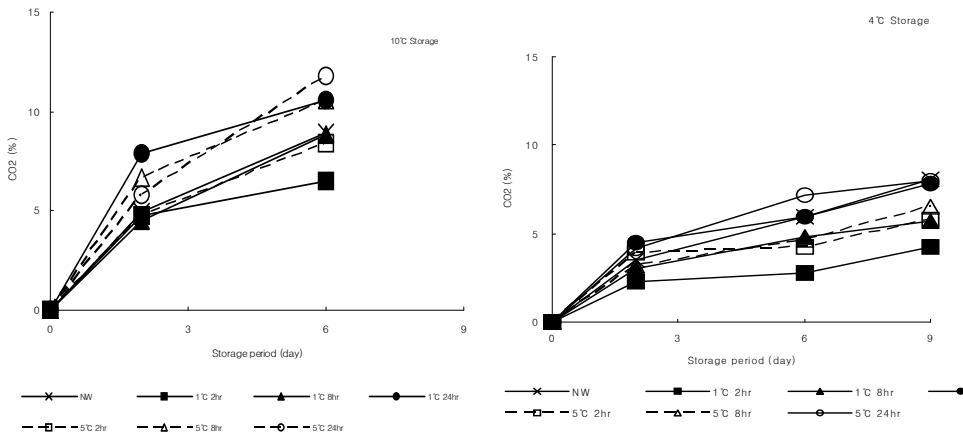


Fig. 22. Changes in the CO₂ increasing rate of Garland Chrysanthemum with different delayed hydrocooling time during storage at 4 and 10°C.

Table 15. Changes in the microorganism number of Garland Chrysanthemum with different delayed hydrocooling time during storage at 4°C (unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp. (°C)	Delayed hydrocooling time(hr)	Storage period(day)					
			0	2	6	9		
Viable cell count	1	NW	1.45×10^5	1.87×10^6	2.95×10^7	8.20×10^7		
		2	8.73×10^3	4.70×10^4	1.90×10^5	5.50×10^5		
		8	6.45×10^3	9.90×10^4	1.10×10^5	1.45×10^6		
		24	6.05×10^4	2.07×10^5	2.70×10^5	1.38×10^6		
		2	4.34×10^3	1.64×10^4	2.72×10^5	2.01×10^6		
		8	4.60×10^4	3.36×10^5	1.01×10^6	1.68×10^6		
	5	24	8.00×10^4	1.83×10^5	1.46×10^6	9.90×10^6		
		Coliform group count	NW	3.95×10^4	2.10×10^4	2.20×10^4	1.35×10^5	
			1	2	9.75×10^2	4.35×10^3	1.40×10^3	1.08×10^3
				8	4.00×10^2	1.36×10^3	3.40×10^3	4.00×10^3
				24	1.00×10^3	1.35×10^4	7.50×10^3	8.80×10^4
			5	2	3.02×10^2	5.73×10^3	1.00×10^3	3.20×10^4
8	2.20×10^3			6.00×10^3	3.00×10^3	1.37×10^4		
24	3.00×10^3	1.00×10^4		6.00×10^4	1.05×10^5			

Table 16. Changes in the microorganism number of Garland Chrysanthemum with different delayed hydrocooling time during storage at 10°C (unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp. (°C)	Delayed hydrocooling time(hr)	Storage period(day)				
			0	2	6	9	
Viable cell count	1	NW	1.45×10^5	2.50×10^6	8.65×10^8	-	
		2	8.73×10^3	1.40×10^5	7.82×10^6	-	
		8	6.45×10^3	3.35×10^5	3.70×10^7	-	
	5	24	6.05×10^4	1.96×10^5	1.06×10^8	-	
		2	4.34×10^3	1.27×10^5	5.15×10^6	-	
		8	4.60×10^4	5.15×10^5	4.55×10^7	-	
	Coliform group count	1	24	8.00×10^4	3.95×10^6	1.80×10^8	-
			NW	3.95×10^4	8.50×10^4	2.20×10^5	-
			2	9.75×10^2	1.20×10^3	2.04×10^3	-
5		8	4.00×10^2	1.10×10^4	1.00×10^5	-	
		24	1.00×10^3	2.86×10^5	9.50×10^5	-	
		2	3.02×10^2	7.54×10^4	3.20×10^4	-	
5	8	2.20×10^3	1.42×10^4	2.75×10^5	-		
	24	3.00×10^3	8.15×10^4	5.00×10^5	-		

Table 17. Sensory characteristics of Garland Chrysanthemum with different delayed hydrocooling time during storage at 4°C

Water temp. (°C)	Delayed hydrocooling time(hr)	Organoleptic characteristic	Storage period(day)			
			0	2	6	9
1	NW	Appearance	9.0	8.0	5.5	4.5
		Off-flavor	1.0	2.0	5.0	7.0
		Texture	9.0	8.0	5.0	4.5
		Overall acceptability	9.0	8.0	5.0	4.0
	2	Appearance	9.0	9.0	7.0	6.5
		Off-flavor	1.0	1.0	2.0	3.0
		Texture	9.0	9.0	8.0	7.5
		Overall acceptability	9.0	9.0	7.5	7.0
	8	Appearance	9.0	9.0	7.0	6.0
		Off-flavor	1.0	1.0	2.5	3.5
		Texture	9.0	8.5	7.5	6.5
		Overall acceptability	9.0	9.0	6.5	6.5
24	Appearance	9.0	8.5	6.5	6.0	
	Off-flavor	1.0	1.5	3.5	4.0	
	Texture	9.0	8.5	7.0	6.0	
	Overall acceptability	9.0	8.5	6.0	5.5	
5	2	Appearance	9.0	8.5	6.5	6.0
		Off-flavor	1.0	1.0	2.5	3.0
		Texture	9.0	8.5	7.0	6.5
		Overall acceptability	9.0	8.5	7.0	6.5
	8	Appearance	9.0	8.5	6.5	6.0
		Off-flavor	1.0	1.5	3.0	3.5
		Texture	9.0	8.0	6.5	6.0
		Overall acceptability	9.0	8.0	6.5	6.0
	24	Appearance	9.0	8.0	6.0	5.0
		Off-flavor	1.0	1.5	3.0	3.5
		Texture	9.0	8.0	6.0	5.0
		Overall acceptability	9.0	7.5	6.0	5.0

Table 18. Sensory characteristics of Garland Chrysanthemum with different delayed hydrocooling time during storage at 10°C

Water temp. (°C)	Delayed hydrocooling time(hr)	Organoleptic characteristic	Storage period(day)			
			0	2	6	9
1	NW	Appearance	9.0	8.0	4.5	-
		Off-flavor	9.0	6.5	2.5	-
		Texture	9.0	8.0	4.0	-
		Overall acceptability	9.0	8.0	4.0	-
	2	Appearance	9.0	9.0	5.5	-
		Off-flavor	9.0	9.0	3.5	-
		Texture	9.0	8.5	6.0	-
		Overall acceptability	9.0	8.5	5.0	-
	8	Appearance	9.0	8.5	5.5	-
		Off-flavor	9.0	7.5	3.5	-
		Texture	9.0	8.0	5.5	-
		Overall acceptability	9.0	8.0	5.5	-
24	Appearance	9.0	8.0	5.0	-	
	Off-flavor	9.0	7.0	4.0	-	
	Texture	9.0	8.0	5.0	-	
	Overall acceptability	9.0	7.5	4.5	-	
5	2	Appearance	9.0	8.5	5.0	-
		Off-flavor	9.0	7.5	4.0	-
		Texture	9.0	7.5	5.0	-
		Overall acceptability	9.0	8.0	5.0	-
	8	Appearance	9.0	8.0	5.0	-
		Off-flavor	9.0	8.0	4.0	-
		Texture	9.0	7.0	4.0	-
		Overall acceptability	9.0	7.5	5.0	-
	24	Appearance	9.0	7.5	4.0	-
		Off-flavor	9.0	6.5	3.0	-
		Texture	9.0	6.5	4.5	-
		Overall acceptability	9.0	7.0	4.0	-

치커리의 경우는 그림에서 보는 바와 같이 냉수 온도를 1℃와 5℃로 달리하면서 각 냉수 온도에서 예냉 개시시간을 다르게 하면서 중량감모, 호흡속도, 미생물 수 변화 및 관능적 품질 유지 상태를 비교하였다. 그림에서 알 수 있는 것과 같이 예냉처리 시간이 지연될수록 감모율의 증가가 커짐을 알 수 있었는데 냉수 온도가 낮을수록 그리고 예냉개시시간이 빠를수록 감모율 증가가 낮게 나타났으며 이는 저장 온도에 상관없이 동일한 경향을 나타내었다. 조리구간 중량감소를 보면 수확후 2시간 이내에 1℃ 냉수로 냉수냉각처리한 치커리의 경우 중량감모율이 가장 낮게 나타났으며 5℃ 냉수로 24시간 지연 냉각 처리한 치커리의 경우 중량감모율이 가장 높게 나타났다.

호흡속도 역시 예냉처리를 빨리 할수록 낮게 유지되었다. 특히 2시간 이내에 예냉처리한 경우는 4℃에 저장한 경우는 6일째까지 3~13mg CO₂/kg/hr였으며 10℃에서는 초기 5~7mg CO₂/kg/hr 부근에서 6일후 10~15mg CO₂/kg/hr 전후를 나타내었다. 그러나, 24시간 지연후에 5℃ 냉수로 예냉처리한 경우는 4℃에 저장한 경우는 6일째까지 35~40mg CO₂/kg/hr였으며 10℃에서는 초기 50mg CO₂/kg/hr 부근에서 6일후 25~30mg CO₂/kg/hr 전후로 높게 나타났다. 이러한 현상은 냉각이 지연될수록 상자내에 호흡열의 축적이 이루어져 품온의 재상승을 가져오고 그 결과 호흡에 관여하는 효소의 활성이 촉진되어진 것으로 여겨졌다.

총균수와 대장균군 수의 비교에 있어서도 4℃에서 저장 6일 후에 분석한 결과 1~2 log scale 증가를 보였는데 특히 초기 균수에 있어서 2시간 이후에 예냉처리한 경우는 총균수가 무예냉구는 1.74×10^6 cfu/g, 대장균군수 4.0×10^4 cfu/g 였으나 2시간 후 냉수냉각처리한 경우 총균수는 8.95×10^4 cfu/g(1℃)와 1.88×10^5 cfu/g(5℃)로 나타났다. 한편 24시간 후에 냉수냉각처리한 경우는 각각 총균수는 9.30×10^5 cfu/g(1℃)와 4.20×10^5 cfu/g(5℃)로 높게 나타났다. 이러한 총균수 변화는 저장기간중 전반적으로 예냉개시시간이 지연될수록 높게 나타났으며 이는 세척 채소류의 경우 미생물학적 안전성을 강구하기 위해서는 가능한한 빨리 냉수냉각이 필요함을 보여주는 결과로 여겨졌다. 대장균군수에 있어서도 미생물수는 1~2 log scale 낮게 나타났으나 전반적으로 유사한 경향을 보여주었다. 한편 저장온도를 10℃로 상승시켜 저장한 경우는 미생물수의 증가가 더 현저함을 알 수 있었는데 4℃에 비하여 1 log scale 정도 더 높게 나타났다.

냉수냉각 처리후 4℃와 10℃에 저장하면서 관능적 품질을 평가한 경우 외관, 이취여부, 조직감 및 종합적 평가로 비교하였을 때 표에서 알 수 있는 바와 같이 6일 후에 관능적 수치는 4℃에서는 1℃냉수로 처리한 경우 무예냉처리구가 5.5, 2시간 처리구가 7.5(5℃냉수는 7.0), 8시간 지연처리구가 5.5(5℃냉수는 5.). 24시간 지연처리구가 5.5(5℃냉수는 5.0)으로 예냉처리 시간이 지연될수록 관능적 품질의 저하가 크게 나타났다. 10℃에 저장한 경우에서도 유사하게 나타났는데 6일후의 관능적 수치는 무예냉처리구가 5.5, 2시간 처리구가 5.5, 8시간 처리구가 4.5. 24시간 지연처리구가 4.0으로 나타났다. 여기에서 무예냉처리구의 경우 24시간 지연예냉구에 비하여 높은 관능적 품질을 유지한 것은 4℃와 10℃ 실험실 저장고에 입고 시간이 빠르고 상대적으로 저장고 공간이 청경채 입고량에 비하여 넓어서 저장고에서 품온 강하가 빨리 일어났기 때문으로 여겨진다. 그러나 실제 현장 규모에서는 많은 물량을 예냉처리 없이 적재할 경우 저장고 온도 상승은 물론 상자내 품온 상승으로 품온강하가 지연되어 관능적 품질은 더욱 저하할 것으로 사료된다.

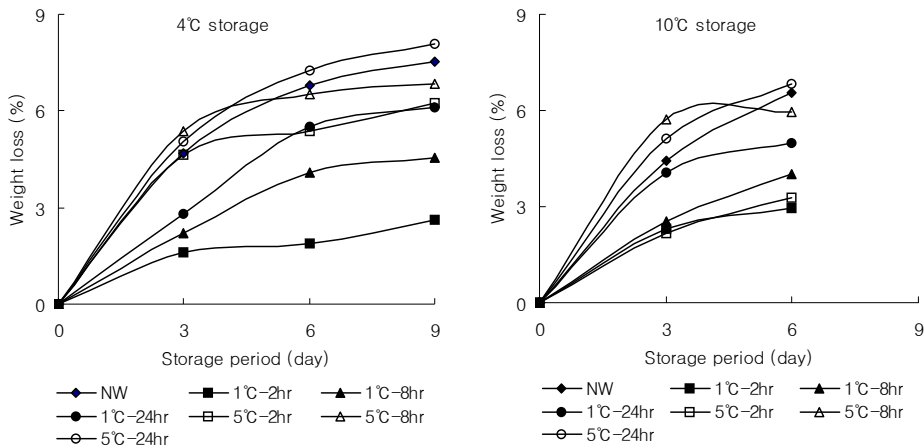


Fig. 23. Changes in the weight loss rate of chicory with different delayed hydrocooling time during storage 4 and 10℃.

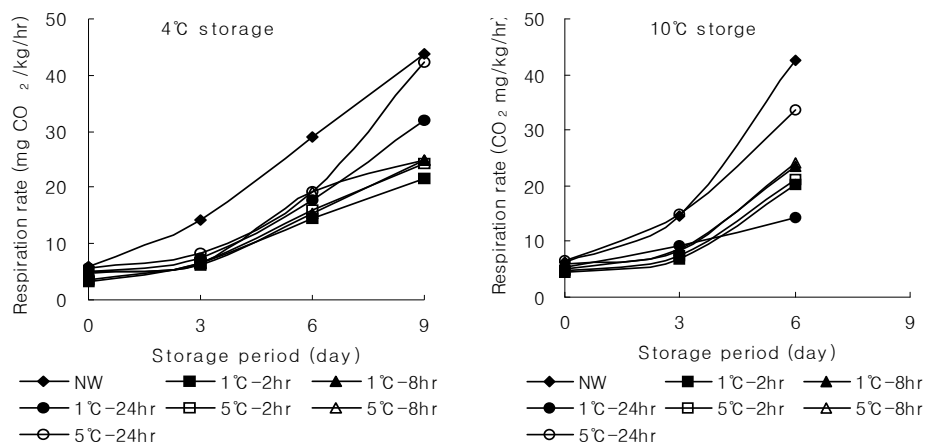


Fig. 24. Respiration rate of chicory with different delayed hydrocooling time during storage 4 and 10°C.

Table 19. Changes in microorganism number of chicory with different delayed hydrocooling time during storage 4°C (unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp. (°C)	Delayed hydrocooling time	Storage period (day)					
			0	3	6	9		
Viable cell count	1	NW	1.74×10^6	3.80×10^6	8.65×10^7	2.60×10^7		
		2hr	8.95×10^4	4.65×10^5	3.40×10^5	2.00×10^6		
		8hr	2.85×10^5	3.46×10^5	3.00×10^6	5.85×10^5		
		24h	9.30×10^5	2.30×10^6	2.71×10^6	1.90×10^7		
		5	2hr	1.88×10^5	1.84×10^5	4.45×10^5	1.25×10^6	
			8hr	1.38×10^5	5.15×10^5	3.44×10^5	1.35×10^6	
			24h	4.20×10^5	2.25×10^6	6.20×10^6	1.73×10^7	
		Coliform group count	1	NW	4.00×10^4	7.63×10^5	1.79×10^6	1.40×10^6
				2hr	6.90×10^3	8.00×10^3	2.37×10^4	3.00×10^4
8hr	2.00×10^3			4.16×10^4	5.40×10^4	4.00×10^4		
24h	2.85×10^4			2.20×10^4	3.50×10^5	1.70×10^5		
5	2hr			2.70×10^3	9.00×10^3	1.72×10^4	5.00×10^4	
	8hr			2.00×10^3	5.20×10^4	2.70×10^4	6.00×10^5	
	24h			3.30×10^4	5.00×10^4	1.82×10^5	1.25×10^5	

Table 20. Changes in microorganism number of chicory with different delayed hydrocooling time during storage 10°C (unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp. (°C)	Delayed hydrocooling time	Storage period (day)					
			0	3	6	9		
Viable cell count	1	NW	1.74×10^6	3.32×10^7	3.90×10^7	-		
		2hr	8.95×10^4	3.30×10^5	1.60×10^6	-		
		8hr	2.85×10^5	4.01×10^6	1.30×10^6	-		
		24h	9.30×10^5	1.17×10^6	1.00×10^7	-		
		5	2hr	1.88×10^5	4.13×10^5	1.10×10^6	-	
			8hr	1.38×10^5	3.26×10^6	3.00×10^6	-	
			24h	4.20×10^5	1.67×10^6	5.20×10^7	-	
		Coliform group count	1	NW	4.00×10^4	2.90×10^5	3.84×10^6	-
				2hr	6.90×10^3	1.00×10^4	1.90×10^4	-
				8hr	2.00×10^3	1.10×10^4	8.06×10^5	-
24h	2.85×10^4			3.00×10^5	1.52×10^5	-		
5	2hr			2.70×10^3	1.80×10^4	2.45×10^5	-	
	8hr			2.00×10^3	1.00×10^5	2.75×10^5	-	
	24h			3.30×10^4	4.00×10^5	1.05×10^6	-	

Table 21. Sensory characteristics of chicory with different delayed hydrocooling time during storage 4°C

Sensory characteristics	Water temp. (°C)	Delayed hydrocooling time	Storage period (day)				
			0	3	6	9	
Appearance	1	NW	9	7	6.5	2	
		2hr	9	8.5	6.5	3.5	
		8hr	9	6	5.5	2.5	
	5	24hr	9	6	5	2.5	
		2hr	9	8.5	6.5	3	
		8hr	9	6	5	2.5	
	Off-flavor	1	24hr	9	6	5	2
			NW	9	7	6.5	4.5
			2hr	9	8	7.5	5
5		8hr	9	7.5	5.5	4.5	
		24hr	9	7	4.5	3.5	
		2hr	9	8	7	5	
Texture		1	8hr	9	7	5	4
			24hr	9	7	4.5	3
			NW	9	8	6	3.5
	5	2hr	9	8.5	7.5	4.5	
		8hr	9	6.5	5.5	3.5	
		24hr	9	6	5	2.5	
	Overall-acceptability	1	2hr	9	8.5	7	4.5
			8hr	9	6	5	3
			24hr	9	6	5	2.5
5		2hr	9	9	7.5	4.5	
		8hr	9	7	5.5	3.5	
		24hr	9	6	5.5	3.5	
Overall-acceptability		5	2hr	9	9	7	4.5
			8hr	9	6	5	3.5
			24hr	9	6	5	3

Table 22. Sensory characteristics of chicory with different delayed hydrocooling time during storage 10°C

Sensory characteristics	Water temp. (°C)	Delayed hydrocooling time	Storage period (day)				
			0	3	6	9	
Appearance	1	NW	9	6.5	5.5	-	
		2hr	9	8	6.5	-	
		8hr	9	7	5.5	-	
	5	24hr	9	6	5	-	
		2hr	9	7	6	-	
		8hr	9	6.5	5	-	
	Off-flavor	1	24hr	9	6	5	-
			NW	9	7	5.5	-
			2hr	9	8	6.5	-
5		8hr	9	7	4.5	-	
		24hr	9	6	3.5	-	
		2hr	9	7.5	6	-	
Texture		1	8hr	9	6	4	-
			24hr	9	6	3.5	-
			NW	9	7	6.5	-
	5	2hr	9	8	5.5	-	
		8hr	9	6	5.5	-	
		24hr	9	6	4.5	-	
	Overall-acceptability	1	2hr	9	7.5	5.5	-
			8hr	9	5.5	5	-
			24hr	9	5	4	-
5		2hr	9	7	5.5	-	
		8hr	9	8	5.5	-	
		24hr	9	7	4.5	-	
5		2hr	9	7	5	-	
		8hr	9	6.5	4	-	
		24hr	9	5.5	4	-	

3. 처리수의 온도와 처리 시간에 따른 유통 제품의 품질 변화

가. 재료 및 방법

1) 재료

본 실험에 사용된 시료는 서울시 문정동에서 재배된 청상추, 깻잎, 청경채, 치커리, 쪽갓을 당일 수확한 것을 구입하여 사용하였다.

2) 전처리, 냉각, 포장 및 저장

냉수냉각처리는 산지에서 운반되어온 채소류를 냉수냉각 처리조에 투입한 후 처리 온도별로 처리시간을 달리하면서 냉각한 후 꺼내 특별히 제작된 원심탈수기에 의해 탈수처리한 후 전후 각 4개씩 핀홀(5mm)이 있는 PP포장백에 담아 보관하면서 관찰하였다. 포장된 채소 백은 $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ 저장고에 보관하면서 품질 변화를 전향에서 제시한 관능적 평가 기준에 의해 관찰하였다.

한편, 냉수온도별 처리시간에 따른 잎채소류 조직의 저온장해 유무는 냉수에 침지후 자연탈수하여 10°C 온도에서 24시간 방치후 조직 변화 현상을 육안으로 관찰하여 판단하였다.

나. 결과 및 고찰

냉수처리 온도와 처리 시간에 따른 채소류 잎 조직의 장해 유무를 조사하기 위하여 5품목에 대하여 1°C 및 5°C 의 냉각수와 16°C 의 지하수를 이용하여 처리시간을 달리하여 침지한 후 PP film bag에 포장하여 10°C 에서 24hr 저장한 후 조직의 장해 유무와 품질 상태를 관찰하였다. 그 결과 1°C 의 냉각수로 처리한 경우에는 저온 장해가 발생하지 않았으며 5°C 세척수에서 처리한 경우에는 처리시간이 10분 이상 길어지는 경우 조직 장해 발생의 흔적이 관찰되었고, 16°C 의 지하수에서 15분 침지한 경우 시료의 조직에서 짓무름이 관찰되었다. 즉, 처리수 온도가 낮을수록 채소류 조직의 품질저하를 억제하는데 효과적으로 나타났으며 1°C 저온수에서는 15분 정도 처리하여도 저온장해에 의한 조직 장해는 발생하지 않았으며 품온 강하에 의해 오히려 선도유지 효과가 나타났다.

냉수처리온도에 따른 처리시간별 장해발생은 상추와 치커리는 5°C 냉수에서는 10분, 16°C 지하수에서는 8분, 청경채는 5°C 냉수에서는 15분, 16°C 지하수에서는 10분, 쪽갓과 깻잎은 5°C 냉수에서는 10분, 16°C 지하수에서는 10분 이상 침지시 장해가 발생하였다.

표 23. 냉수처리 온도와 처리 시간에 따른 품목별 조직의 저온 장애 유무

품목	처리시간 (min)	처리수 온도 (°C)		
		1	5	16
상추	0	◎	◎	○
	2	◎	◎	◎
	4	◎	◎	◎
	6	◎	◎	◎
	8	◎	◎	○
	10	◎	○	△
	15	◎	○	△
치커리	0	◎	◎	○
	2	◎	◎	◎
	4	◎	◎	◎
	6	◎	◎	◎
	8	◎	◎	○
	10	◎	○	△
	15	◎	△	△
청경채	0	◎	◎	◎
	2	◎	◎	◎
	4	◎	◎	◎
	6	◎	◎	◎
	8	◎	◎	◎
	10	◎	◎	○
	15	◎	○	○
숙갓	0	◎	◎	○
	2	◎	◎	◎
	4	◎	◎	◎
	6	◎	◎	◎
	8	◎	◎	◎
	10	◎	○	△
	15	◎	△	△
깻잎	0	◎	◎	○
	2	◎	◎	◎
	4	◎	◎	◎
	6	◎	◎	◎
	8	◎	◎	◎
	10	◎	○	○
	15	◎	△	△

◎ : 전혀 없음, ○ : 장애 발현 흔적, △ : 약간 장애, × : 장애 현상 큼

처리수 온도별로 처리시간을 다르게 하면서 냉수냉각한 경우 상추는 표에서 알 수 있는 바와 같이 1℃ 냉수로 처리한 경우는 10~15분 냉각한 경우는 2일, 2~8분 냉수처리한 경우는 4일째까지 상품성이 유지되었다. 그러나 5℃ 냉수로 냉각한 경우는 8~15분 냉각한 경우는 2일, 2~6분 냉각한 경우는 4일째까지 상품성이 유지되었고 16℃ 지하수에서는 10~15분 냉각한 경우는 2일 전에, 6~8분 처리한 경우는 2일, 2~4분 처리한 경우는 4일로 나타나 냉수냉각에 사용된 물의 온도가 높을수록 선도저하가 촉진됨을 알 수 있었으며 냉수온도가 낮더라도 6~8분 정도의 처리가 판매기간등을 고려할 때 품질 면에서 적절한 것으로 여겨졌다. 이러한 현상은 냉수온도가 낮을수록 피냉각물과의 온도차가 커서 냉각속도가 빠르기 때문에 품온강하에 의한 생리적 활성의 저하로 선도유지에 긍정적으로 작용한 것으로 여겨진다.

표 24. 처리수 온도와 처리시간에 따른 냉수냉각한 상추의 관능적 품질 변화 (10℃)

처리온도 (℃)	처리시간 (min)	관능적 품질			
		처리 후	2일 후	4일 후	6일 후
1	0	9	8	7	5
	2	9	9	8	6
	4	9	9	7	6
	6	9	9	7	6
	8	9	8	7	6
	10	9	7	6	5
	15	9	7	6	5
5	0	9	8	7	5
	2	9	9	8	6
	4	9	9	7	6
	6	9	8	7	6
	8	9	8	6	5
	10	9	7	6	4
	15	9	7	6	4
16	0	9	8	7	5
	2	9	9	7	5
	4	9	8	7	5
	6	9	7	6	5
	8	9	7	6	4
	10	9	6	5	4
	15	9	6	4	4

9 : very fresh, 7 : fresh, marketable, 5, fair, 3 : poor, 1 : very poor

처리수 온도별로 처리시간을 다르게 하면서 냉수냉각한 경우 치커리의 경우는 표에서 알 수 있는 바와 같이 1℃ 냉수로 처리한 경우는 15분 냉각한 경우는 2일, 6~10분 냉수처리한 경우는 4일, 2~4분 처리한 경우는 6일째까지 상품성이 유지되었다. 그러나 5℃ 냉수로 냉각한 경우는 8~15분 냉각한 경우는 2일, 6분 냉각한 경우는 4일째까지 상품성이 유지되었고 16℃ 지하수에서는 6~15분 냉각한 경우는 2일, 2~4분 처리한 경우는 2일로 나타나 역시 냉수냉각에 사용된 물의 온도가 높을수록 선도저하가 촉진됨을 알 수 있었으며 냉수온도가 낮더라도 16~10분 정도의 처리가 판매기간등을 고려할 때 품질 면에서 적절한 것으로 여겨졌다.

표 25. 처리수 온도와 처리시간에 따른 냉수냉각한 치커리의 관능적 품질 변화(10℃)

처리온도 (℃)	처리시간 (min)	관능적 품질			
		처리 후	2일 후	4일 후	6일 후
1	0	9	9	6	3
	2	9	9	8	7
	4	9	9	7	7
	6	9	8	7	6
	8	9	8	7	6
	10	9	8	7	5
	15	9	7	6	5
5	0	9	9	6	3
	2	9	9	8	7
	4	9	9	7	7
	6	9	8	7	6
	8	9	8	6	5
	10	9	8	6	5
	15	9	7	6	3
16	0	9	9	6	3
	2	9	9	7	6
	4	9	8	7	6
	6	9	8	6	6
	8	9	8	6	6
	10	9	7	6	5
	15	9	7	5	3

9 : very fresh, 7 : fresh, marketable, 5, fair, 3 : poor, 1 : very poor

청경채의 경우는 처리수 온도별로 처리시간을 다르게 하면서 냉수냉각한 경우 표에서 알 수 있는 바와 같이 1℃ 냉수, 5℃ 냉수 및 지하수로 처리한 경우는 8~15분 냉각한 경우는 2일, 2~6분 처리한 경우는 4일째까지 상품성이 유지되었다.

숙갓의 경우는 처리수 온도별로 처리시간을 다르게 하면서 냉수냉각한 경우 표에서 알 수 있는 바와 같이 1℃ 냉수로 처리한 경우는 15분 냉각한 경우는 2일, 4~10분 냉수처리한 경우는 4일, 2분 처리한 경우는 6일째까지 상품성이 유지되었다. 그러나 5℃ 냉수로 냉각한 경우는 8~15분 냉각한 경우는 2일, 4~6분 냉각한 경우는 4일째까지 상품성이 유지되었고 16℃ 지하수에서는 15분 이상 처리한 경우는 2일 전에 상품성이 저하되었고, 10분이하로 처리한 경우는 2일째까지는 판매기간등을 고려할 때 품질 면에서 적절한 것으로 여겨졌다.

그리고 깻잎의 경우는 표에서 알 수 있는 바와 같이 1℃ 냉수로 처리한 경우는 10~15분 냉각한 경우는 2일, 4~8분 냉수처리한 경우는 4일, 2분 처리한 경우는 6일째까지 상품성이 유지되었다. 그러나 5℃ 냉수로 냉각한 경우는 10~15분 냉각한 경우는 2일, 4~8분 냉각한 경우는 4일째까지 상품성이 유지되었고 16℃ 지하수에서는 6분이상 처리한 경우는 2일 전에 상품성이 저하되었고, 4분이하로 처리한 경우는 4일째까지 상품성이 유지되었다.

잎채소류의 경우 조직이 취약하여 냉수에 침지한 경우 수분을 흡수하여 저온에 보관하지 않은 경우는 저장성이 더 저하하게 된다. 본 연구에서는 냉수냉각후 10℃에 보관하면서 유통가능 기한을 조사하였는데 냉수온도가 낮은 경우는 에너지효과에 의하여 선도 연장이 되기 때문에 수분 흡수에 대한 유통기간 단축이 크지 않으나 냉수 온도가 높은 경우는 오히려 유통기간을 단축시키는 역효과를 가져오며 이는 고 수분하에서는 미생물 생육이나 조직 연화에 관여하는 생리적 현상들이 촉진되기 때문으로 여겨졌다.

표 26. 처리수 온도와 처리시간에 따른 냉수냉각한 청경채의 관능적 품질 변화(10℃)

처리온도 (℃)	처리시간 (min)	관능적 품질			
		처리 후	2일 후	4일 후	6일 후
1	0	9	8	6	4
	2	9	9	8	6
	4	9	9	7	6
	6	9	9	7	6
	8	9	8	6	6
	10	9	8	6	5
	15	9	8	6	5
5	0	9	8	6	4
	2	9	9	8	6
	4	9	9	7	6
	6	9	9	7	6
	8	9	8	6	5
	10	9	8	6	5
	15	9	8	5	5
16	0	9	8	6	4
	2	9	9	8	6
	4	9	9	7	6
	6	9	9	7	6
	8	9	8	6	5
	10	9	8	5	4
	15	9	7	5	4

9 : very fresh, 7 : fresh, marketable, 5, fair, 3 : poor, 1 : very poor

표 27. 처리수 온도와 처리시간에 따른 냉수냉각한 썩갯의 관능적 품질 변화(10℃)

처리온도 (℃)	처리시간 (min)	관능적 품질			
		처리 후	2일 후	4일 후	6일 후
1	0	9	8	6	3
	2	9	9	8	7
	4	9	9	8	6
	6	9	8	7	6
	8	9	8	7	6
	10	9	7	7	5
	15	9	7	6	5
5	0	9	8	6	3
	2	9	9	7	7
	4	9	9	7	6
	6	9	8	7	6
	8	9	8	6	6
	10	9	7	6	5
	15	9	7	5	5
16	0	9	8	6	3
	2	9	8	6	5
	4	9	8	6	5
	6	9	7	6	5
	8	9	7	6	4
	10	9	7	6	4
	15	9	6	5	4

9 : very fresh, 7 : fresh, marketable, 5, fair, 3 : poor, 1 : very poor

표 28. 처리수 온도와 처리시간에 따른 냉수냉각한 깻잎의 관능적 품질 변화(10℃)

처리온도 (℃)	처리시간 (min)	관능적 품질			
		처리 후	2일 후	4일 후	6일 후
1	0	9	9	7	5
	2	9	9	9	7
	4	9	9	9	6
	6	9	9	7	6
	8	9	8	7	6
	10	9	8	6	5
	15	9	8	6	5
5	0	9	9	7	5
	2	9	9	8	7
	4	9	9	7	6
	6	9	8	7	6
	8	9	8	7	6
	10	9	8	6	5
	15	9	8	6	5
16	0	9	9	7	5
	2	9	9	7	6
	4	9	9	7	6
	6	9	8	6	6
	8	9	8	6	5
	10	9	8	6	5
	15	9	8	6	5

9 : very fresh, 7 : fresh, marketable, 5, fair, 3 : poor, 1 : very poor

제 3 절 엽채류에 적합한 세척 장치 및 관련 기술 개발

1. 잎채소류용 세척 시스템 설계 및 제작

가. 재료

본 실험에 사용한 실험 재료는 산지에서 당일 수확된 채소류를 구입하여 바로 연구원으로 옮겨 실험에 사용하였다. 실험에 사용한 채소류는 아래와 같다.

표 29. 세척 실험에 사용한 채소류

시료명	원산지
청상추 (오포 상추)	경기도 광주군 오포면
깻잎 (밀양 깻잎)	경남 밀양시
치커리 (삼평 치커리)	경기도 성남시
썩갓 (남양주 썩갓)	경기도 남양주군
청경채 (모현 청경채)	경기도 용인시 모현면

나. 세척시스템의 설계 및 제작

1) 세척기의 설계 및 제작

본 실험에 사용한 엽채류 기계 세정 시스템의 개발 원리는 아래 그림과 같다. 본 장치의 특징은 세정조 내에 물 분사구와 공기 분사구를 가지고 있어 손 세정하는 과정을 기계적으로 재현하기 위하여 세정 시 엽채류가 회전과 뒤집힘 과정을 반복하면서 전진, 세정되도록 하였다. 세정 정도는 노즐의 각도와 압력 조절레버를 이용하여 수압과 공기압을 변경, 조절하면서 실험하였다.

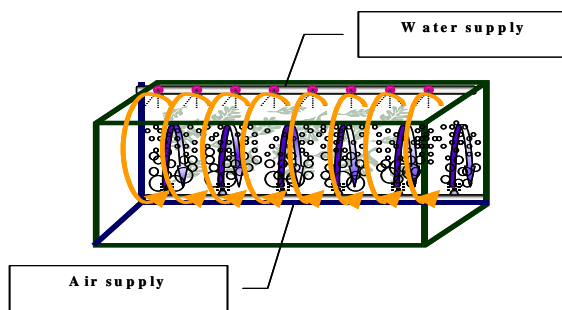


Fig. 25. Principle of mechanical washing system

세척 원리 규명을 위해 사용한 세척기는 외치수가 1500L × 760W × 405Hmm, 내치수는 1500L × 630W × 340Hmm로 제작되었다. 세척기에는 세척수와 압축공기를 공급하기 위해 Flat spray타입의 수압 노즐이 16개, Hole cone 타입의 공기압 노즐이 8개로 각각 수압노즐의 경우 10cm의 이격거리가 있으며, 공기압 노즐의 경우는20cm의 이격 거리가 있게 제작하였다. 세척기의 노즐은 분사 각도를 세척기 내벽에서 약 30도 정도를 틀어 놓아서 시료가 전진 진행이 잘 될수 있도록 설정하였다. 여기서 Flat spray형태의 노즐은 수압 노즐로써 균일한 크기의 공기방울을 형성 시켜주어 시료를 적정 진행방향에 맞게 이송시켜 주며, Hole cone 타입의 공기압 노즐은 각기 다른 방울을 형성시켜 시료를 부유시키고 보호해주는 역할을 하게 하였다. 2단계로 현장 적용용 세척기는 sclae-up하여 외치수가 1조는 2500L × 800W × 420Hcm, 2조는 3200L × 800W × 420Hmm로 제작되었다.

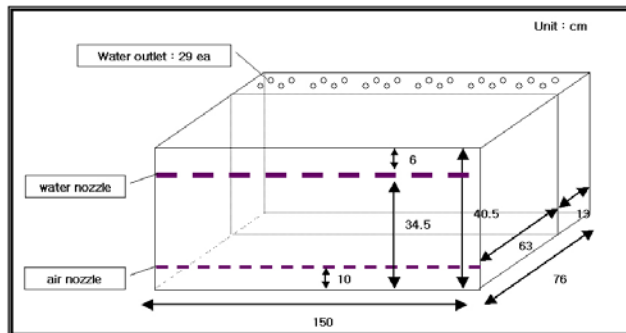


그림 26. 세척기의 기본 제원

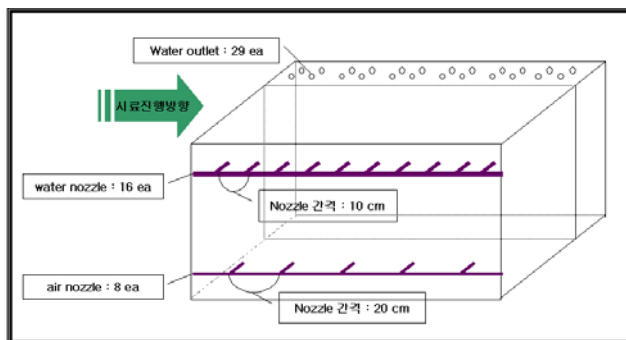


그림 27. 세척기 노즐 설치 상태

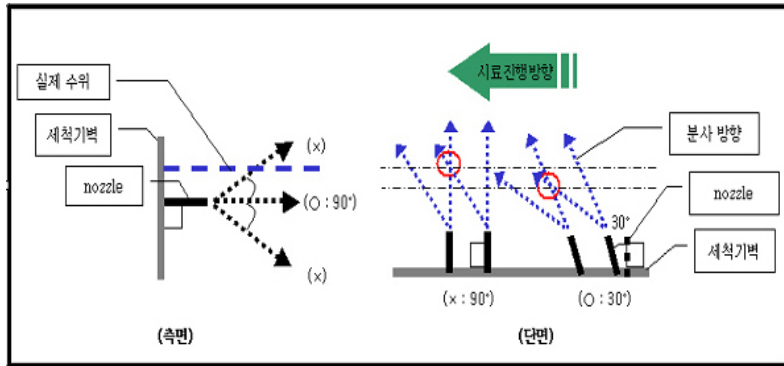


그림 28. 세척기의 노즐 각도별 시료 진행 방향

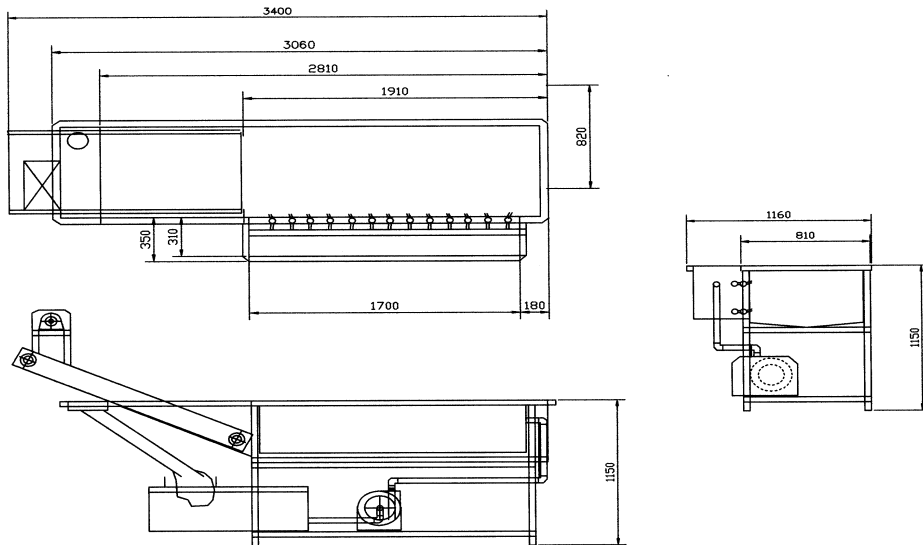


Fig. 29. Design for manufacturing of washing apparatus.



Fig. 30. Local installation of washing apparatus.

다. 결과 및 고찰

1) 적정 세척 조건의 설정

세척기의 운전 변수로는 세척수 노즐의 수압, 공기 공급 노즐의 공기압등을 독립변수로 하고 세척소요시간, 생산량, 세척 상태 등을 종속변수로 하여 품목별로 적정 세척 조건을 설정하였다.

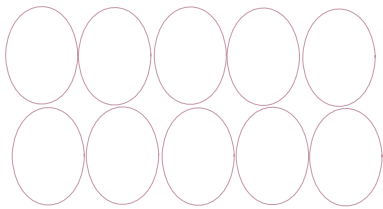
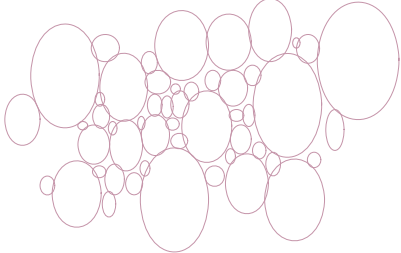
nozzle type	
flat type	hole type
	
균일한 크기 공기방울 생성	각기 다른 크기의 공기방울 생성

그림 31. 세척기의 노즐 특성에 따른 공기방울의 형태

상기 그림에서 본 바와 같이 노즐의 물 분사 각도는 측면에서 보았을 때 90° 방향으로 단면(상부)으로는 30° 방향으로 분사하는 것이 세척을 하면서 연속적으로 피세척물을 전진, 배출시키는 기능에 적합한 것으로 조사되었다. 이는 수위를

기준으로 상하로 노즐의 각을 주었을 경우 상향의 경우 수압에 의해 물분사 방향이 수조 밖으로 나가 물이 분출되는 결과를 가져오며, 하향의 노즐일 경우 부력에 의해 수압의 상쇄 작용을 가져와 시료의 회전과 전진에 역작용을 하게 되었다.

2) 세정 장치의 적정 운전 조건 설정

세정기의 물분사 노즐과 공기분사 노즐의 역할을 살펴보면 물분사 노즐의 경우 시료의 세척, 회전, 전진이동 역할을 하고 있으며, 공기분사 노즐의 경우 시료의 부유, 반전, 손상 보호의 역할을 하고 있다. 수압의 변화에 따라 시료의 회전과 세척시간 및 손상 정도와 세척율을 비교해 본 결과 수압이 높아질수록 세척시간은 단축됨을 알 수 있었다. 그러나 회전횟수가 증가하여 세척율은 상승하였지만 손상을 또한 증가하는 것으로 나타나고 개체별 차이가 있어 반복적인 실험을 통해 최적화해갈 필요가 있는 것으로 사료되었다. 공기압의 경우 분사압이 증가할수록 시료의 회전 가속력을 상승시켜 세척시간은 단축되었지만 공기압이 높아질수록 손상을(찢어짐과 꺾임)도 함께 증가하는 것으로 나타났다.

아래 표들은 공기압과 물 분사압을 변화시키면서 품목별로 세척 특성들을 조사한 자료이다. 기본적인 세척 자료들을 분석한 결과 세척기 제작과 운전에 대한 적정 조건으로는 본 세정기에 있어 품목에 따라 큰 차이 없이 수압 0.7 kg/cm^2 , 공기압 0.5 kg/cm^2 으로 분석되었다. 품목별로 세척 과정 중 세척 효과는 대체로 운전 조건별로 큰 차이를 판별하기 어려웠는데 이는 피세척물의 세척 정도를 육안으로 조사하는데 한계가 있었으며 아울러 재배와 수확 작업이 대체로 깨끗하게 이루어져 이물질과 해충들의 제거가 완벽하게 이루어지면 그 외에는 판별이 어려운 점이 있었다. 세척 과정 중 세척 효과와 함께 조직의 손상을 측정하였는데 처리구간 차이는 있었으나 대부분 5일 정도 판매를 행한다고 했을 때 자료상으로는 개체수가 표기되었으나 대부분의 손상들은 상품성에 큰 문제가 되지는 않을 것으로 여겨졌다.

세척공정 중 채소는 회전하면서 위아래 부위 등이 골고루 씻기게 되는데 이때 회전 횟수의 측정은 세척기에 각 시료를 넣어 입구와 출구 사이에서의 회전하는 횟수를 육안으로 측정하였다. 세척 시간의 측정은 채소 4kg을 각각 수압과 공기압별로 30sec 이내에 투입하였다. 시료를 투입할 때는 시료가 물에 잠길 수

있도록 시료가 상하지 않게 주의하면서 손으로 약간 눌러준 후, 처음 세척되어 나오는 시간을 측정하였다. 세척이 되어진 시료가 처음 탈수 트레이로 떨어질 때까지의 시간을 세척시간으로 추산하였다. 세척 시 채소류는 수확된 상태 그대로 투입하였으며 청경채의 경우는 개별 잎을 한 잎씩 분리하여 세척기에 투입하였다.

3) 세척 상태의 평가

채소류의 세척 상태는 수압과 공기압 조건별로 측정하였는데 주관적인 평가가 개입될 수 있으나 육안으로 평가하였다. 세척율과 손상율은 시료가 처음과 마지막 30sec동안 나오는 것을 제외한 중간 부분의 것을 3번 나누어 각각 50장씩을 취하여 평가하였다. 조직의 손상 상태는 세척된 시료를 PE 백에 담아 10℃ 저장고에 24시간 보관한 후 잎과 줄기의 손상 상태를 관찰하였다.

본 실험에서 청상추의 경우는 앞의 표와 그림에서 볼 수 있듯이 적정 공정 (수압 0.9kgf/cm², 공기압 0.5kgf/cm²)의 조건일 경우 생산량 444kg/hr, 회전횟수 14.3회/min, 세척시간 50.3sec, 잎 손상 6매, 줄기 손상 5매(50장 기준)로 나타나서 가장 적절한 공정인 것으로 나타났다.

표 30. 시료별 세척기의 최종 공정 설정 (청상추)

압력 (kg/cm ² /min)		노즐각 (°)	노즐형태		생산량 (kg/hr)	회전횟 수 (회/min)	세척 시간 (sec)	세척 상태	손상율 (/50ea)	
물	공기		물	공기					잎 손상도	줄기부분 손상도
0.5	0	5	¹⁾ F.S.	²⁾ H.C.	450	10.67	37	양호	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	450	12	39.3	양호	3.67	9.33
	1.0	5	F.S.	H.C.	450	13.15	40	양호	5.33	7.00
	1.5	5	F.S.	H.C.	450	14	39	양호	4.00	9.67
0.7	0	5	F.S.	H.C.	444	14.8	43	양호	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	444	13	45	양호	5.67	6.33
	1.0	5	F.S.	H.C.	444	14.3	44.3	양호	8.00	7.00
	1.5	5	F.S.	H.C.	444	14.6	46	양호	6.00	6.00
0.9	0	5	F.S.	H.C.	444	16	35	양호	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	444	14.3	50.3	양호	6.00	5.00
	1.0	5	F.S.	H.C.	444	15.6	43.3	양호	7.00	7.67
	1.5	5	F.S.	H.C.	444	14.8	34.3	양호	5.00	11.0

¹⁾Flat spray, ²⁾Hole cone

본 실험에서 깻잎의 경우는 앞의 표와 그림에서 볼 수 있듯이 적정 공정 (수압 0.9kgf/cm², 공기압 0.5kgf/cm²)의 조건일 경우 생산량 402kg/Hr, 회전횟수 15.253 회/min, 세척시간 30sec, 잎 손상 1ea, 줄기 손상 1.6ea(50장 기준)로 나타나서 가장 적절한 공정인 것으로 나타났다.

표 31. 시료별 세척기의 최종 공정 설정 (깻잎)

압력 (kg/cm ² /min)		노즐각 (°)	노즐형태		생산량 (kg/hr)	회전횟수 (회/min)	세척시 간(sec)	세척 상태	손상율 (/50ea)	
물	공기		물	공기					잎 손상도	줄기부분 손상도
0.5	0	5	¹⁾ F.S.	²⁾ H.C.	474	9.5	36.33	양호	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	474	9.5	35.66	양호	1.3	1.3
	1.0	5	F.S.	H.C.	474	12.2	34	양호	1.3	1.6
	1.5	5	F.S.	H.C.	474	13.5	31.66	양호	1.3	2.3
0.7	0	5	F.S.	H.C.	432	11.5	32.66	양호	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	432	13	35	양호	3.3	2.3
	1.0	5	F.S.	H.C.	432	14.7	32.33	양호	3	3.3
	1.5	5	F.S.	H.C.	432	13	29	양호	3.6	2.3
0.9	0	5	F.S.	H.C.	402	13	26.33	양호	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	402	15.25	30	양호	1	1.6
	1.0	5	F.S.	H.C.	402	15.25	23.66	양호	3.3	1.6
	1.5	5	F.S.	H.C.	402	14.5	25.33	양호	2.3	2.6

¹⁾Flat spray, ²⁾Hole cone

본 실험에서 치커리의 경우는 앞의 표와 그림에서 볼 수 있듯이 적정 공정 (수압 0.9kgf/cm², 공기압 0.5kgf/cm²)의 조건일 경우 생산량 432kg/Hr, 회전횟수 16.3 회/min, 세척 시간 30.66sec, 줄기 손상 50.9g(500g 기준)으로 나타나서 가장 적절한 공정인 것으로 나타났다. 치커리의 경우 시료의 특성상 잎 부분이 갈라져 있는 형상을 하고 있어서 다른 시료들과는 달리 잎 부분의 손상여부를 검사하지 못하였다.

쑥갓의 경우는 앞의 표와 그림에서 볼 수 있듯이 적정 공정 (수압 0.9kgf/cm², 공기압 0.5kgf/cm²)의 조건일 경우 생산량 147kg/Hr, 회전횟수 15.6회/min, 세척 시간 84.66sec, 줄기 손상 68.2g(500g 기준)으로 나타나서 가장 적절한 공정인 것

으로 나타났다. 쭉갓의 경우 시료의 특성상 잎 부분이 갈라져 있는 형상을 하고 있어서 다른 시료들과는 달리 잎 부분의 손상여부를 검사하지 못하였다.

본 실험에서 청경채의 경우는 앞의 표와 그림에서 볼 수 있듯이 적정 공정 (수압 0.9kgf/cm², 공기압 0.5kgf/cm²)의 조건일 경우 생산량 310kg/Hr, 회전횟수 19 회/min, 세척 시간 36sec, 잎 손상 24.1g, 줄기 손상 52.19g(500g 기준)으로 나타나서 가장 적절한 공정인 것으로 나타났다.

이상의 실험은 저온 냉각수를 이용하여 각종 엽채류의 세척 적정 공정 설정을 위한 실험으로서 청상추, 치커리, 깻잎, 쭉갓, 청경채를 대상으로 하여 각기 수압과 공기압별 회전횟수, 세척시간, 손상을, 생산량을 실험하여 적정 공정을 설정하였다.

표 32. 시료별 세척기의 최종 공정 설정 (치커리)

압력 (kg/cm ² /min)		노즐각 (°)	노즐형태		처리량 (kg/hr)	회전횟수 (회/min)	세척시 간(sec)	세척 상태	손상율 (/500g)	
물	공기		물	공기					잎 손상도	줄기부분 손상도
0.5	0	5	¹⁾ F.S.	²⁾ H.C.	414	10.8	35.33	양호	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	444	13.3	52.33	양호	·	67.4
	1.0	5	F.S.	H.C.	456	13.6	41.66	양호	·	58.6
	1.5	5	F.S.	H.C.	432	14.15	44.33	양호	·	53.4
0.7	0	5	F.S.	H.C.	432	14.6	32.33	양호	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	432	14.1	40.66	양호	·	48.2
	1.0	5	F.S.	H.C.	444	16.3	42.33	양호	·	68.5
	1.5	5	F.S.	H.C.	438	16.1	36.66	양호	·	60.8
0.9	0	5	F.S.	H.C.	414	16.5	28.66	양호	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	432	16.3	30.66	양호	·	50.9
	1.0	5	F.S.	H.C.	450	16.3	31	양호	·	65.3
	1.5	5	F.S.	H.C.	426	16.3	29.33	양호	·	99.4

¹⁾Flat spray, ²⁾Hole cone, *치커리의 경우 세척 도중 가지가 떨어져나가는 현상 발생하여 찢겨진 부분은 측정 불가.

표 33. 시료별 세척기의 최종 공정 설정 (썩갓)

압력 (kg/cm ² /min)		노즐각 (°)	노즐형태		처리량 (kg/hr)	회전횟수 (회/min)	세척시 간(sec)	세척 상태	손상율 (/500g)	
물	공기		물	공기					일부분 손상도	줄기부분 손상도
0.5	0	5	¹⁾ F.S.	²⁾ H.C.	259	11.5	48.6	양호	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	259	13.1	48.6	양호	·	48.86
	1.0	5	F.S.	H.C.	154	15	81.6	양호	·	50.53
	1.5	5	F.S.	H.C.	162	15.8	78	양호	·	46.86
0.7	0	5	F.S.	H.C.	175	12.8	73	양호	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	120	15	106.6	양호	·	68.66
	1.0	5	F.S.	H.C.	90	15.5	141.3	양호	·	55.7
	1.5	5	F.S.	H.C.	137	16	93.3	양호	·	77.5
0.9	0	5	F.S.	H.C.	150	15.3	83	양호	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	147	15.6	84.6	양호	·	68.2
	1.0	5	F.S.	H.C.	142	15.6	87.3	양호	·	48.5
	1.5	5	F.S.	H.C.	161	16.1	77.3	양호	·	80.83

¹⁾Flat spray, ²⁾Hole cone, * 시료의 특성상 찢어짐의 정도 측정 불가

표 34. 시료별 세척기의 최종 공정 설정 (청경채)

압력 (kg/cm ² /min)		노즐각 (°)	노즐형태		처리량 (kg/hr)	회전 횟수 (회/hr)	세척시 간(sec)	손상율 (/500g)	
물	공기		물	공기				일부분 손상도	줄기부분 손상도
0.5	0	5	¹⁾ F.S.	²⁾ H.C.	319	15.33	35	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	277	17.33	40.3	42.9	45.0
	1.0	5	F.S.	H.C.	286	17	39	44.4	47.8
	1.5	5	F.S.	H.C.	302	19	37	37.8	47.3
0.7	0	5	F.S.	H.C.	273	19	39.6	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	300	18.33	36	44.2	40.9
	1.0	5	F.S.	H.C.	306	16.66	36.3	23.3	51.9
	1.5	5	F.S.	H.C.	312	18	34.6	27.1	91.1
0.9	0	5	F.S.	H.C.	294	16.33	38	·	·
	0.5	5	F.S.	H.C.	310	19	36	24.1	52.1
	1.0	5	F.S.	H.C.	328	20	34	72.5	56.7
	1.5	5	F.S.	H.C.	338	19.66	33	64.6	34.2

¹⁾Flat spray, ²⁾Hole cone

본 연구에서 개발한 세척기의 경우 물분사구와 공기분사구의 역할을 살펴보면 물 분사 노즐의 경우 시료의 세척, 회전, 이동 역할을 하고 있으며, 공기분사구의 경우 시료의 부유, 반전, 보호의 역할을 하고 있다. 수압의 변화에 따라 시료의 회전과 세척시간 및 손상정도와 세척율을 비교해 본 결과 수압이 높아질수록 세척 시간은 단축됨을 알 수 있었으며 회전횟수는 증가하여 세척을 상승하지만 손상을 또한 증가하는 것으로 나타나 잎채소류의 특성상 범용적인 세척기를 개발하기는 쉽지 않은 것으로 검토되었다.

공기압 또한 공기압이 증가할수록 시료의 회전 가속력을 상승시켜 세척시간은 단축시키지만 공기압이 높아질수록 손상율(잎의 손상도와 줄기의 손상도)도 함께 증가하는 것으로 나타났다. Hole type의 공기 분사구 노즐의 경우 시료 보호의 역할이 시료의 보호 작용을 가져올 것으로 예상되었으나 실험 결과 보호 작용보다 손상율의 상승을 가져오는 것을 알 수 있었다. 따라서 적정 운전 조건 실험 결과에 의해 본 세척시스템의 적정 공정은 수압 0.9 kg/cm^2 , 공기압 0.5 kg/cm^2 으로 설정하였다.

잎이 넓은 상추나 깻잎이 치커리보다 더 많은 저항을 받아 손상율이 높아 질 것이라는 가정 하에 실험을 하였을 때 상추는 넓은 잎에 저항을 많이 받아 가정과 같이 손상율이 매우 높게 나왔으나, 깻잎은 자체의 유연성을 가지고 있기 때문에 손상율은 훨씬 낮게 측정되었고, 치커리의 경우 형태적 특성으로 인해 수압과 공기압에 의한 저항이 분산되므로 손상율이 낮게 나타내는 것으로 판단되나 줄기 손상보다는 잎 부분 손상 현상이 높게 나타나는 것으로 사료된다.

본 실험의 결과 이번 실험 재료의 경우는 모두 동일하게 수압 0.9kgf/cm^2 , 공기압 0.5kgf/cm^2 이 적정 공정으로 결과가 나왔지만, 다른 엽채류의 경우 각각의 시료 특성에 맞게 수압과 공기압을 조절하여 세척 효과도 우수하면서, 시료에 손상을 가하지 않는 적정 공정이 앞으로 필요할 것이다.

한편 모든 잎채소류에 있어서 세척 과정중 과도한 세척에 의해 부러지거나 충격 입을 잎채소류의 경우 변색을 수반한 품질저하가 촉진됨으로서 판매시 유통기한을 결정적으로 단축시키는 결과를 가져왔다.

2. 세정제, 계면활성제, 살균제(수) 처리에 따른 세정 효과 분석

가. 재료

본 실험에서는 서울 문정동에서 재배된 청상추, 용인시 모현면에서 재배된 청경채, 밀양에서 재배된 깻잎과 남양주시에서 재배된 쪽갓을 산지에서 당일 수확한 것을 직접 구입, 운반하여 사용하였다.

나. 세척 및 살균 처리

염소수의 pH에 따른 살균 효과를 조사하기 위하여 염소수는 일반적으로 사용하는 염소용액을 기준으로 유효염소 4%인 정제 차아염소산나트륨((주)유한크로락스)을 100ppm으로 희석하여 사용하였고, 세척제별 세척 효과를 조사하기 위하여 주방용 합성 세제액 SAFE((L사), 채소·과일 세정제 주부사랑(R사), 내츨럴웨이커 Baking Soda(Arm&Hammer, USA), 계면활성제로서 Tween 80(Showa, JAPAN), 산도조절제로서 Power Refine 탄산칼슘(D사)을 사용하였다. pH 조절을 위하여 10% citric acid, 10% ascorbic acid, 10% acetic acid를 사용하였다. 염소수의 pH에 따른 살균 효과를 조사하기 위하여 처리시간을 달리하여 실험을 진행하였다. 살균조에 100ppm 염소수를 제조하고 pH 조절제를 이용하여 pH를 3, 5, 7로 각각 맞추는 다음, 각 처리구당 30초씩 3반복 침지처리 한 후, 이어 수도수를 이용하여 30초간 침지하였다. 그리고 같은 처리구로 처리시간을 달리하여 수도수로 30초간 1반복 침지처리 한 후, 3분간 침지하여 실험을 하였다.

세척제별 세척 효과를 조사하기 위하여 세척조에 수도수를 받아 세척제를 이용하여 세척수를 제조하여 각 처리구당 30초씩 3반복 침지처리 한 후, 수도수로 30초간 1반복 침지처리 하였다. 모든 처리 과정의 물의 온도는 $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ 를 유지하도록 하였다. 세정 및 살균수 처리에 따라 무처리(무세척 청상추, 청경채, 깻잎, 쪽갓), 수도수 처리(수도수에 30초간 3반복 세정), 염소수처리(100ppm 염소수에 pH 3, 5, 7로 맞추는 후, 30초간 3반복 침지 후 30초간 수도수 행균, 100ppm 염소수에 pH 3, 5, 7로 맞추는 후, 30초간 수도수 침지 후 3분간 염소수 침지), 세척제별 처리(각 세척수에 30초간 3반복 침지 후 30초간 수도수 행균) 하였다.

다. 미생물 분석

실험구별로 3 처리구씩 멸균팩에 시료를 채취하여 멸균된 0.85% saline을 10배 가하여 stomacher(400P BagMixer, Interscience, France)로 균질화한 후, 단계 희석하였다. 총균수는 plate count agar(PCA, Difco Lab., USA)를, 대장균군과 E.coli O157:H7은 chromocult agar(CM, Merk Co., Germany)를 사용하여 배양계수하여 CFU/g으로 표시하였다.

라. 결과 및 고찰

1) pH 조절에 따른 클로린의 살균 효과

상추를 pH조절된 염소수로 30초간 3회 반복하여 세척하고 다시 30초간 수돗물로 헹굼 공정을 거쳤을 때 제균 효과를 조사하였다. 무세척한 시료의 총균수는 2.73×10^5 cfu/g, 대장균군 1.41×10^3 cfu/g, E.coli O157:H7은 30 log cfu/g 이하로 조사되었다. 수도수 세정을 한 경우 잔존 미생물이 1 log scale 줄어들었으며 염소수로 세척한 경우 2 log scale 정도 감소되었다. 염소수의 pH가 낮아질수록 미생물 제어에 더욱 효과적이었으며 아스코르산과 구연산간에는 큰 차이가 없었고 (구연산이 약간 큼) 빙초산을 이용하여 pH를 낮춘 경우 효과가 더 컸으며 총균수가 3 log scale정도로 감소하였고 대장균군과 E.coli O157:H7는 검출되지 않았다. 청경채의 경우는 초기 수확후 미생물오염은 총균수 6.52×10^4 cfu/g, 대장균군 1.17×10^2 , E.coli O157:H7은 음성으로 나타났다. 위에서와 동일한 처리를 하였을 때 구연산으로 pH 3으로 조절한 경우와 빙초산으로 pH 3과 pH 5로 조절한 경우 대장균군은 음성으로 나타났다. 전반적으로 보았을 때 3종류 산도 조절제중 빙초산이 효과가 큰 것으로 나타났다. 썩갠 경우에도 청경채와 유사한 경향을 보였다.

Table 35. Microorganism number of leafy lettuce with various treatments

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	2.73×10^5	1.41×10^3	1.75×10^1
TW	4.12×10^4	8.70×10^2	N.D.
A ¹⁾	1.09×10^3	8.17×10^2	N.D.
B-1 ²⁾	6.00×10^3	N.D. ⁹⁾	N.D.
B-2 ³⁾	5.25×10^3	N.D.	N.D.
B-3 ⁴⁾	1.14×10^4	2.14×10^2	N.D.
C-1 ⁵⁾	5.70×10^3	3.30×10^2	N.D.
C-2 ⁶⁾	2.36×10^3	1.65×10^2	N.D.
C-3 ⁷⁾	5.55×10^3	3.00×10^2	N.D.
D ⁸⁾	4.57×10^3	2.70×10^2	N.D.

NT : not treated

TW : tap water washing

¹⁾ chlorinated water 100ppm

²⁾ chlorinated water 100ppm + citric acid pH3

³⁾ chlorinated water 100ppm + citric acid pH5

⁴⁾ chlorinated water 100ppm + citric acid pH7

⁵⁾ chlorinated water 100ppm + ascorbic acid pH3

⁶⁾ chlorinated water 100ppm + ascorbic acid pH5

⁷⁾ chlorinated water 100ppm + ascorbic acid pH7

⁸⁾ 'P. R' 식품첨가물 산도조절제 (D)

⁹⁾ $< 10^1$ cfu/g

Table 36. Microorganism number of pak-choi with various treatments

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	6.52×10^4	1.17×10^2	N.D.
TW	1.85×10^4	1.30×10^1	N.D.
A ¹⁾	8.75×10^2	2.20×10^1	N.D.
B-1 ²⁾	6.47×10^2	N.D. ⁹⁾	N.D.
B-2 ³⁾	1.60×10^3	1.00×10^1	N.D.
B-3 ⁴⁾	1.02×10^3	8.00×10^1	N.D.
C-1 ⁵⁾	3.75×10^1	N.D.	N.D.
C-2 ⁶⁾	3.27×10^3	N.D.	N.D.
C-3 ⁷⁾	5.43×10^2	8.75×10^1	N.D.
D ⁸⁾	7.37×10^3	6.25×10^1	N.D.

NT : not treated

TW : tap water washing

¹⁾ chlorinated water 100ppm

²⁾ chlorinated water 100ppm + citric acid pH3

³⁾ chlorinated water 100ppm + citric acid pH5

⁴⁾ chlorinated water 100ppm + citric acid pH7

⁵⁾ chlorinated water 100ppm + acetic acid pH3

⁶⁾ chlorinated water 100ppm + acetic acid pH5

⁷⁾ chlorinated water 100ppm + acetic acid pH7

⁸⁾ 'P.R' 식품첨가물 산도조절제 (D)

⁹⁾ $< 10^1$ cfu/g

Table 37. Microorganism number of sesame leaf with various treatments

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	3.30×10^5	3.00×10^3	N.D.
TW	7.17×10^4	1.27×10^2	N.D.
A ¹⁾	4.20×10^3	1.95×10^2	N.D.
B-1 ²⁾	5.06×10^2	N.D. ⁹⁾	N.D.
B-2 ³⁾	9.00×10^3	9.00×10^1	N.D.
B-3 ⁴⁾	1.30×10^4	4.50×10^1	N.D.
C-1 ⁵⁾	3.00×10^2	N.D.	N.D.
C-2 ⁶⁾	4.57×10^3	2.40×10^1	N.D.
C-3 ⁷⁾	6.21×10^3	N.D.	N.D.
D ⁸⁾	4.12×10^4	4.35×10^1	N.D.

Treatment codes are the same as explained in above Table .

Table 38. Microorganism number of Garland Chrysanthemum with various treatments,

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	3.00×10^4	1.50×10^2	N.D.
TW	1.11×10^3	1.55×10^1	N.D.
A ¹⁾	8.00×10^2	3.92×10^1	N.D.
B-1 ²⁾	1.50×10^2	N.D. ⁹⁾	N.D.
B-2 ³⁾	3.80×10^2	9.0×10^1	N.D.
B-3 ⁴⁾	5.02×10^3	4.5×10^1	N.D.
C-1 ⁵⁾	9.03×10^1	N.D.	N.D.
C-2 ⁶⁾	1.63×10^2	N.D.	N.D.
C-3 ⁷⁾	6.21×10^2	2.4×10^1	N.D.
D ⁸⁾	2.30×10^3	1.2×10^1	N.D.

Treatment codes are the same as explained in above Table.

한편 수도수 30초간 1반복 침지 세척 후, 3분간 pH 조절한 염소수로 세척한 경우 미생물 제거효과는 무세척한 시료의 총균수가 10^5 CFU/g이며 대장균군은 10^2 - 10^4 CFU/g 정도로 검출되었으나 수도수 세정을 한 경우 잔존 미생물이 1 log scale로 줄어들었다. pH 수치가 낮아질수록 미생물 제어에 더욱 효과적이었으며 빙초산을 이용하여 pH3을 맞춘 경우 총균수가 3 log scale 정도로 감소하였고 대장균군과 E.coli O157:H7는 검출되지 않았다. 하지만, 아스코르브산으로 pH를 조절한 청상추의 경우 pH3인 경우에도 대장균군이 조사된 것으로 보아 아스코르브산<구연산<빙초산의 순서로 잔존 미생물 감소효과가 있다고 판단되었다.

Table 39. Microorganism number of leafy lettuce with various treatments

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	2.34×10^5	1.65×10^4	3.91×10^4
TW	8.10×10^4	2.32×10^2	2.57×10^2
A ¹⁾	1.55×10^3	9.00×10^1	3.28×10^1
B-1 ²⁾	8.40×10^2	N.D. ⁹⁾	N.D.
B-2 ³⁾	9.20×10^2	3.00×10^1	N.D.
B-3 ⁴⁾	1.32×10^3	1.50×10^1	N.D.
C-1 ⁵⁾	7.42×10^2	3.00×10^1	N.D.
C-2 ⁶⁾	1.08×10^3	1.50×10^1	N.D.
C-3 ⁷⁾	1.54×10^4	6.00×10^1	N.D.
D ⁸⁾	1.45×10^4	1.65×10^2	2.10×10^1

Treatment codes are the same as explained in above Table.

Table 40. Microorganism number of pak-choi with various treatments

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	1.58×10^5	1.50×10^2	N.D.
TW	1.91×10^4	1.8×10^1	N.D.
A ¹⁾	2.37×10^3	N.D. ⁹⁾	N.D.
B-1 ²⁾	7.60×10^2	N.D.	N.D.
B-2 ³⁾	2.57×10^3	1.5×10^1	N.D.
B-3 ⁴⁾	7.68×10^2	N.D.	N.D.
C-1 ⁵⁾	1.77×10^2	N.D.	N.D.
C-2 ⁶⁾	4.70×10^2	N.D.	N.D.
C-3 ⁷⁾	1.32×10^3	N.D.	N.D.
D ⁸⁾	3.50×10^3	1.2×10^1	N.D.

Treatment codes are the same as explained in above Table.

Table 41. Microorganism number of sesame leaf with various treatments

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	2.54×10^5	1.20×10^2	N.D.
TW	1.14×10^4	1.35×10^1	N.D.
A ¹⁾	2.21×10^3	1.87×10^1	N.D.
B-1 ²⁾	6.82×10^3	1.57×10^1	N.D.
B-2 ³⁾	5.55×10^3	3.52×10^1	N.D.
B-3 ⁴⁾	9.00×10^4	5.4×10^1	N.D.
C-1 ⁵⁾	7.57×10^2	N.D. ⁹⁾	N.D.
C-2 ⁶⁾	4.65×10^3	1.95×10^1	N.D.
C-3 ⁷⁾	1.23×10^3	1.2×10^1	N.D.
D ⁸⁾	4.50×10^4	5.77×10^2	N.D.

Treatment codes are the same as explained in above Table .

Table 42. Microorganism number of Garland Chrysanthemum with various treatments

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	2.64×10^5	3.05×10^2	N.D
TW	1.45×10^4	3.1×10^1	N.D.
A ¹⁾	8.05×10^3	7.86×10^1	N.D.
B-1 ²⁾	1.17×10^3	N.D. ⁹⁾	N.D.
B-2 ³⁾	5.30×10^3	2.52×10^1	N.D.
B-3 ⁴⁾	3.01×10^4	4.9×10^1	N.D.
C-1 ⁵⁾	2.24×10^2	N.D.	N.D.
C-2 ⁶⁾	3.50×10^2	N.D.	N.D.
C-3 ⁷⁾	2.33×10^3	2.2×10^1	N.D.
D ⁸⁾	2.28×10^3	3.27×10^2	N.D.

Treatment codes are the same as explained in Table 2

가정용 채소 세척제를 이용하여 채소를 세척한 다음 미생물 제거 효과를 조사하였다. 무세척한 시료의 총균수는 10^3 - 10^5 CFU/g이며 대장균군은 10^2 - 10^4 CFU/g 정도로 검출되었으나 세척제를 이용하여 세정한 경우 대부분 2 log scale로 미생물이 감소하였다. 특히, 염소수로 세정을 한 경우 총균수가 10^1 - 10^2 CFU/g 정도였고 청상추를 제외한 다른 품목에서는 대장균군과 E.coli O157:H7는 검출되지 않았다. 따라서 본 실험 결과에서 알 수 있는 것은 세척에 의해서만도 클로린등 별도의 살균제를 사용하지 않고도 2log scale 정도 균수 저감화 효과를 가져올 수 있으며 이는 대부분의 미생물이 채소류의 외피 부위에 오염되어 있기 때문에 세척에 의해 제거되기 때문으로 여겨졌다. 따라서 실제 세척 공정에 있어서는 세척제와 살균제를 병용 처리함으로써 감균 효과가 상승될 것으로 여겨진다. 아울러 실제 시판되고 있는 살균제의 경우는 완벽한 살균이 이루어질 것으로 생각할 수 있으나 실제 제시된 살균효과가 적절하지는 않은 것으로 나타났다.

Table 43. Microorganism number of leafy lettuce with various treatments

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	1.29×10^5	1.17×10^4	5.23×10^2
TW	9.95×10^3	6.15×10^2	8.51×10^1
A ¹⁾	1.07×10^2	7.50×10^1	N.D. ⁷⁾
B ²⁾	8.25×10^2	1.42×10^1	N.D.
C ³⁾	3.65×10^2	6.75×10^1	N.D.
D ⁴⁾	3.08×10^3	3.00×10^1	N.D.
E ⁵⁾	5.91×10^3	2.72×10^2	N.D.
F ⁶⁾	2.57×10^3	7.50×10^1	N.D.

NT : not treatment

TW : tap water

1) : 클로린 100ppm

2) : 가정용 과일 · 채소 세정제(L)

3) : 가정용 과일 · 채소 세정제 (R)

4) : 1% 베이킹 파우더(내츄럴쉐이커) (Y)

5) : 0.1% 계면활성제 Tween 80

6) : 'P. R' 식품첨가물 산도조절제(D)

7) : $< 10^1$ cfu/g

Table 44. Microorganism number of pak-choi with various treatments

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	9.80×10^3	1.50×10^2	N.D.
TW	2.40×10^2	N.D. ⁷⁾	N.D.
A ¹⁾	1.0×10^1	N.D.	N.D.
B ²⁾	5.0×10^1	N.D.	N.D.
C ³⁾	4.2×10^1	N.D.	N.D.
D ⁴⁾	4.02×10^2	1.3×10^1	N.D.
E ⁵⁾	7.0×10^1	N.D.	N.D.
F ⁶⁾	2.5×10^1	N.D.	N.D.

Treatment codes are the same as explained in above Table.

Table 45. Microorganism number of sesame leaf with various treatments

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	6.93×10^4	4.05×10^3	N.D.
TW	4.56×10^3	6.6×10^1	N.D.
A ¹⁾	7.27×10^2	N.D. ⁷⁾	N.D.
B ²⁾	3.24×10^2	N.D.	N.D.
C ³⁾	4.47×10^3	6.61×10^1	N.D.
D ⁴⁾	6.78×10^3	1.98×10^1	N.D.
E ⁵⁾	8.15×10^3	1.11×10^1	N.D.
F ⁶⁾	4.51×10^3	1.45×10^1	N.D.

Treatment codes are the same as explained in above Table

Table 46. Microorganism number of Garland Chrysanthemum with various treatments

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	4.48×10^5	6.71×10^2	N.D.
TW	8.70×10^3	1.1×10^1	N.D.
A ¹⁾	2.15×10^2	N.D. ⁷⁾	N.D.
B ²⁾	2.56×10^3	1.7×10^1	N.D.
C ³⁾	1.98×10^3	2.0×10^1	N.D.
D ⁴⁾	8.17×10^3	2.83×10^1	N.D.
E ⁵⁾	5.70×10^3	4.4×10^1	N.D.
F ⁶⁾	4.51×10^3	1.45×10^1	N.D.

Treatment codes are the same as explained in above Table.

Table 47. Microorganism number of chicory with various treatments

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	1.60×10^4	4.20×10^3	1.22×10^2
TW	4.70×10^3	8.0×10^2	N.D.
A ¹⁾	1.90×10^3	1.35×10^1	N.D.
B-1 ²⁾	3.25×10^2	2.30×10^1	N.D.
B-2 ³⁾	7.46×10^3	N.D. ⁹⁾	N.D.
B-3 ⁴⁾	1.58×10^3	2.20×10^2	N.D.
C-1 ⁵⁾	1.03×10^2	N.D.	N.D.
C-2 ⁶⁾	6.74×10^2	9.4×10^1	N.D.
C-3 ⁷⁾	1.32×10^3	6.1×10^1	N.D.
D ⁸⁾	1.16×10^3	4.1×10^1	N.D.

NT : not treated

TW : tap water washing

1) chlorinated water 100ppm

2) chlorinated water 100ppm + citric acid pH3

3) chlorinated water 100ppm + citric acid pH5

4) chlorinated water 100ppm + citric acid pH7

5) chlorinated water 100ppm + acetic acid pH3

6) chlorinated water 100ppm + acetic acid pH5

7) chlorinated water 100ppm + acetic acid pH7

8) 'P. R' 식품첨가물 산도조절제

9) $< 10^1$ cfu/g

Table 48. Microorganism number of chicory with various treatments

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	2.45×10^5	2.42×10^4	N.D. ⁶⁾
TW	2.62×10^4	6.85×10^2	N.D.
A ¹⁾	1.87×10^3	5.45×10^1	N.D.
B ²⁾	4.45×10^4	1.71×10^3	N.D.
C ³⁾	6.70×10^3	4.5×10^1	N.D.
D ⁴⁾	1.09×10^4	2.40×10^2	N.D.
E ⁵⁾	2.79×10^4	1.13×10^3	N.D.

NT : not treatment

TW : tap water

¹⁾ : 클로린 100ppm

²⁾ : 가정용 과일 · 채소 세정제(L)

³⁾ : 1% 베이킹파우더(내츄럴쉐이커)(R)

⁴⁾ : 0.1% 계면활성제 Tween 80

⁵⁾ : 'r R' 식품첨가물 산도조절제

⁶⁾ : $< 10^1$ cfu/g

Table 49. Microorganism number of chicory with various treatments,

(unit : CFU/g)

	Total cell count	Coliform group count	E.coli O157:H7
NT	6.93×10^4	1.02×10^3	N.D.
TW	1.46×10^4	7.85×10^2	N.D.
A ¹⁾	3.14×10^3	5.16×10^1	N.D.
B-1 ²⁾	8.00×10^2	1.6×10^1	N.D.
B-2 ³⁾	1.08×10^3	5.57×10^1	N.D.
B-3 ⁴⁾	1.07×10^3	1.6×10^1	N.D.
C-1 ⁵⁾	2.45×10^2	N.D.	N.D.
C-2 ⁶⁾	2.65×10^2	N.D.	N.D.
C-3 ⁷⁾	4.70×10^2	8.2×10^1	N.D.
D ⁸⁾	6.50×10^3	1.5×10^1	N.D.

NT : not treated

TW : tap water washing

¹⁾ chlorinated water 100ppm

²⁾ chlorinated water 100ppm + citric acid pH3

³⁾ chlorinated water 100ppm + citric acid pH5

⁴⁾ chlorinated water 100ppm + citric acid pH7

⁵⁾ chlorinated water 100ppm + acetic acid pH3

⁶⁾ chlorinated water 100ppm + acetic acid pH5

⁷⁾ chlorinated water 100ppm + acetic acid pH7

⁸⁾ 'P. R' 식품첨가물 산도조절제

⁹⁾ $< 10^1$ cfu/g

3. 세척 중의 미생물, 이물질 및 잔류농약 제거 효과 조사

가. 재료

실험에 필요한 청상추는 경기도 광주군에서 재배된 것으로 상표는 진굴탄 유제, 품목은 알파사이퍼메스린 유제, 클로르피리포스이며 농약 살포 36 hr 후, 수확한 것을 연구원으로 운반하여 사용하였다.

나. 실험방법

세척기 작동 조건은 수압 0.9 kgf/cm², 공기압 0.5 kgf/cm² 이었으며 세척수 온도는 16.1℃를 유지하였다. 세척 후 잔류농약 분석은 한국식품연구원 분석실에 의뢰하였다.

다. 결과 및 고찰

세척전 상추의 잔류농약은 Chlorpyrifos 2.24(mg/kg), Cypermethrin 0.49(mg/kg) 이었으며 세척한 후의 잔류농약은 원물에 비해 1/2 배 줄어들었다. 손을 이용하여 수동 세척한 경우가 세척기를 이용하여 기계세척 한 것 보다 잔류농약이 더 적었는데 이는 기계가 씻을 수 없는 부분을 손으로 구석구석 씻을 수 있기 때문이라 사료된다. 참고로 엽채류의 잔류농약 허용기준은 Chlorpyrifos 2.0 ppm, Cypermethrin 2.0 ppm이다.

표 50. 상추의 세척 후 잔류농약 분석

시료	분석결과		시험방법
	Chlorpyrifos (mg/kg)	Cypermethrin (mg/kg)	
A	2.24	0.49	
B-1	1.50	0.24	식품공전
B-2	1.56	0.28	농약잔류시험법
C	1.31	0.19	

A : 농약을 살포한 상추 시료

B-1 : (시료 A를 이용하여) 세척조에서 1회 세척

B-2 : (시료 A를 이용하여) 세척조에서 2회 세척

C : 손 세척

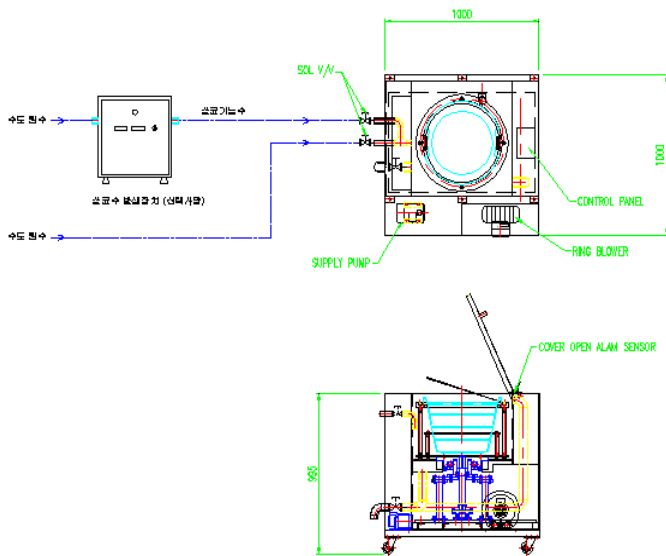
4. 엽채류의 탈수방법 개선 및 탈수 정도가 품질에 미치는 영향
가. 재료

본 실험에 필요한 청상추는 경기도 광주군동에서 재배된 것으로 당일 수확한 것을 운반하여 사용하였다.

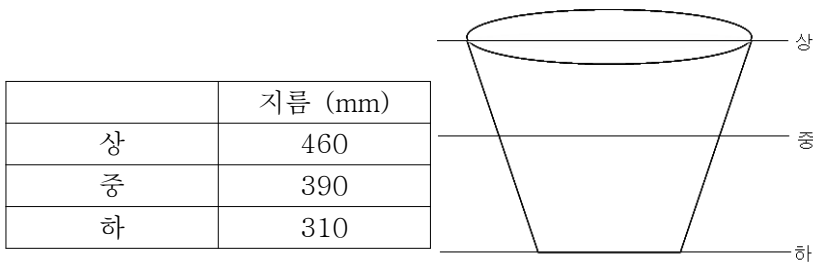
나. 탈수 장치

본 연구에서는 잎상추의 특성상 송풍탈수와 기존의 원심식 탈수 방법을 적용하였으나 적절한 탈수가 이루어지지 않고 오히려 조직 손상을 초래하여 아래 그림과 같이 기존 원심식 탈수기를 변형한 새로운 방식을 채택하였다. 탈수기의 제원과 형태는 아래와 같다.

< 탈수기 외형도 >



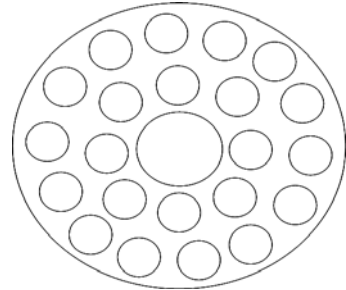
<내부 구조>



- 전체 높이 : 310 mm- 두께 : 0.20 mm

채소류 적입 판

전체 지름	370 (mm)
두께	0.35 (mm)
큰 hole	85 (mm)
작은 hole	55 (mm)



* 큰 hole : 1개, 작은 hole : 22개

그림 32. 채소류 탈수기의 제작 도면 및 제원



그림 33. 탈수기의 현장 설치 사진



그림 34. 탈수기의 내부 및 상추를 적입하는 모습

표 51. RPM과 측정위치에 따른 풍속량 비교

RPM	측정위치	풍속량 (m/s)	
		내부	배출구
50	상	0.35	25.18
	중	0.56	
	하	0.41	
60	상	0.42	0.56
	중	0.63	
	하	0.44	
70	상	0.76	0.41
	중	0.84	
	하	0.73	
80	상	0.90	6.20
	중	1.09	
	하	0.88	

다. 결과 및 고찰

잎채소류의 경우 세척 후 소비지 유통을 위해서는 포장 전에 탈수처리가 필수적이다. 그러나 샐러드처럼 절단된 채소류의 경우는 기존의 원심식 탈수기를 이용하면 효과적으로 탈수가 가능하나 쌈채소류의 경우는 원형을 그대로 유지하여야 상품성이나 관능적 품질을 유지할 수가 있기 때문에 개선된 방법을 강구할 필요가 있다. 본 연구에서는 채소류 탈수기를 개발하기 전에 우선 적절한 탈수 정도를 개량화함으로서 탈수기의 설계, 제작은 물론 포장 유통시의 품질 유지에 대한 자료로 삼고자 하였다.

우선 상추를 대상으로 탈수 정도에 따른 품질 상태를 조사하였는데 탈수율은 수분 함량 기준으로 6.81%, 13.89%, 54.76% 정도로 나누어 행하였다. 탈수 정도에 따른 저장중 중량감모율은 온도에 따라 다소 차이가 있으나 탈수율이 증가할

수확 낮게 나타났다. 한편 저장중 부패율에 있어서도 수분함량 13% 이상에서는 4℃와 10℃에 6일간 저장한 경우 부패율이 20% 이상으로 높게 나타났으나 6.8% 수분함량에서는 거의 나타나지 않았다. 아울러 관능적 품질에 있어서도 수분함량이 낮을수록 우수하게 나타났는데 전반적으로 저장온도에 상관없이 외관, 조직감, 이취 여부 등에서 선도 유지에 긍정적으로 나타났다. 한편 김(2005) 등의 보고에 의하면 적상추의 경우는 수분함량이 6.8%로 낮아진 경우 총균수와 대장균균수에 있어서 변화를 보면 초기 균수는 물론 6일 후의 균수를 비교하였을 때 낮게 나타났는데 즉, 6.8%로 탈수한 경우 4℃에 저장한 경우 초기 균수는 총균수 1.22×10^4 cfu/g, 대장균균수 7.4×10^2 cfu/g에서 6일후에 각각 3.11×10^4 cfu/g, 2.20×10^3 cfu/g인 반면 13.89% 정도로 탈수한 경우는 초기 균수가 총균수 2.19×10^4 cfu/g, 대장균균수 1.72×10^3 cfu/g에서 6일후에 각각 1.00×10^5 cfu/g, 9.05×10^3 cfu/g으로 높게 나타났다.

RPM과 탈수 시간을 달리하여 5품목(청상추, 청경채, 치커리, 썩갯, 깻잎)에 대하여 탈수 효과를 비교하였다. 실제 탈수기는 1750 rpm 이며 본 실험에서는 이의 1/30 만큼 감속시킨 값을 적용하였다. 상추의 경우 80 rpm 에서 92.32 %의 높은 탈수율을 보였지만 탈수 후 줄기의 꺾임 현상이 발견되었고 50rpm 경우 비록 외관적인 상태는 좋았지만 탈수율이 83.15 %로 낮았다. 상추의 경우 탈수시 회전수는 90.02 %의 탈수율로 약간의 상처 흔적을 보인 70 rpm이 적절하게 여겨졌다. 청경채의 경우 80 rpm에서 4-5분 탈수한 경우 장해 발현 흔적을 보였고 그 외의 모든 처리구에서는 조직 손상이 발견되지 않았다. 청경채는 다른 채소류보다 비중이 높고 줄기 부위와 잎 부위의 형태적 차이가 커서 높은 rpm에서 오래 탈수를 할 경우 오히려 역효과를 나타냈다. 청경채의 경우는 60 rpm에서 운전하는 것이 적절하였다. 치커리는 60 rpm 이상의 속도부터 상처 발현 흔적이 있었으며 특히 80 rpm에서 5분간 탈수한 경우 그 상처정도가 더 심하였고 탈수 후 시료가 hole 밖으로 빠져나가 가장자리에 몰려 쏠림현상이 나타났다. 70 rpm에서 탈수하는 것이 가장 효과적이라 생각되며 세척한 치커리를 탈수하기 전 hole에 넣는 과정에서 상처가 나지 않도록 시료를 넣는 것이 중요하다고 생각된다. 썩갯의 경우에서도 앞의 다른 시료의 결과와 마찬가지로 rpm이 높을수록 시간이 길어질수록 탈수율이 높았다. 하지만 80 rpm에서 5분 처리하였을 경우 상처가 약간 발견되었고 쏠림현상 또한 나타나 치커리와 특히 비슷한 양상을 나타내었다. 치커리의 적정

운전 조건은 70 rpm으로 판단되었다. 깻잎의 경우는 가장 높은 80 rpm으로 5분간 탈수하였을 때 71.27 %로 앞에서 실험한 다른 4가지 품목에 비해서 낮은 탈수율을 나타내었다. 그리고 60 rpm 이상부터 탈수 후 hole에서 깻잎이 밑으로 다 빠져있었으며 이는 다른 품목에 비하여 깻잎의 면적이 넓어 세로로 1/2 접은 상태로 hole에 넣기 때문에 탈수하면서 고정이 잘 안되었기 때문이라 사료된다. 깻잎의 경우는 형태적으로 다른 잎채소류와 달리 넓게 펼쳐져서 탈수기에 적용하는 것이 용이하지 않아 별도의 용기가 필요할 것으로 여겨졌다. 그러나 탈수율과 조직손상 등을 고려할 때 운전조건은 70rpm이 적절하였다.

표 52. 상추의 탈수기 운전 조건과 탈수 실험 결과

RPM	시간 (min)	중량변화 (kg)			탈수율 (%)	탈수율 평균 (%)	상처 유무
		원물	세척 후	탈수 후			
50	3	2.57	3.41	2.72	81.82	83.15	◎
	4	2.61	3.13	2.70	81.83		◎
	5	2.51	3.28	2.58	85.81		◎
60	3	2.48	3.36	2.56	90.43	87.86	◎
	4	2.71	3.21	2.79	83.43		○
	5	2.60	3.31	2.65	89.72		○
70	3	2.57	3.43	2.62	88.68	90.02	○
	4	2.72	3.37	2.77	90.02		○
	5	2.77	3.14	2.80	91.37		○
80	3	2.69	3.34	2.72	90.18	92.32	○
	4	2.58	3.24	2.61	93.06		○
	5	2.50	3.20	2.51	93.72		△

◎ : 전혀 없음, ○ : 장해 발현 흔적, △ : 약간 장해, × : 장해 현상 큼

표 53. 청경채의 탈수기 운전 조건별 탈수 실험 결과

RPM	시간 (min)	중량변화 (kg)			탈수율 (%)	탈수율 평균. (%)	상처 유무
		원물	세척 후	탈수 후			
50	3	2.97	3.31	3.03	57.45	61.89	◎
	4	3.09	3.31	3.11	62.16		◎
	5	3.11	3.45	3.40	66.07		◎
60	3	2.78	3.27	2.88	71.11	72.42	◎
	4	2.80	3.25	2.93	71.43		◎
	5	2.89	3.29	2.98	74.71		◎
70	3	2.94	3.21	2.97	73.47	78.47	◎
	4	2.95	3.16	3.01	79.59		◎
	5	3.00	3.56	3.19	82.35		◎
80	3	2.84	3.33	2.97	84.33	88.50	◎
	4	3.01	3.48	3.21	90.26		○
	5	3.18	3.55	3.32	90.91		○

◎ : 전혀 없음, ○ : 장해 발현 흔적, △ : 약간 장해, × : 장해 현상 큼

표 54. 치커리의 탈수기 운전조건별 탈수실험 결과

RPM	시간 (min)	중량변화 (kg)			탈수율 (%)	탈수율 평균. (%)	상처 유무
		원물	세척 후	탈수 후			
50	3	1.75	3.33	2.77	65.44	67.12	◎
	4	1.68	3.56	2.57	62.66		◎
	5	1.77	3.31	2.49	73.25		◎
60	3	1.73	3.55	2.66	78.9	75.29	◎
	4	1.69	3.00	2.68	74.43		◎
	5	1.67	3.08	2.48	72.55		○
70	3	1.71	3.35	2.76	75.98	77.13	○
	4	1.75	3.47	2.66	77.16		○
	5	1.79	3.51	2.68	78.24		○
80	3	1.68	3.33	2.45	83.33	83.84	○
	4	1.70	3.28	2.58	84.3		○
	5	1.77	3.11	2.79	83.88		△

◎ : 전혀 없음, ○ : 장해 발현 흔적, △ : 약간 장해, × : 장해 현상 큼

표 55. 쭉갯의 탈수기 운전 조건별 탈수실험 결과

RPM	시간 (min)	중량변화 (kg)			탈수율 (%)	탈수율 평균. (%)	상처 유무
		원물	세척 후	탈수 후			
50	3	3.69	5.53	4.88	65.32	71.04	◎
	4	3.58	5.44	4.28	72.36		◎
	5	3.61	5.39	4.51	75.43		◎
60	3	3.75	5.47	4.53	74.65	76.81	◎
	4	3.55	5.55	4.71	76.00		◎
	5	3.71	5.67	4.79	79.79		◎
70	3	3.45	5.79	4.68	77.43	78.68	◎
	4	3.56	5.44	4.62	78.61		○
	5	3.82	5.37	4.44	80.00		○
80	3	3.47	5.81	4.85	81.02	81.88	○
	4	3.55	5.64	4.57	81.19		○
	5	3.46	5.81	4.39	83.42		△

◎ : 전혀 없음, ○ : 장해 발현 흔적, △ : 약간 장해, × : 장해 현상 큼

표 56. 깻잎의 탈수기 운전조건별 탈수 실험 결과

RPM	시간 (min)	중량변화 (kg)			탈수율 (%)	탈수율 평균. (%)	상처 유무
		원물	세척 후	탈수 후			
50	3	0.89	2.33	1.66	56.53	57.99	◎
	4	1.06	2.07	1.82	57.45		◎
	5	0.88	2.18	1.79	60.00		◎
60	3	0.87	2.12	1.59	60.46	61.70	◎
	4	0.91	2.00	1.87	61.93		○
	5	1.01	2.30	1.62	62.71		○
70	3	0.85	2.17	1.69	62.40	63.26	○
	4	0.96	2.27	1.74	61.01		○
	5	0.88	2.17	1.77	66.36		○
80	3	0.83	2.18	1.76	68.26	70.17	○
	4	0.85	2.11	1.59	70.98		○
	5	0.88	2.03	1.82	71.27		△

◎ : 전혀 없음, ○ : 장해 발현 흔적, △ : 약간 장해, × : 장해 현상 큼

제 4 절 저온냉각수에 의한 hydrocooling 및 세척 일관 시스템 구축

1. 냉수냉각과 세척 일관처리 시스템 설계 및 제작

가. 설계 및 제작 기본 개념

본 연구에서는 쌈채소류의 경우 특히 여름철에 생산되는 채소류는 호흡속도가 높고 물에 젖을 경우 선도저하가 가속화된다는 점을 고려하여 냉각과 세척기능을 동시에 구비하여야 된다는 관점에서 접근하였다. 앞절(1절, 2절)에서 제시한 냉수제조장치와 조합된 세척기에서 언급되어진 바와 같이 세척조에 공급되어지는 냉수가 궁극적으로는 4℃이하(4℃는 식중독 지표세균의 생육 하한 온도이며 일반적으로 신선편이농산물의 유통 상한 온도이기도 함)가 되어야 한다. 그러나 본 연구에서 제작한 냉수제조장치의 경우는 1℃ 부근의 냉수를 제조할 수 있으며 이는 최근들어 일본, 미국, 유럽등에서 식품 가공 및 신선편이농산물 세척수에 1℃ 전후의 냉수를 활용하기 시작한 점을 고려하였다.

나. 냉수냉각과 세척처리를 위한 처리시설 기본 개념

쌈채소류를 세척할 경우 기본적으로는 우수농산물관리제도(Good agricultural practices)에서 요구하는 우수농산물관리시설의 시설 기준에 1차적으로 부합되고 나아가 GMP와 HACCP에 준하는 건축 구조물 내에서 장치와 가자재가 설치되어 운영되는 것을 추구하였다. 기본적인 공정은 원료 투입, 예비세척, 본세척, 냉각 및 살균, 육안선별, 탈수, 계량 및 포장의 기본 공정으로 구성하였다.

다. 수냉식냉각, 세척시설 설계

여름철에 생산되는 농산물의 품온을 강하시켜 호흡작용을 억제하고 선도를 유지하기 위한 수단으로 공기냉각과 함께 냉수냉각이 가능하다. 본 연구에서는 예냉 과정중 수확시 농산물에 붙어있는 이물질등을 제거하기 위하여 수냉식예냉 공정 전후에 세척과 행균 공정을 부가함으로써 상품성을 부여시켰다. 즉, 작업 공정은 1차 예비세척 → 침지 또는 살수 냉각 → 살수 행균 → 탈수 등의 작업공정 체계를 구상하였다.

<냉수냉각 시설 설계 >

1안: 직랭식에 의한 설계(예)

- 시설 형태 : 침지식 수냉식예냉기
- 냉수 : 온도 2℃, overflow 량 0.35톤/h
- 예냉처리능력 : 4톤/10시간, 25→4℃/5~10분
- 냉각방식 : 2차냉매에 의한 전도방식
- 제어방식 : 냉수온도에 따라 ON/OFF 제어
- 예냉처리공정 : 입고 → 예비세척 → 냉각 → 탈수 → 선별, 포장 작업
- 작업장 조건 : 외기온도 28℃, 입고온도 25℃, 예냉중온 4℃
- 예냉기 제원 : 4,000(L) x 1,000(W) x 850(H)mm
- 그 외 설계 조건 : 채소류 비열 1kg/kg℃, 냉수유지온도 2℃(품온과 온도차 ΔT : 2℃, 냉매증발온도 -3℃(냉수와의 온도차 ΔT : 5℃), 단열 EPS 25mm($k=0.4\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$), 표면열전달율 : $8\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ -상부 대기중 개방)

- 부하계산서 :

채소류 냉각 부하

$$400\text{kg} \times 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} (25-4) = 8,400 \text{ kcal/h}$$

예냉기 벽체 열손실

$$12.5\text{m}^2 \times 0.4 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} (28-2) = 130 \text{ kcal/h}$$

예냉기 상부 열손실

$$4\text{m}^2 \times 8(28-2) = 832 \text{ kcal/h}$$

$$\text{냉각부하 소계} : 9,362\text{kcal/h}$$

안전율 및 여유치 10%를 고려하면

$$9,362 \times 1.1 = 10,298.2 \text{ kcal/h}$$

- 냉동기기 선정

증발온도 -3℃, 응축온도 50℃, 1HP당 열량 2,000kcal/h 기준시

약 5HP 냉동기 소요, 냉각기 동력 3ϕ 380V, 60HZ

2안: 아이스슬러리 냉각방식에 의한 설계(예)

- 기본 capacity : 2 ton/batch
- 1일 사용 시간 : 2회, 2시간
- 1일 부하량 : $2 \text{ ton} \times 1,000 \text{ kg/ton} \times (15-1)^{\circ}\text{C} \times 1.0 \text{ kcal/}^{\circ}\text{C.kg} / 3024 \text{ kcal/RT} \times 2 \text{ 회} = 18.5 \text{ RT-h} = 65.1 \text{ kWh}$
- 피크 부하 : 2ton/batch를 1시간에 사용하는 수준 : $2 \text{ ton} \times 1,000 \text{ kg/ton} \times (15-1)^{\circ}\text{C} \times 1.0 \text{ kcal/}^{\circ}\text{C.kg} / 3024 \text{ kcal/RT} = 9.26 \text{ RT} = 32.6 \text{ kW}$
- 제빙 시스템 용량 : 1일 부하량/ 1일 가동 시간(12시간) x 1.2(여유율)
 $= 18.5 / 12 * 1.2 = 1.9 \text{ RT} = 6.7 \text{ kW}$
 냉동기 : 5 HP
 최소용량 제빙기 : 3 RT
- 축열조 저장 용량 : 10시간 가동 분(2시간은 사용 중 가동)
 $= 1.9 * 10 = 19 \text{ RT-h} = 66.8 \text{ kWh} \approx 2.2 \text{ m}^3 \text{ 이상}$
- Buffer tank 용량 : 피크 부하로 5분 사용할 수 있는 용량
 $= 9.26 \times 3024 \times 5/60 / 1000 / (4-1) / 0.7 = 1.1 \text{ ton 이상}$
- 열교환기 용량 : 32.6 kW
- 펌프 용량 :

구 분	유 량(lpm)	양 정(m)	동력(kW)	비 고
pump 1	64	15	0.55	IPF = 10%
pump 2	33	12	0.55	제빙수용
pump 3	128	18	1.1	위생펌프

라. 현장 적용 실증시험

1) 양채류 세척, 냉각 적용시험

양채류의 경우는 D 생산자단체에서 생산되는 다품목 소량 생산되는 양채류에 대하여 적용하고자 실증시험을 수행하였다.

- 대상 채소류 : 청경채, 적채, 적상추, 브로콜리등, 셀러리 등
- 시험목적 : 신선편이공장에 설치할 다품목 소량 생산되는 양채류 즉 쌈채소류

의 세척 목적

- 시험 기간 : 2006.9.10- 2006.9.15
- 시험 결과 : 세척상태는 외관 기준으로 판단하였을 때 전반적으로 양호하였으며 초기 총균수 3×10^3 cfu/g ~ 5×10^5 cfu/g에서 평균 2 log scale 정도 감소하였다.
- 기타사항 : 세척기술에 대한 기술이전 추진

2) 녹즙용채소류에 대한 적용 시험

E 채소류 녹즙 가공 공장에서 사용되는 녹즙용 채소류에 대한 선도관리 및 초기 미생물 제어의 목적으로 2℃ 이하의 저온냉수를 이용한 세척과 냉수냉각에 의한 공정 개선 목적

- 대상 채소류 : 녹즙용 채소류(신선초, 케일, 미나리, 브로콜리 등)
- 시험목적 : 녹즙용 채소류의 세척 및 미생물 오염을 제거하고 저온냉수처리에 의한 녹즙의 미생물 저감효과 기대
- 시험 기간 : 2006. 8.20-2006.8.25
- 시험 결과 : 외관평가에 의한 세척 결과는 양호하였으며 냉수온도를 1~2℃로 조절하여 세척, 냉수냉각한 경우 총균수 및 대장균수가 2log scale 정도 감소하여 착즙 후 녹즙의 균수 증가도 억제됨.
- 기타사항 : 녹즙용 채소의 냉각, 세척 공정에 추가 연구 수행하여 기술 이전 추진 예정임.

2. 세척 및 냉각 시스템의 구축과 관리 기준

본 연구에서는 신선편의농산물중 쌈채소류와 같은 단순 세척 채소류 가공을 위한 공정과 기계설비에 국한하여 공정을 설계하고 소요 비용을 분석하였으며 아래 그림 들은 시설 계획에 대한 기본 안을 제시한 것이다. 기본적인 공정은 그림에서와 같이 원료 투입, 예비세척, 본세척, 냉각 및 살균, 선별, 탈수, 계량 및 포장의 기본 공정으로 구성하였다.

가. 세척 시스템의 구축

세척설비를 구축하는데 소요되는 예산은 소규모 단체 급식소 및 소형 유통 업체용과 생산자 단체단체 및 대형 유통 업체용으로 구분하여 기본적인 시설비에 대하여 조사하였으며 대략적인 내역은 각각 표와 같다.

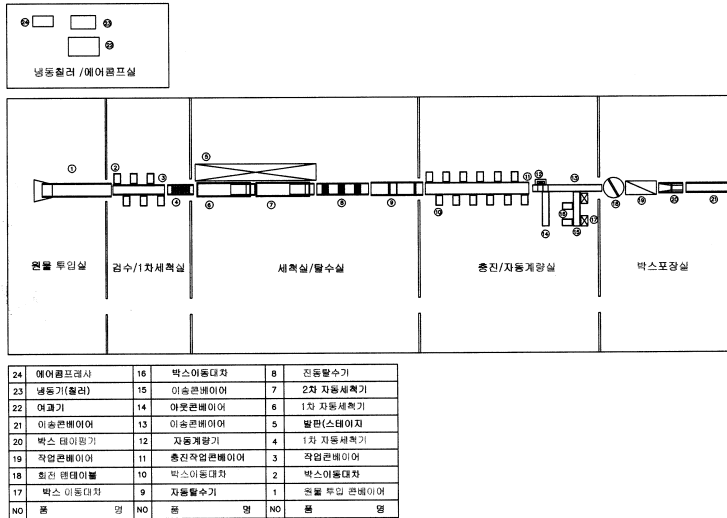


그림 35. 세척 채소류 가공을 위한 시설 작업 공정 lay-out

표 57. 단위 설비 계획 예

항 목	제 원	규 격	수 량	비 고
엽채류 세척기	SUS304 40*40*1.2T	800*3000~3200	1개	전원 : Ø 380v, 220v 펌프 : 해수용 펌프 3HP
자동 탈수기	SUS304 50*50*1.5T	1000*3000* 4000*1600	1개	전원 : Ø 380v, 220v 모터 : 기어 1/2HP 10:1
작업 컨베이어(포장)	SUS304 40*40*1.2T	작업량에 기준	1개	전원 : Ø 380v, 220v 모터 : 인버터 1.2HP
진동 탈수대	SUS304 40*10*1.2T	800*2000*900	1개	전원 : Ø 380v, 220v 모터 : 인버터 1/4HP
원날 투입 컨베이어	SUS304 40*40*1.2T	800*2000~3000	1개	전원 : Ø 380v, 220v 모터 : 인버터 1/4HP
2차 살균기	SUS304 40*40*1.2T	800*3000~3200	1개	전원 : Ø 380v, 220v 모터 : 인버터 1/4HP

표 58. 시스템 구축 소요 예산(소규모 단체급식소 및 소형 유통 업체 용)

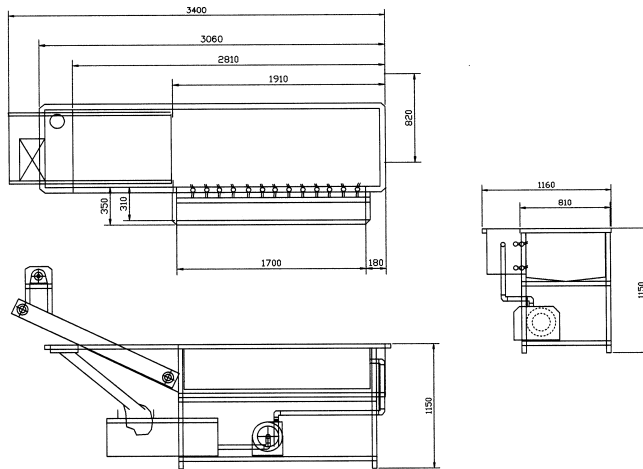
항목		제원(용량)	금액(천원)	비고
세척 및 냉수 공급부		1 ton/hr	25,000	
예비 세척부		500kg/hr	15,000	
본 세척부		500kg/hr	40,000	
살균처리부	오존수제 조기	1 ton/hr	16,500	
	본체	500kg/hr	40,000	
	탈 수 부	1 ton/hr	60,000	압착 및 흡입식
포장·계량	포 장	500kg/hr	15,000	소비자 포장 및 boxing
	계 량	500kg/hr	10,000	반자동
기타 장비	이송벨트	500kg/hr	10,000	바이브레이터
	작업대		4,000	
	이송장비	2 ton	30,000	전기이동차
계			265,500	

표 59. 시스템 구축 소요 예산(생산자 단체 및 대형 유통 업체용)

항목		제원(용량)	금액(천원)	비고
세척 및 냉수 공급부		5 ton/hr	50,000	
예비 세척부		5 ton/hr	25,000	
본 세척부		5 ton/hr	60,000	
살균처리부	오존수제 조기	1 ton/hr	50,000	
	본체	5 ton/hr	60,000	
	탈 수 부	1 ton/hr	80,000	압착 및 흡입식
계량 및 포 장	포 장	5 ton/hr	60,000	소비자 포장 및 boxing
	계 량	5 ton/hr	30,000	반자동
기타 장비	이송벨트	5 ton/hr	15,000	바이브레이터
	작업대		6,000	
	이송장비	2 ton	30,000	전기이동차
계			466,000	



<세척 농산물 작업장의 배치도>



(a)



(b)

Fig. 36. Precooling and washing machine for leafy vegetables
(a) Outline design (b) Local installation.

* 세척설비 및 시설 기준

1. 공통사항

척 채소류 관련 설비는 향후 GAP 및 HACCP 기준에 근거하여 설계, 시공하는 것을 원칙으로 한다.

2. 시설물 배치와 구획화

건물구조, 시설물의 배치 및 작업동선은 교차오염이 되지않게 배치하고 HACCP 기준에 준하여 행한다.

3. 설비 및 기기의 구조와 재질

- (1) 시설, 설비, 기기, 기구 등은 세정이나 소독이 용이한 구조이어야 한다. 또한 모든 설비는 도구를 사용하지 않고 분해가능 하도록 설계한다.
- (2) 시설, 설비, 기기, 기구 등의 배수구에는 식품의 잔사 등이 배관에 들어가지 않도록 스트레이너 또는 이물질 제거장치를 설치한다.
- (3) 식품과 접촉되는 설비의 외부 표면은 청소 작업으로 인한 마찰에 강하며, 살충제를 비롯하여 부식성과 산성을 띠는 살균용 화학제품에도 견딜 수 있는

재질(설비의 주요 부분뿐만 아니라 부품까지 포함)이어야 한다. 그리고 내수성의 틈이나 구멍이 없도록 한다.

- (4) 식품 생산용 설비의 재질은 여러 면에서 제품의 안전과 위생관리에 영향을 미치게 된다. 선택된 재질이 생산될 제품(원부재료 및 완제품 등)의 품질(향, 맛, 색 등)에 직접적인 영향을 주며 때로는 변질로 인한 오염문제를 발생시킬 수도 있으므로 설비의 재질 선택 시 충분히 고려하여야 한다.

* 설비의 재질은 다음의 요건을 갖추도록 한다.

- 화학작용을 일으키지 않아야 한다.
- 내약품성 재질이어야 한다.
- 녹이 슬지 않는 견고한 재질이어야 한다.

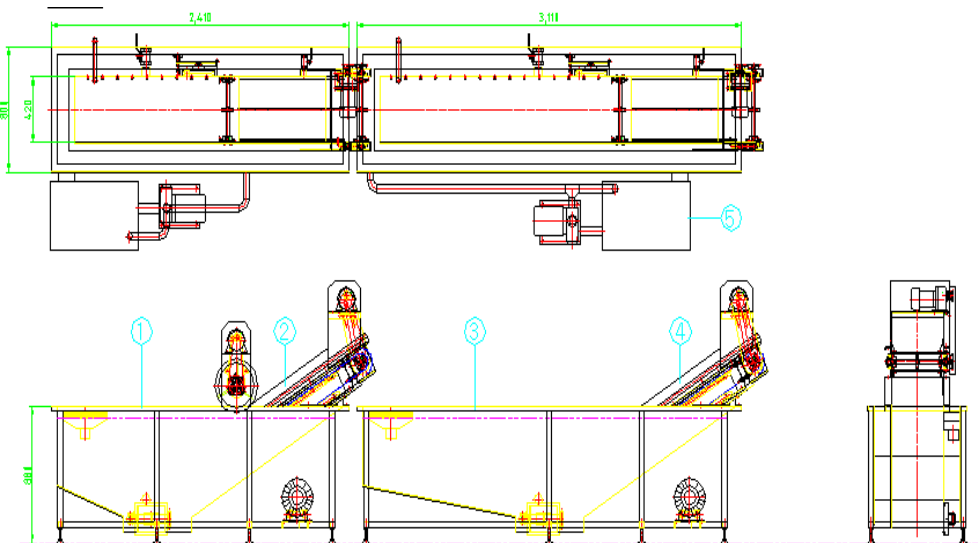
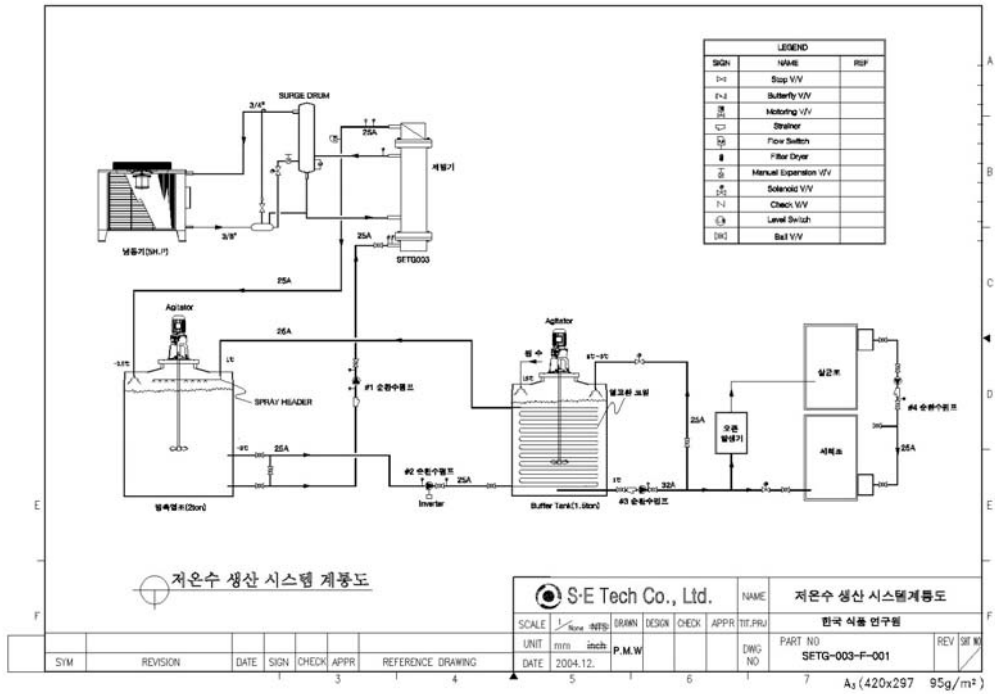
- (5) 시설, 설비, 기기, 기구 등은 청소 및 소독을 충분히 수행할 수 있는 구조로 제작한다.

- 기구 분해가 용이하고, 세정을 고려하여 구매를 두어야 하며, 기구에서 증기나 물 등을 배출할 경우 배관과 직접 연결된 배수설비를 부착하여 작업장 바닥에 물이나 증기 등이 직접 흐르지 않도록 하여야 한다.
- 청소 및 소독 중 물이나 약제 등이 주변에 비산되지 않도록 비말, 비산방지 커버 등을 작업성을 고려하여 설치하여야 한다.
- 바닥면과 충분한 간격을 두고 프레임을 설치하여 장비를 설치하거나, 바닥면과의 간격이 없도록 기초위에 설치하여 청소 및 소독이 용이한 구조여야 한다.
- 바닥면을 설치할 경우 받침패드와 바닥사이의 틈은 반드시 밀봉하도록 하여야 한다.

- (6) 모든 배관은 스테인레스 재질로 제작되어야 하며, 세척기 하단에는 타공판을 설치하여 이물질 제거 및 BUBBLE을 원활히 발생하도록 하여야 한다.

- (7) 프레임은 형강재로서 용접 또는 볼트로 견고하게 조립하여 설치한다. 전 하중에 대해 충분히 견딜 수 있어야 한다.

- (8) 각각의 탱크는 별도의 물을 공급하여 순차적으로 세척되도록 하여야 한다.



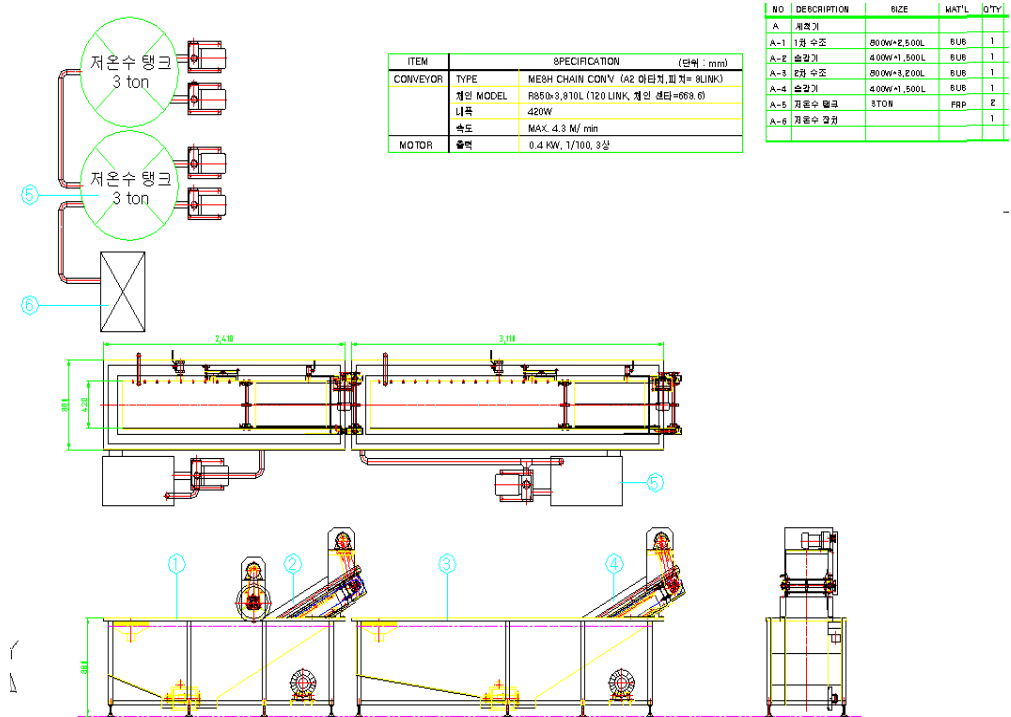


그림 37. 연속식 세척, 냉각 일관 처리 시스템의 개략도

나. 냉수제조장치의 설계 및 제작 기준

1) 구성

Hydrocooling 장치는 냉열 생산부, 냉열 보관부, 이송 및 분배 장치, 콘트롤 장치 등으로 구성되며 각 장치는 각기 최소한의 기본 사양을 유지하여 장치가 최종 위생적인 냉각수를 생산할 수 있어야 한다.

2) 냉열 생산부

Hydrocooling 장치의 냉열은 냉매와 직접 열교환에 의하여 만들거나 .브라인 등 이차 냉매와 열교환하여 공급하게 된다. 여기에 사용 되는 냉동기 및 열교환기는 KS기준(KSBISO5149, KSBISO9309, KSB6365)에 적합한 제품을 용하여야 한다. 제빙장치를 이용할 경우에 제빙장치는 냉매를 직접 증발시키는 증발기인 압력용기로 고압가스 안전 관리법에서 규정하는 기준을 만족하여야 하며, 2차 냉매인 아

이스슬러리를 생산하며 아이스슬러리의 오염을 막기 위해 아이스슬러리와 접촉하는 전열관, 관관 수실 등에는 PG 수용액에 대한 내식성 재료의 사용이 필요하다. PG 수용액의 보호를 위해 사용하는 PG 역시 부식 억제 및 미생물 억제를 위한 첨가제로 인체에 유해한 독성 물질을 사용하지 않아야 하며 열교환기에서의 아이스슬러리의 누수에 의해 발생할 수 있는 냉각수의 오염에 의한 식품의 오염을 원천적으로 차단할 수 있다.

3) 냉열 보관부

냉열보관부는 흔히 축열조라 불리는 탱크이다. 내부에 아이스슬러리를 보관하며 순환펌프로 최대 IPF 20% 이상의 아이스슬러리를 공급할 수 있어야 한다. 이를 위해서 IPF 20~30%의 아이스슬러리를 교반시킬 수 있는 교반 장치가 부착되어야 하며 교반 방식으로 프로펠라형 교반기, 교반 펌프에 의한 교반 장치 등이 사용되어야 한다. 탱크는 PG 수용액에 대해 내식성 재질로 내부가 마감되어야 하며 열교환기에서 환수되는 아이스슬러리의 낮은 과열도(2℃이하)를 이용하여 보관 장치내부에서 오래된 얼음 입자가 발생하지 않도록 차단할 내부 스프레이 환수 장치를 구비하여야 한다. 특히 탱크 내부 상부 가장자리 등에 부착하여 성장하는 얼음 입자등이 발생하지 않도록 스프레이 설계에 유의하여야 한다. 탱크는 또한 온도가 낮게 되므로 주로 외부에 단열을 하여야 한다. 단열은 열전도도가 0.8W/m²℃ 이하가 되도록 충분한 단열을 하여야 하며 단열재로는 독립 기포 구조를 갖는 방습성 단열재를 사용하여야 한다. 부득이한 사정으로 방습 기능이 없는 단열재를 사용할 경우 단열재 표면을 완전 습기와 차단할 수 있도록 표면 마감재를 사용하여 밀폐처리하여야 한다.

4) 냉열 이송 및 분배 장치

냉열 이송 및 분배 장치는 아이스슬러리를 이송시키는 펌프 및 배관 장치로 펌프는 용적형 또는 원심형을 사용하여야 하며 내부에 흐름이 정체하는 부분이 없어야 한다. 소요 양정은 일반 수배관 양정보다 30% 추가된 배관 저항을 기준으로 설계한 총 양정보다 3~5m 높은 양정을 갖는 펌프를 사용하여 순간 폐색에 의한 배관 폐색을 방지하도록 하여야 한다. 사용하는 펌프 및 배관 재질 역시 PG 수용액에 대한 내식성을 갖추어야 하며 배관에서의 급격한 확대나 축소가 없어야 한다. 아이스슬러리를 순환 시키는 배관을 수직으로 배관할 경우 배관 높이가 단

일 루프에서 5m를 초과하지 않도록 하여 흐름이 정지할 경우 발생할 수 있는 배관 폐색에 대비하여야 한다. 수직 높이가 이보다 클 경우 복수의 배관 루프로 분할하여 단일 루프에서 큰 높이차이가 이루어지지 않도록 하여야 한다. 부득이할 경우 정지 현상이 발생할 수 있는 시간을 줄이거나 배관 상부에 히터 등을 설치하여 폐색을 방지하도록 해야 한다. 배관 내의 유속은 가능한한 1.0m/s 이상이 되도록 배관 설계를 하여야 하며 분기 배관에는 헤더 방식의 분기 장치 대신 Y형 분기 장치를 사용하여 정체가 이루어지지 않도록 하여야 하며 배관 내부에 부식 등에 의한 스케일 발생이 없는 재질을 사용하도록 한다. 소구경(40A 이하) 배관에는 동관, 혹은 플라스틱 배관을 사용하되 낮은 온도에 의한 수축 현상에 의한 누수 발생이 없는 방식을 채택하여야 한다. 대구경 배관으로 동관, STS관 등의 사용이 추천된다. 일반적 수배관 기준보다 보냉을 강화 해야 한다. 보냉에 필요한 단열 기준 역시 탱크와 동일 기준을 적용한다.

5) 제어 장치

자동제는 일반적인 자동제어와 크게 다르지 않으나 축열과 이를 이용하는 부하 운전이 나누어져 있어 이를 충분히 대응하도록 해야 한다. 축열 완료등 축열에 관한 제어는 제빙수의 온도를 이용하며 상변화 정도에 의하여 제빙수의 온도가 미세하게 차이가 있으므로 0.1℃까지 나타나는 온도 제어 장치를 이용하여야 한다. 부하 부분의 냉수 역시 0.1℃ 까지 정밀하게 온도를 제어할 수 있어야 하며 부하 부분의 온도를 제어하기 위해서는 열교환기의 출구온도 제어보다 입구 온도 제어를 하는 것이 효과적이므로 입구 온도 제어 방식을 사용하는 것이 좋다. 열교환기 내의 폐색을 감지하도록 열교환기 입구에 압력계를 설치하여 0.2~0.3 bar의 미세한 압력 변화에 의한 폐색을 사전 감지할 수 있도록 안전 장치를 추가 하여야 하며 ks다.운전 정지 시 배관내에 얼음입자를 최대한 없애고 정지하도록 타이머에 의한 정지 시간차를 두도록 하여야 한다.

6) 용량별 시스템 구성

저온 냉각수 소요용량에 따른 설비 용량은 다음 용량별 시스템 구성을 참조하여 선정하도록 한다. 용량표보다 초과하는 용량은 기준표와 동일한 기준에 의하여 설계하여 선정하도록 한다

표 60. 냉각수 제조 장치의 용량별 제원

구 분	단위	용 량							비고
		5	10	20	30	50	75	100	
1일 냉각수 사용량	TON/day	5	10	20	30	50	75	100	E.T=-8.0℃기준, 20시간 가동
냉동기용량	kW	2.2	5.5	11.0	18.5	30.0	45.0	55.0	
제빙기 용량	kW	5.3	9.0	18.0	30.3	49.1	73.6	90.0	10시간 축열 기준
축열조 용량	TON	4.0	7.0	15.0	25.0	40.0	60.0	75.0	
제빙수 펌프	kW	0.8	1.1	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	
슬러리순환펌프	kW	0.8	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11.0	
열교환기 용량	kW	10.0	20.0	40.0	67.3	100.0	136.4	200.0	10시간 사용 기준
기타(교반기, 제빙기 모터)	kW	1.5	3	5	7	9	11	15	

주1). 냉각수 사용은 원수 공급 온도 15℃를 기준으로 전량 소비하는 조건으로 산출

3. 냉각, 세척수의 재활용을 위한 처리 공정 개발

냉각 세척수는 대부분 사용하고 버리는 공정으로 진행할 수 밖에 없다. 따라서 에너지 소비량이 크며 버리는 에너지를 회수할 필요가 생긴다. 그러므로 사용 후의 세척수를 그냥 버리지 않고 보유한 냉열을 회수하면 에너지 절약에 크게 도움이 된다. 보유한 냉열을 회수하기 위해서는 열교환기를 사용하여야 하나 사용 후 냉각세척수는 부유물질 등으로 일반적인 열교환기를 사용하기가 어렵다. 이런 조건에서는 개방형 저수 탱크내에 열교환기를 침수 시키고 열교환기 내부에 깨끗한 물을 순환시켜 폐냉열을 회수하는 방식의 열교환기 사용이 적절하다. 폐냉열을 회수하는 시스템을 계통도로 표시할 경우 아래 그림과 같이 되며 이때 폐냉열 회수 장치로부터 얻을 수 있는 냉열량은 15℃ 원 공급수를 4~5℃ 온도를 낮추는 수준으로 30% 정도의 에너지 절약이 가능하다.

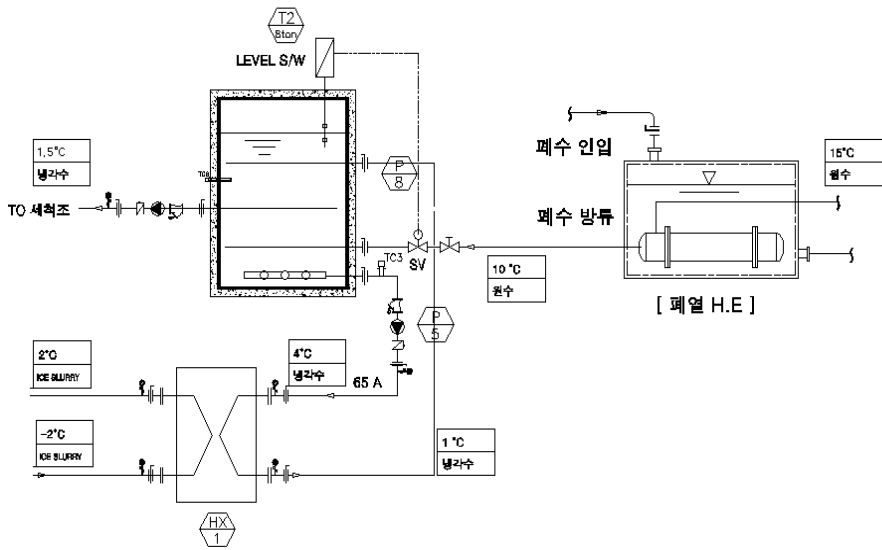


그림 38. 냉수 재활용을 위한 flow-diagram

제 5 절 기계적으로 냉각, 세척한 채소류의 유통중 품질 변화

1. 재료

실험에 사용한 상추(*Lactuca sativa*)는 경기도 남양주시, 청경채(*Brassica campestris var. chinensis*)는 경기도 모현면, 치커리(*Chichorium intybus*)는 경기도 이천시, 쪽갓(*Chrysanthemum coronarium L. var. spatiosum*)은 경기도 남양주시 그리고 깻잎(*Perilla frutescens*)은 경남 밀양에서 재배된 것으로 당일 수확한 것을 2~5시간 이내에 구입하여 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 세척 전처리 및 저장

1~2℃, 5~6℃의 저온냉각수와 10~-13℃의 지하수를 이용하여 3회 반복하여 세척한 후, 탈수하여 물기를 제거하고 PP(Polypropylene) film bag(0.05*20*30cm)과 PETE(Polyethylene Terephthalate) tray(16*21*4.5cm)를 이용하여 포장한 후, 4 및 10℃의 저장고에서 9일 동안 저장하며 3일 간격으로 품질을 비교하였다. 대조군으로 세척하지 않은 시료를 이용하였다.



그림 39. 채소류의 포장 상자에 적입 형태

2) 품질 측정

저장일수에 따른 품질을 비교하기 위하여 중량감모율, 호흡율, Hunter L, a, b 값과 미생물 분석(총균수, 대장균균수, *E.coli*)을 하였으며 영양성분 변화를 보기 위하여 비타민 C를 분석하였다. 외관, 조직감, 이취, 전반적인 기호도를 9점 척도법에 의해 관능평가를 실시하였다.

① 중량감모율

중량감모율은 초기중량과 일정기간 경과 후 측정된 중량의 차이를 초기중량에 대한 백분율로 나타내었다.

② 호흡율

호흡율은 시료를 일정 부피의 용기(2L)에 넣고 밀폐하여 각각 설정된 온도에 일정시간을 방치한 후 head space의 기체 200 μ l를 가스 기밀성 주사기로 취하여 GC(GC-14A, Shimadzu Co., JAPAN)로 이산화탄소 농도를 분석하여 mg CO₂/kg/hr로 나타내었다. 이 때 분석조건으로 column은 CTR1(Altech, USA), column 온도는 35 $^{\circ}$ C, 이동상은 He을 사용하였으며 검출기로는 TCD를 각각 사용하였다.

③ 표면색택

색차계(Chromameter, CR-200, SUN Scientific Co., JAPAN)를 사용하여 포장위당 10개체의 시료를 선정, 일정한 표면부위 3곳을 각각 3회 반복 측정하여 L, a, b 값으로 나타내었다.

④ Vit. C 분석

비타민 C 함량은 Hydrazine 비색법(2,6-dichlorophenol indophenol method)으로 측정하였다. 시료 5 g을 취하여 homogenizer로 마쇄한 후, 추출하여 여과지(Whatman No. 2)로 여과한 후 여액을 100 mL로 정용한 후 일정 배수로 희석하여 비색법으로 비타민 C 함량을 측정하였다.

⑤ 미생물 분석

무균적으로 시료 10g을 취한 뒤 중량의 10배에 해당하는 멸균된 0.85%

saline 용액을 가하여 stomacher(Labstory Blender Stomacher 400, Seward)로 1분간 균질화 시킨 후, 시료액을 1 mL씩 취하여 9 mL의 멸균된 0.85% saline 용액으로 단계 희석하였다. 시험용액 1 mL와 각 단계 희석액 1 mL씩을 멸균된 페트리접시 3매 이상씩에 무균적으로 취하여 총균수는 Plate count agar(PCA, Difco Lab. USA)를, 대장균군은 Chromocult agar(CM, Merck Co. Germany)를 약 15 mL를 무균적으로 분주하여 pouring culture method 로 접종한 다음, 35±1℃에서 48~72 h 배양시킨 후 1 평판 당 30~300개의 집락을 생성한 평판을 택하여 colony 수를 측정하여 colony forming unit(CFU/g)으로 표시하였다. *E.coli*는 총균수, 대장균군수와 동일한 방법으로 시료를 전처리한 후 시험용액 1 mL와 각 단계 희석액 0.1 mL씩을 멸균된 페트리접시 3매 이상씩에 무균적으로 취하여 *E.coli*의 선택배지(MacConkey sorbitol agar, Difco Lab., USA)에 spreading culture method로 접종한 다음 37℃, 24 h 배양시킨 후 무색집락을 계수하였다.

⑥ 관능적 품질 평가

관능요원 10명을 대상으로 9점 평점법으로 기호도 검사를 실시하였으며 평가항목은 외관, 이취, 조직감, 전체적 기호도로 평가하도록 하였다. 각 관능 특성별 평가 기준은 아래와 같다.

<관능검사 기준>

외관 (반점, 변색, 조직붕괴, 부패 등)

- 9 : 수확 직후/세정처리 직후처럼 신선한 상태
- 7 : 품질저하 흔적이 나타날 때 (반점, 변색, 조직붕괴 등)
- 5 : 품질저하 흔적이 나타났으나 상품성이 존재
- 3 : 품질저하 된 부분을 제거하면 일부 먹을 수는 있으나 상품성 상실
- 1 : 품질저하 심함

이취

- 9 : 수확 직후/세정처리 직후처럼 고유의 신선한 냄새
- 7 : 시료에서 off-odor가 약간 느껴지기 시작할 때 (trace)
- 5 : 시료에서 약간 느껴지나(very light) 상품성에는 영향이 없을 때

3 : 상당히 느껴짐

1 : 아주 심함

조직감

9 : 수확 직후/세정처리 직후처럼 신선한 상태 (아삭아삭함)

7 : 초기와 거의 차이가 없으나 일부 조직 연화 징후가 느껴질 때 (trace)

5 : 조직이 약간 연화됨을 인지할 수는 있으나 상품성에 지장이 없을 정도

3 : 조직이 상당히 연화된 상태, 식용 어려움

1 : 조직이 짓물러진 상태

종합평가

9 : 수확 직후/ 세정 처리 직후처럼 신선한 상태 (very fresh)

7 : 시료 중 1-2개에서 품질저하 흔적이 나타날 때 ; 반점, 변색, 조직붕괴 등 (fresh), (marketable)

5 : 시료 중 3-5개에서 품질저하 흔적이 나타났으나 상품성이 존재

3 : 품질저하한 부분을 제거하면 일부 먹을 수는 있으나 상품성 상실 (poor)

1 : 품질저하 심함 (very poor)

3. 결과 및 고찰

1) 상추

상추를 1 및 6℃의 세척수를 이용하여 세척 및 냉수냉각 처리한 후, PP film bag과 PETE tray로 포장하고 4 및 10℃에 보관하면서 품질과 선도에 미치는 효과를 조사하였다. 4℃에서 9일간 저장한 상추의 경우 10℃에서 저장한 경우에 비하여 저장 3일째까지 중량 감모율의 변화가 적었으며 특히, 1℃ 냉수로 세척하고 PETE tray로 포장한 경우 저장 9일째의 중량 감모율이 0.14 %로 PP film bag으로 포장한 상추의 0.25 % 보다 2배 정도 낮았으며 6℃ 냉수로 세척하고 PETE tray로 포장한 상추의 0.31 % 보다도 낮게 나타났다.

호흡속도는 1℃ 냉수로 세척 처리하여 PETE tray로 포장하고 4 및 10℃에서 9일 저장한 후 각각 9.99 및 11.81 mg CO₂/kg/hr로 PP film bag으로 포장한 상추의 9일째 호흡속도 11.46 및 15.21 mg CO₂/kg/hr보다 낮게 나타났으며 6℃로 세

적하고 PETE tray 포장한 후 10℃에서 저장한 상추의 16.06 mg CO₂/kg/hr보다 훨씬 낮게 나타났다. 전반적으로 PETE tray로 포장하여 저장한 경우에서 호흡속도가 느리게 나타났다.

비타민 C의 경우 초기 30mg% 내외에서 저장 9일 후에는 5~10mg%로 저하하였는데 저장온도 10℃에 비하여 4℃에서 손실율이 8mg%를 유지하여 적었으며 10℃ 저장고에서는 5mg% 이하의 값을 나타내어 손실율이 더 크게 나타났다. 클로로필의 색상 변화에 있어서 PETE tray가 PP film bag보다 감소율이 적게 나타났으며 저장 6일째까지 포장형태에 따른 큰 차이는 없었고 전반적으로 저장일수에 따라 클로로필 함량은 감소하는 경향을 나타내었다.

미생물에 있어서도 1℃ 냉수로 세척 처리하고 PETE tray로 포장하여 4℃에서 저장 한 후 9일째 총균수 1.58×10^4 CFU/g, 대장균군수 1.50×10^2 CFU/g로 PP film 으로 포장한 상추의 총균수 5.72×10^5 CFU/g, 대장균군수 6.95×10^2 CFU/g보다 1 log scale 적은 미생물이 검출되었으며 PP film bag으로 포장한 상추에서는 *E.coli* 또한 6.0×10^1 CFU/g 검출되었다.

저장 9일째 4℃에서 저장한 상추는 전반적으로 상추 원래의 초록색을 띠고 있었지만, 상추의 끝부분이 약간 갈변되었음을 관찰할 수 있었다. 1℃ 냉수 세척보다 6℃ 지하수 세척처리에서 갈변정도는 심했으며 PP film bag보다 PETE tray로 포장된 상추의 저장 상태가 더 좋았다. 10℃ 저장고에서 9일 후의 상추는 전반적으로 잎의 초록색이 옅어졌으며 특히 잎 끝부분에서부터 노란색으로 변색됨이 심하였고 짓무름 발생과 함께 이취가 많이 났으며 푸석푸석한 조직감을 나타내었다. 1℃ 냉수로 세척하고 PETE tray로 포장하여 4℃에서 저장한 상추의 상태가 고유의 상추 잎 초록색을 유지하며 가장 신선한 것으로 나타났다. 그러나 현재 판매되고 있는 PETE tray의 값이 PP film bag보다 비싸기 때문에 PETE tray의 장점을 유지하면서 비슷한 저장 효과를 낼 수 있는 새로운 포장용기에 대한 연구가 필요하다고 판단된다. 관능적 품질 평가에 의하면 표에서 알 수 있는 바와 같이 4℃에 보관한 경우는 냉수 온도에 상관없이 6일째까지 상품성을 유지할 수 있었지만 10℃에서 보관한 경우는 3일째 이후부터는 상품성이 저하된 것으로 조사되었다.

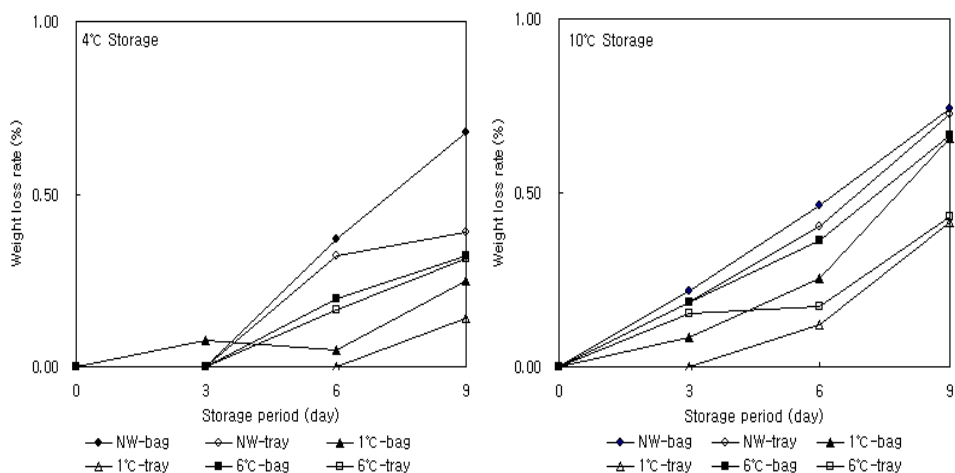


Fig. 40. Changes in the weight loss rate of leafy lettuce by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

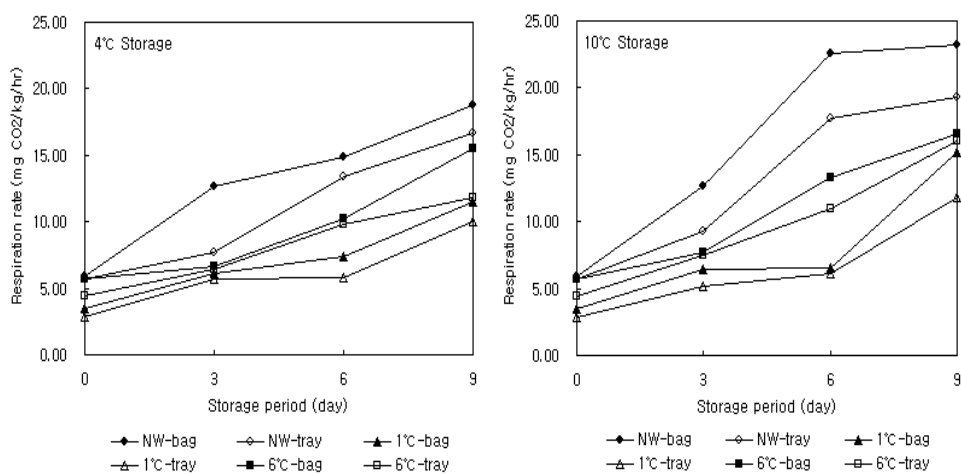


Fig. 41. Respiration rate of leafy lettuce by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

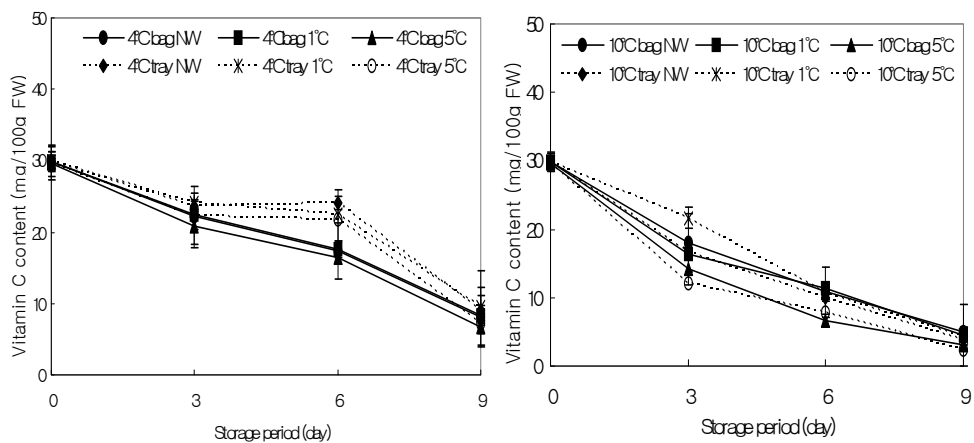


Fig. 42. Changes in Vit. C of leafy lettuce by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

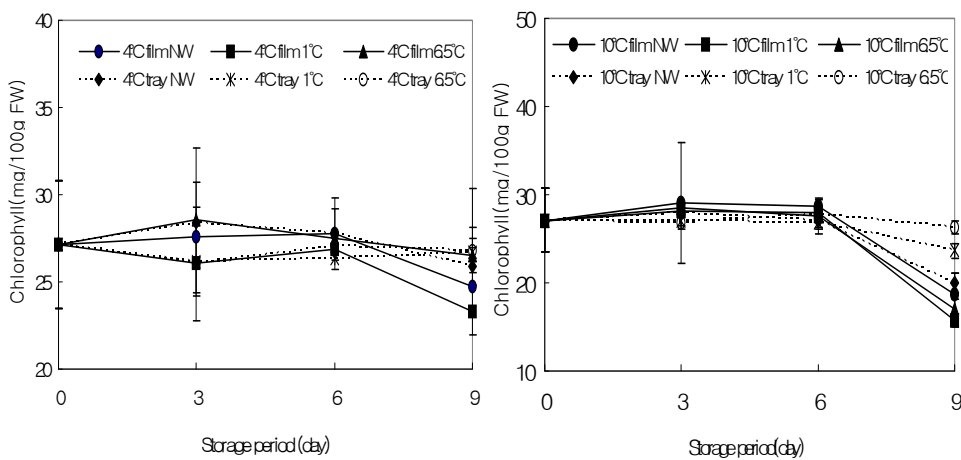


Fig. 43. Changes in chlorophyll of leafy lettuce by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

Table 61. Changes in the microorganism number of leafy lettuce by different water temperature and packing type during storage at 4°C

(unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp. (°C)	Wrapping type	Storage period (day)				
			0	3	6	9	
Viable cell count	NW	B ¹⁾	2.87×10 ⁶	2.60×10 ⁶	7.65×10 ⁷	8.80×10 ⁷	
		T ²⁾		1.26×10 ⁶	4.70×10 ⁶	4.55×10 ⁷	
	1	B	5.10×10 ³	1.25×10 ⁴	2.62×10 ⁴	5.72×10 ⁵	
		T		1.21×10 ³	1.57×10 ⁴	1.58×10 ⁴	
	6	B	1.00×10 ³	4.94×10 ⁴	6.35×10 ⁵	4.95×10 ⁵	
		T		6.08×10 ⁴	5.00×10 ⁴	3.45×10 ⁴	
	Coliform group count	NW	B	8.93×10 ³	9.26×10 ³	5.50×10 ³	8.36×10 ⁴
			T		6.77×10 ³	8.50×10 ³	8.73×10 ³
1		B	1.10×10 ¹	5.78×10 ¹	1.18×10 ²	6.95×10 ²	
		T		1.89×10 ¹	7.76×10 ¹	1.50×10 ²	
6		B	2.0×10 ¹	3.10×10 ²	1.05×10 ²	1.25×10 ²	
		T		7.77×10 ²	7.00×10 ²	6.0×10 ²	
<i>E.coli</i>		NW	B	1.20×10 ¹	8.0×10 ¹	2.0×10 ¹	1.0×10 ¹
			T		1.0×10 ¹	7.0×10 ¹	2.15×10 ²
	1	B	N.D. ³⁾	N.D.	N.D.	6.0×10 ¹	
		T		N.D.	N.D.	N.D.	
	6	B	N.D.	N.D.	N.D.	1.30×10 ¹	
		T		N.D.	N.D.	9.0×10 ¹	

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

³⁾ <10¹ CFU/g

Table 62. Changes in the microorganism number of leafy lettuce by different water temperature and packing type during storage at 10°C

(unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp. (°C)	Wrapping type	Storage period (day)				
			0	3	6	9	
Viable cell count	NW	B ¹⁾	2.87×10 ⁶	3.20×10 ⁷	1.41×10 ⁸	5.80×10 ⁸	
		T ²⁾		1.20×10 ⁷	8.34×10 ⁷	6.85×10 ⁸	
	1	B	5.10×10 ³	4.09×10 ⁴	2.07×10 ⁵	2.31×10 ⁵	
		T		5.84×10 ⁴	4.45×10 ⁴	5.10×10 ⁴	
	6	B	1.00×10 ³	1.24×10 ⁴	1.30×10 ⁵	7.50×10 ⁵	
		T		9.66×10 ⁴	2.46×10 ⁴	1.12×10 ⁵	
	Coliform group count	NW	B	8.93×10 ³	2.24×10 ³	1.72×10 ⁴	4.15×10 ⁴
			T		3.53×10 ³	5.70×10 ³	1.48×10 ⁴
1		B	1.10×10 ¹	4.09×10 ²	8.66×10 ²	1.45×10 ²	
		T		7.57×10 ²	5.52×10 ²	9.80×10 ²	
6		B	2.0×10 ¹	1.29×10 ²	2.75×10 ³	1.25×10 ³	
		T		9.84×10 ²	7.45×10 ²	1.65×10 ³	
<i>E.coli</i>		NW	B	1.20×10 ¹	1.5×10 ¹	1.30×10 ²	2.00×10 ²
			T		1.0×10 ¹	2.50×10 ²	1.65×10 ²
	1	B	N.D. ³⁾	N.D.	N.D.	7.0×10 ¹	
		T		N.D.	N.D.	1.0×10 ¹	
	6	B	N.D.	N.D.	N.D.	1.45×10 ¹	
		T		N.D.	N.D.	6.5×10 ¹	

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

³⁾ <10¹ CFU/g

Table 63. Sensory characteristics of leafy lettuce by different water temperature and packing type during storage at 4°C

Water temp. (°C)	Wrapping type	Organoleptic characteristic	Storage period (day)			
			0	3	6	9
NW ¹⁾	B ²⁾	Appearance	8.2 ^a	6.1 ^a	3.5 ^b	3.0 ^b
		Flavor	8.3 ^b	7.3 ^a	6.8 ^b	6.3 ^{ab}
		Texture	7.8 ^b	6.8 ^a	6.3 ^c	5.8 ^b
		Overall acceptability	7.8 ^a	6.8 ^a	6.3 ^b	5.8 ^{bc}
	T ³⁾	Appearance	8.2 ^b	5.8 ^b	4.8 ^c	4.3 ^a
		Flavor	8.3 ^b	7.3 ^a	6.8 ^b	6.3 ^{ab}
		Texture	7.8 ^a	6.8 ^a	6.3 ^a	5.8 ^b
		Overall acceptability	7.8 ^a	6.8 ^a	6.3 ^b	5.8 ^{bc}
1	B	Appearance	9.0 ^a	7.2 ^{ab}	6.7 ^c	6.2 ^{bc}
		Flavor	9.0 ^b	8.0 ^a	7.5 ^a	7.0 ^b
		Texture	8.7 ^c	7.7 ^a	7.2 ^{ab}	6.7 ^{bc}
		Overall acceptability	8.8 ^a	7.8 ^a	7.3 ^{ab}	6.8 ^{ab}
	T	Appearance	9.0 ^a	8.0 ^b	7.5 ^{bc}	7.0 ^c
		Flavor	9.0 ^b	8.0 ^b	7.5 ^{ab}	7.0 ^c
		Texture	8.7 ^a	7.7 ^{ab}	7.2 ^c	6.7 ^{bc}
		Overall acceptability	8.8 ^a	7.8 ^{bc}	7.3 ^{cd}	6.8 ^d
6	B	Appearance	8.8 ^a	7.0 ^b	6.1 ^a	5.6 ^{ab}
		Flavor	8.6 ^a	7.6 ^a	7.1 ^b	6.6 ^{bc}
		Texture	8.6 ^b	7.6 ^a	7.1 ^b	6.6 ^{ab}
		Overall acceptability	8.8 ^a	7.8 ^b	7.3 ^{bc}	6.8 ^c
	T	Appearance	8.8 ^{ab}	7.8 ^a	7.3 ^{ab}	6.8 ^b
		Flavor	8.6 ^a	6.8 ^{ab}	6.7 ^b	6.2 ^b
		Texture	8.6 ^a	7.6 ^a	7.1 ^{ab}	6.6 ^{bc}
		Overall acceptability	8.8 ^{ab}	7.8 ^a	7.3 ^b	6.8 ^c

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

^{a-d}Values are different significantly with different superscripts(p<0.05)

Table 64. Sensory characteristics of leafy lettuce by different water temperature and packing type during storage at 10°C

Water temp. (°C)	Wrapping type	Organoleptic characteristic	Storage period (day)			
			0	3	6	9
NW	B ¹⁾	Appearance	8.2 ^a	6.1 ^a	3.6 ^{ab}	2.8 ^b
		Flavor	8.3 ^{ab}	7.3 ^a	6.8 ^b	6.3 ^c
		Texture	7.8 ^a	6.8 ^a	5.3 ^a	3.8 ^b
		Overall acceptability	7.8 ^a	6.8 ^a	4.3 ^b	3.8 ^c
	T ²⁾	Appearance	8.2 ^a	7.2 ^a	4.7 ^{ab}	3.2 ^{ab}
		Flavor	8.3 ^b	7.3 ^{ab}	6.8 ^a	6.3 ^a
		Texture	7.8 ^{ab}	6.8 ^a	6.3 ^a	5.8 ^a
		Overall acceptability	7.8 ^{ab}	6.8 ^{bc}	5.3 ^a	3.8 ^{abc}
1	B	Appearance	9.0 ^{ab}	8.0 ^a	6.5 ^b	5.3 ^a
		Flavor	9.0 ^a	8.0 ^a	7.5 ^a	7.0 ^{abc}
		Texture	8.7 ^{ab}	7.7 ^a	7.2 ^b	5.7 ^b
		Overall acceptability	8.8 ^{ab}	7.8 ^a	6.3 ^a	4.8 ^c
	T	Appearance	9.0 ^{ab}	8.0 ^{bc}	6.5 ^a	6.0 ^{abc}
		Flavor	9.0 ^a	8.0 ^a	7.5 ^a	7.0 ^b
		Texture	8.7 ^b	7.7 ^{ab}	7.2 ^a	6.7 ^a
		Overall acceptability	8.8 ^{ab}	7.8 ^{bc}	6.3 ^b	5.8 ^c
6	B	Appearance	8.8 ^a	6.6 ^{ab}	6.4 ^a	4.0 ^{ab}
		Flavor	8.6 ^a	7.6 ^a	7.1 ^a	6.6 ^b
		Texture	8.6 ^{ab}	7.6 ^a	7.1 ^a	6.6 ^a
		Overall acceptability	8.8 ^{ab}	7.8 ^a	6.3 ^a	4.8 ^b
	T	Appearance	8.8 ^a	7.8 ^a	6.3 ^{ab}	5.8 ^b
		Flavor	8.6 ^{ab}	7.6 ^{bc}	7.1 ^{ab}	6.6 ^{abc}
		Texture	8.6 ^a	7.6 ^a	7.1 ^{ab}	6.3 ^c
		Overall acceptability	8.8 ^a	7.8 ^a	6.3 ^{bc}	5.8 ^d

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

^{a-d}Values are different significantly with different superscripts(p<0.05)

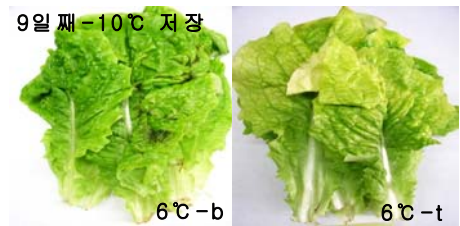
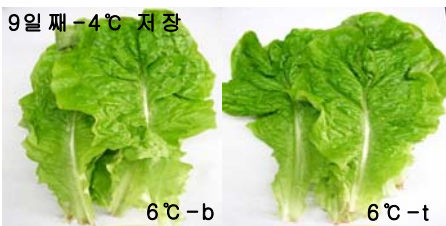
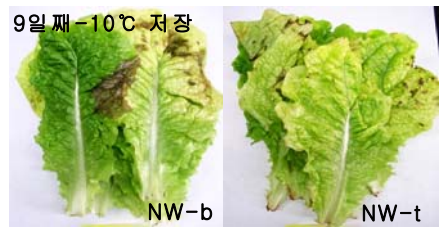
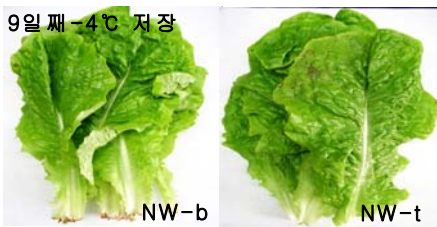


그림 44. 세척 상추의 저장 9일 후의 외관 상태

2) 청경채

청경채를 1 및 6℃의 세척수를 이용하여 세척 및 냉수냉각 처리한 후 PP film bag과 PETE tray로 포장하고 4 및 10℃에 보관하면서 품질과 선도에 미치는 효과를 조사하였다. 4℃에서 9일간 저장한 경우 1 및 6℃에서 세척하고 PETE tray로 포장한 청경채에서 감도가 거의 일어나지 않았다. PP film bag으로 저장한 경우에도 감모율은 0.05 및 1.10 %로 낮게 나타났다. 10℃ 저장고에서 9일째 저장한 경우 세척하지 않고 PP film bag으로 포장한 청경채의 감모율 0.37 %에 비하여 1℃로 세척하고 PETE tray로 포장한 경우는 0.19 %로 감모율이 더 낮게 나타났으며 전반적으로 PP film bag보다 PETE tray로 포장한 경우에서 감도가 적게 일어났음을 알 수 있었다.

Hunter L값은 모든 처리구에서 저장 9일 동안 서서히 증가하였으며 특히, 무처리한 청경채를 PP film bag으로 포장하고 6일째 저장한 경우 65.01로 가장 높았다. 4℃에서 저장한 청경채의 경우 저장 초기에 비하여 9일 후에 청경채의 b값은 다소 증가하였다. 10℃에서 저장한 청경채는 전반적으로 b값이 증가하여 청경채의 잎이 yellow에 가까운 색을 띠었음을 알 수 있었으며 그 중 세척하지 않은 청경채를 PP film bag로 포장한 경우 29.49로 높은 반면 세척한 경우는 20~28 정도의 값을 나타내었다. 호흡속도는 1℃ 냉수 세척 처리하여 PETE tray로 포장하고 4 및 10℃에서 저장한 9일 후 각각 38.41 및 43.11 mg CO₂/kg/hr로 PP film bag으로 포장한 청경채의 9일째 호흡속도 48.16 및 59.47 mg CO₂/kg/hr보다 낮게 나타났다. 전반적으로 PETE tray로 포장하여 4℃ 저온 저장한 경우에서 호흡속도가 느리게 나타났다. 비타민 C의 경우 포장용기에 따른 큰 차이는 보이지 않았으나 1℃ 세척수로 세척한 경우 포장 용기의 구별없이 19mg% 내외를 유지하였으며 저장 6일 이후부터 비타민 C의 손실이 증가하는 것을 알 수 있었다. 10℃ 저장고에서 PP film bag에 저장하여 9일째 세척하지 않은 청경채의 경우 5mg%의 비타민 C 함량을 유지하였다.

미생물에 있어서도 4℃에서 무처리한 청경채의 총균수는 2.40×10⁶ CFU/g, 대장균균수는 2.0×10¹ CFU/g였으며 1℃ 저온수로 세척 처리한 경우 총균수는 1.70×10⁴ CFU/g로 1 log scale 낮게 나타났고 대장균균수는 검출되지 않았다. 4℃에서 저장 9일 후 1℃ 세척 처리하고 PETE tray로 포장한 경우 무처리한 청경채의 총균

수는 1.04×10^5 CFU/g, 대장균군수는 1.35×10^1 CFU/g였으며 6일째까지 대장균군수는 발현되지 않았다. *E.coli*는 모든 처리구에서 발현되지 않았다. 저장일수에 따라 10℃에서 저장한 청경채는 6일째부터 전반적으로 잎이 누런빛으로 얼룩져 있었고 줄기 부분은 짓무르기 시작하였으며 잎이 휘어지는 모습도 관찰되었다. 저장 9일째에는 잎의 누런빛이 더욱 더 심해졌으며 조직감이 많이 연화되어 있었다. PETE tray으로 포장된 경우보다 PP film bag로 포장된 경우에서 잎의 변색과 조직의 변화가 더욱 심하였으며 1℃ 냉수로 세척하고 PETE tray로 포장하여 4℃로 저장한 경우 청경채 고유의 초록색과 아삭한 조직감을 유지하고 있어 가장 효과적인 방법이라 판단된다.

관능적 특성의 평가에 의하면 1℃ 냉수로 세척한 경우는 포장 용기에 상관없이 4℃에서 6일까지 상품성을 유지하였다. 그러나 6℃ 냉수로 세척한 경우는 PETE tray 포장한 경우는 3일까지 상품성을 유지하였으나 PE bag에 포장한 경우는 3일 전에 상품성 상실하였다. 한편 10℃에 보관한 경우는 포장 용기나 세척수 온도에 상관없이 3일째까지 상품성을 유지하기 어려웠다.

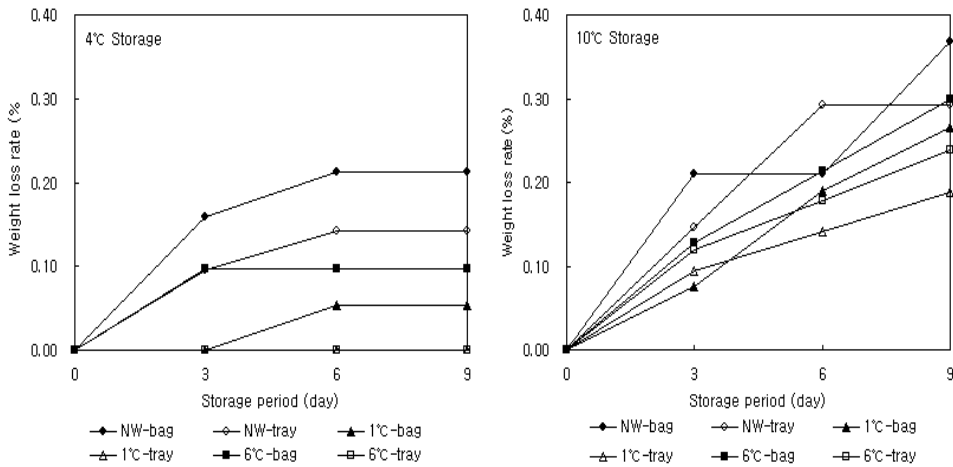


Fig. 45. Changes in the weight loss rate of pak-choi by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

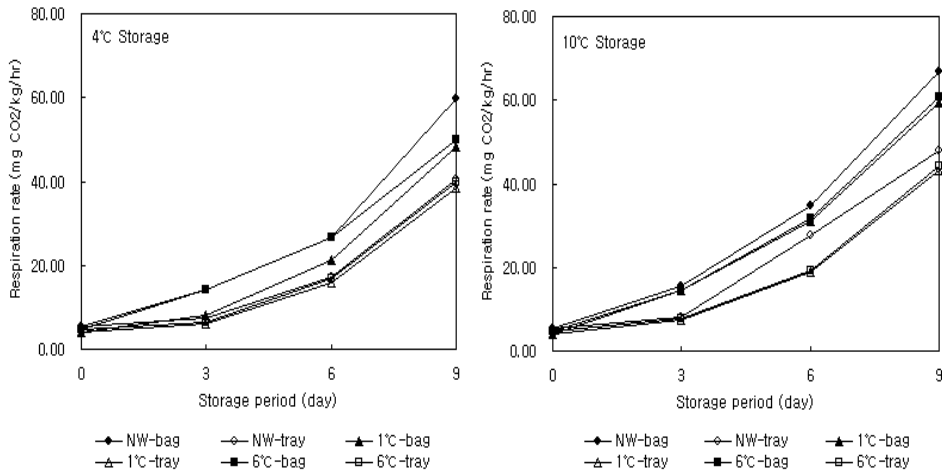


Fig. 46. Respiration rate of pak-choi by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

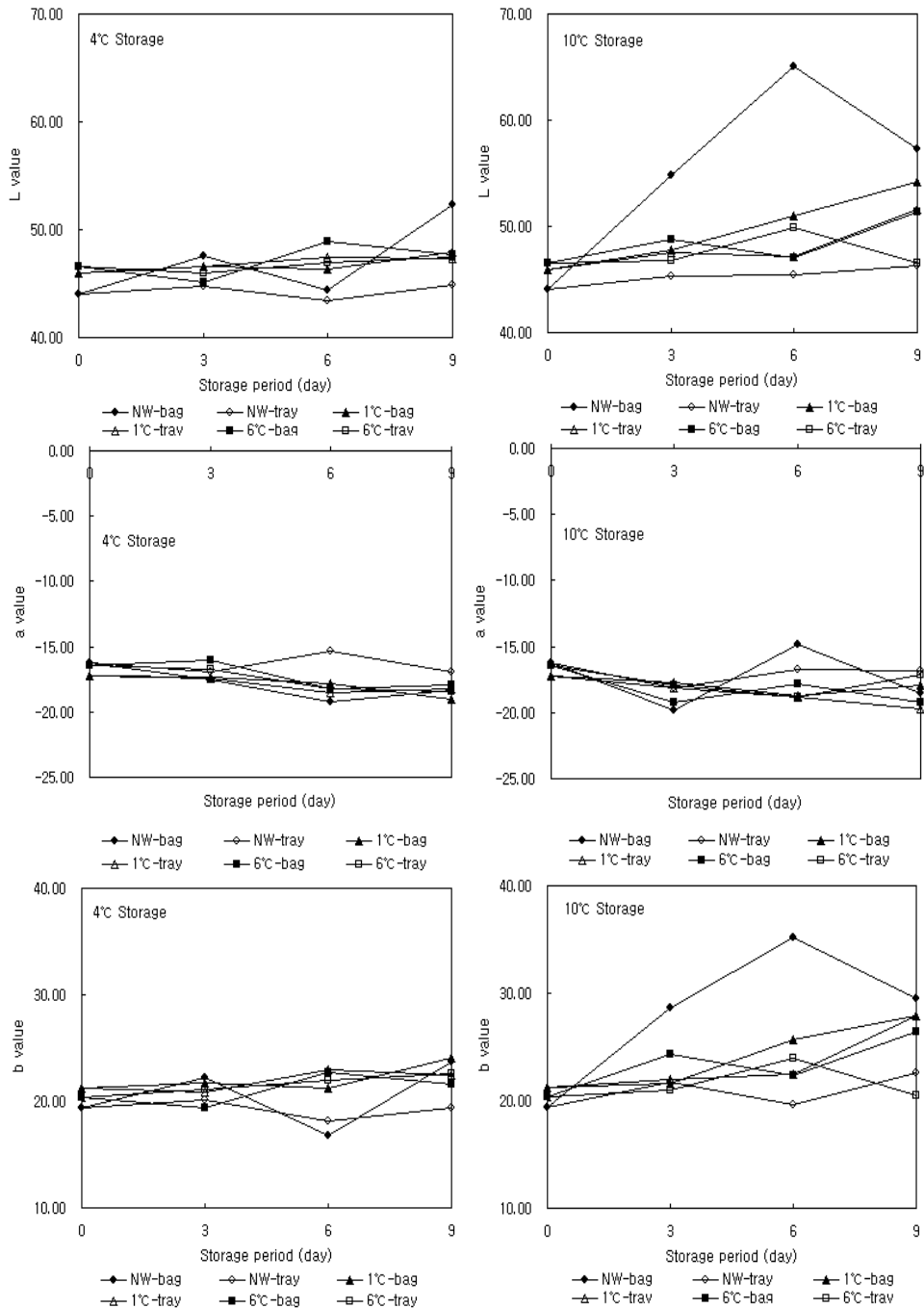


Fig. 47. Changes in the Hunter L, a and b value of pak-choi by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

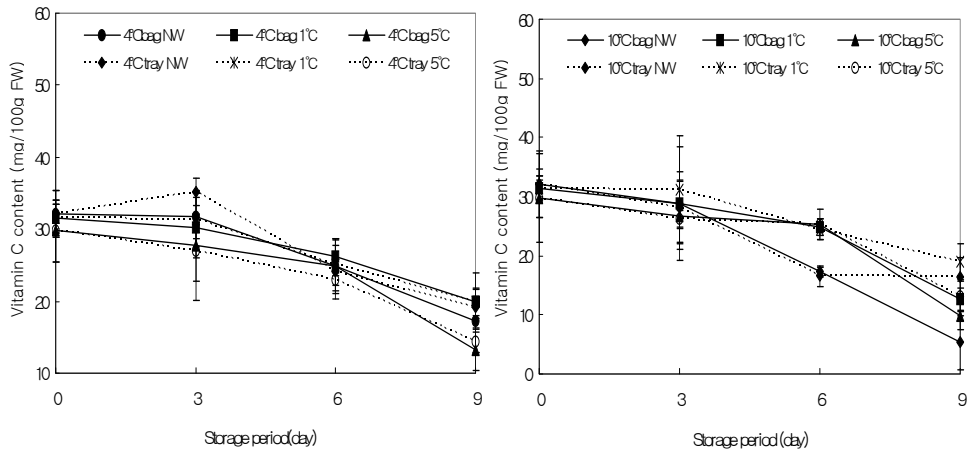


Fig. 48. Changes in Vit. C of pak-choi by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

Table 65. Changes in the microorganism number of pak-choi by different water temperature and packing type during storage at 4°C

(unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp. (°C)	Wrapping type	Storage period (day)			
			0	3	6	9
Viable cell count	NW	B ¹⁾	2.40×10 ⁶	9.90×10 ⁶	4.87×10 ⁶	3.77×10 ⁷
		T ²⁾		3.27×10 ⁶	8.59×10 ⁶	7.00×10 ⁷
	1	B	1.70×10 ⁴	3.55×10 ⁴	3.76×10 ⁴	1.33×10 ⁵
		T		1.42×10 ⁴	1.49×10 ⁴	1.04×10 ⁵
	6	B	4.55×10 ⁴	3.43×10 ⁴	7.37×10 ⁵	1.34×10 ⁶
		T		7.56×10 ⁴	5.20×10 ⁴	4.50×10 ⁵
Coliform group count	NW	B	2.0×10 ¹	2.25×10 ¹	2.59×10 ²	1.00×10 ³
		T		3.55×10 ¹	1.90×10 ²	1.01×10 ²
	1	B	N.D. ³⁾	3.0×10 ¹	1.50×10 ¹	4.5×10 ¹
		T		N.D.	N.D.	1.35×10 ¹
	6	B	2.0×10 ¹	6.0×10 ¹	5.50×10 ²	3.60×10 ²
		T		2.0×10 ¹	3.52×10 ¹	7.07×10 ²

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

³⁾ <10¹ CFU/g

Table 66. Changes in the microorganism number of pak-choi by different water temperature and packing type during storage at 10°C

(unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp. (°C)	Wrapping type	Storage period (day)				
			0	3	6	9	
Viable cell count	NW	B ¹⁾	2.40×10 ⁶	8.58×10 ⁶	1.59×10 ⁷	1.50×10 ⁷	
		T ²⁾		4.80×10 ⁶	2.58×10 ⁶	9.16×10 ⁷	
	1	B	1.70×10 ⁴	3.39×10 ⁵	2.70×10 ⁵	2.01×10 ⁶	
		T		1.08×10 ⁴	1.07×10 ⁵	3.01×10 ⁵	
	6	B	4.55×10 ⁴	1.29×10 ⁴	7.50×10 ⁵	1.09×10 ⁶	
		T		6.40×10 ⁵	1.26×10 ⁵	1.79×10 ⁵	
	Coliform group count	NW	B	2.0×10 ¹	2.81×10 ²	1.50×10 ²	3.05×10 ³
			T		8.10×10 ¹	5.85×10 ²	5.56×10 ²
1		B	N.D. ³⁾	2.0×10 ¹	1.74×10 ²	3.45×10 ²	
		T		N.D.	1.25×10 ¹	1.75×10 ¹	
6		B	2.0×10 ¹	1.90×10 ²	1.20×10 ²	1.01×10 ³	
		T		5.30×10 ²	7.00×10 ²	3.15×10 ²	

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

³⁾ <10¹ CFU/g

Table 67. Sensory characteristics of pak-choi by different water temperature and packing type during storage at 4°C

Water temp. (°C)	Wrapping type	Organoleptic characteristic	Storage period (day)			
			0	3	6	9
NW	B ¹⁾	Appearance	6.4 ^{ab}	6.3 ^a	5.0 ^b	3.6 ^c
		Flavor	8.2 ^a	8.3 ^a	7.0 ^b	4.0 ^a
		Texture	7.6 ^{ab}	6.0 ^a	5.6 ^b	4.0 ^c
		Overall acceptability	6 ^a	6.0 ^b	6.0 ^{ab}	3.0 ^c
	T ²⁾	Appearance	6.4 ^{ab}	6.0 ^{ab}	5.0 ^a	4.6 ^{ab}
		Flavor	8.2 ^a	7.6 ^a	6.6 ^c	5.6 ^d
		Texture	7.6 ^{ab}	6.3 ^a	7.3 ^b	5.0 ^b
		Overall acceptability	6.0 ^a	5.3 ^a	5.6 ^b	4.3 ^{ab}
1	B	Appearance	7.6 ^a	7.0 ^a	6.6 ^{bc}	7.3 ^c
		Flavor	6.3 ^a	9.0 ^a	7.6 ^{bc}	7.6 ^{ab}
		Texture	7.6 ^b	8.0 ^a	6.6 ^b	7.0 ^{ab}
		Overall acceptability	7.3 ^a	7.0 ^{ab}	7.0 ^c	6.3 ^{bc}
	T	Appearance	7.6 ^a	7.6 ^a	7.3 ^b	7.0 ^c
		Flavor	6.3 ^a	8.6 ^{ab}	6.3 ^{bc}	6.3 ^d
		Texture	7.6 ^b	7.3 ^a	6.3 ^{ab}	6.6 ^{bc}
		Overall acceptability	7.6 ^a	7.3 ^a	7.0 ^b	6.3 ^{ab}
6	B	Appearance	9.0 ^c	7.0 ^a	6.3 ^{ab}	5.6 ^{abc}
		Flavor	9.0 ^a	8.3 ^{ab}	7.6 ^{bc}	6.3 ^d
		Texture	9.0 ^a	8.0 ^a	7.0 ^b	6.0 ^c
		Overall acceptability	9.0 ^a	6.3 ^{ab}	6.3 ^c	5.6 ^d
	T	Appearance	9.0 ^c	7.0 ^a	6.6 ^{ab}	6.3 ^c
		Flavor	9.0 ^a	8.0 ^{bc}	8.0 ^a	6.0 ^{abc}
		Texture	9.0 ^a	7.6 ^a	7.0 ^{ab}	6.3 ^b
		Overall acceptability	9.0 ^a	7.0 ^a	6.6 ^a	6.0 ^b

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

^{a-d}Values are different significantly with different superscripts(p<0.05)

Table 68. Sensory characteristics of pak-choi by different water temperature and packing type during storage at 10°C

Water temp. (°C)	Wrapping type	Organoleptic characteristic	Storage period (day)			
			0	3	6	9
NW	B ¹⁾	Appearance	6.4 ^{ab}	3.3 ^a	2.3 ^b	1.0 ^b
		Flavor	8.2 ^a	6.0 ^b	4.3 ^{ab}	3.3 ^b
		Texture	7.6 ^{ab}	4.0 ^{ab}	3.6 ^c	3.6 ^c
		Overall acceptability	6.0 ^a	3.3 ^{ab}	2.6 ^{ab}	1.0 ^{bc}
	T ²⁾	Appearance	6.4 ^{ab}	5.0 ^{ab}	6.3 ^b	4.6 ^{ab}
		Flavor	8.2 ^a	8.0 ^a	4.6 ^a	5.6 ^{ab}
		Texture	7.6 ^{ab}	5.3 ^a	5.0 ^c	5.0 ^c
		Overall acceptability	6.0 ^a	4.0 ^b	5.0 ^b	3.3 ^b
1	B	Appearance	7.6 ^a	5.3 ^a	5.6 ^c	5.3 ^c
		Flavor	6.3 ^a	8.6 ^a	6.0 ^{ab}	5.6 ^{bc}
		Texture	7.6 ^b	6.6 ^b	6.0 ^b	4.0 ^b
		Overall acceptability	7.3 ^a	6.3 ^{ab}	6.0 ^{bc}	5.3 ^c
	T	Appearance	7.6 ^a	8.0 ^{ab}	8.3 ^b	7.3 ^b
		Flavor	6.3 ^a	8.6 ^a	8.0 ^{ab}	6.0 ^{bc}
		Texture	7.6 ^b	8.0 ^b	6.3 ^c	6.3 ^c
		Overall acceptability	7.3 ^a	6.5 ^{ab}	6.0 ^b	5.3 ^c
6	B	Appearance	9.0 ^c	5.6 ^a	5.3 ^b	7.0 ^c
		Flavor	9.0 ^a	5.3 ^a	5.6 ^{ab}	6.6 ^{bc}
		Texture	9.0 ^a	6.0 ^a	6.0 ^{ab}	6.6 ^{bc}
		Overall acceptability	9.0 ^a	5.6 ^{ab}	5.3 ^{bc}	4.3 ^c
	T	Appearance	9.0 ^c	6.0 ^a	5.6 ^c	4.6 ^c
		Flavor	9.0 ^a	6.3 ^{ab}	5.7 ^{bc}	5.0 ^c
		Texture	9.0 ^a	6.0 ^a	5.5 ^{ab}	5.3 ^{bc}
		Overall acceptability	9.0 ^a	6.0 ^b	5.6 ^{ab}	4.6 ^b

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

^{a-d}Values are different significantly with different superscripts(p<0.05)

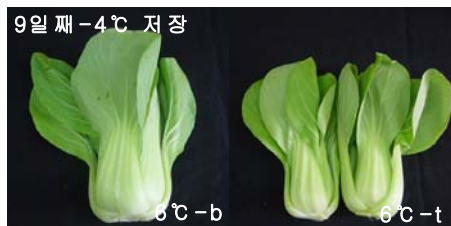


그림 49. 세척 청경채의 저장 9일 후의 외관 상태

3) 치커리

치커리를 1, 5 및 10℃의 세척수를 이용하여 세척 및 냉수냉각 처리한 후, PP film bag과 PETE tray로 포장하고 4 및 10℃에 9일 저장하면서 3일 간격으로 품질과 선도에 미치는 효과를 조사하였다. 전체적으로 4℃에서 9일간 저장한 치커리의 경우 10℃에서 저장한 경우에 비하여 감모율의 변화가 적었으며 10℃에서 저장하고 PP film bag에 보관한 세척하지 않은 치커리는 9일째 1.58%로 감모율이 높았으나 1℃ 냉수로 세척 처리한 후 PETE tray에 담아 4℃에서 저장한 치커리는 0.14%로 감모율이 가장 낮게 나타났다. 4℃에서 저장한 경우 저장 3일째까지 1 및 5℃로 세척한 치커리는 PP film bag과 PETE tray로 포장한 두 경우 모두 감모가 거의 일어나지 않았다.

호흡속도 역시 전반적으로 4 및 10℃에서 9일 저장하는 동안 증가하였다. 저장 초기의 세척하지 않은 치커리의 호흡속도 4.67 mg CO₂/kg/hr에 비하여 1 및 5℃로 세척처리한 직후의 호흡속도는 2.07, 2.03 mg CO₂/kg/hr로 1/2배 낮은 호흡속도를 나타내었다. 1℃ 냉수로 세척처리한 후 PETE tray에 담아 4℃에서 저장한 경우 9일째 치커리의 호흡속도는 20.34 mg CO₂/kg/hr로 동일한 세척처리 후 PP film bag에 저장한 치커리의 호흡속도 26.12 mg CO₂/kg/hr보다 낮게 나타났다.

표면 색의 변화에 있어서 시료별 개체차이가 심하여 L, a, b값의 유의적인 변화는 없었지만 저장 초기와 9일째를 비교하였을 경우 값이 전반적으로 다소 증가하였음을 알 수 있었다. 특히, a와 b값이 증가하여 치커리가 저장하면서 진한 녹색이 황색으로 다소 변색되었음을 알 수 있었다. 저장 6일째부터 10℃에서 저장한 치커리의 잎이 갈변하기 시작하였으며 세척하지 않은 치커리의 경우 그 정도가 1℃ 냉각수로 세척한 경우보다 심하였으며 PP film bag으로 포장한 경우 깃무름 정도가 PETE tray로 포장한 경우보다 많이 일어남이 관찰되었다. 비타민 C의 경우 초기의 30~38mg%에서 1℃의 저온수로 세척한 경우 저장 9일째의 비타민 C 함량이 20mg%로 감소하였으나 다른 처리구에 비하여서는 더 높은 값을 나타냈으며 PETE tray 포장이 PP film bag으로 포장한 경우보다 비타민 C 손실이 더 적게 나타났다.

미생물에 있어서는 1℃ 냉수로 세척 처리하고 PETE tray로 포장하여 4℃에서

저장한 후 9일째의 치커리는 총균수 2.59×10^5 CFU/g, 대장균군수 6.80×10^2 CFU/g 로 10°C 지하수로 세척한 후 PETE tray로 포장하여 4°C에서 저장한 후 9일째의 치커리의 총균수 5.02×10^5 CFU/g, 대장균군수 1.60×10^3 CFU/g 보다 총균수는 ½ 정도, 대장균군수는 1 log scale 적은 미생물이 발현되었다. 무세척한 치커리에서는 *E.coli*가 저장하는 동안 10^1 CFU/g 정도로 꾸준히 검출되었으며 특히, 10°C에서 저장하고 PP film bag으로 포장한 경우는 6.00×10^2 CFU/g로 높은 균수를 나타내었다.

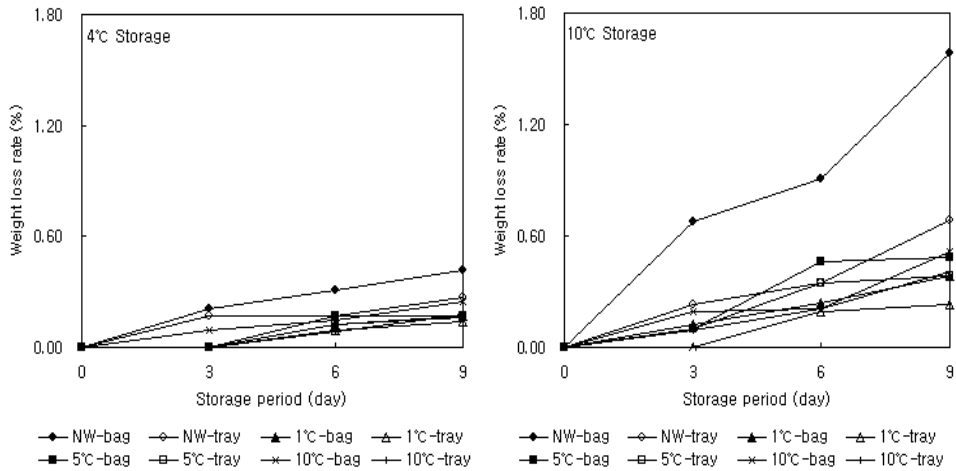


Fig. 50. Changes in the weight loss rate of chicory by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

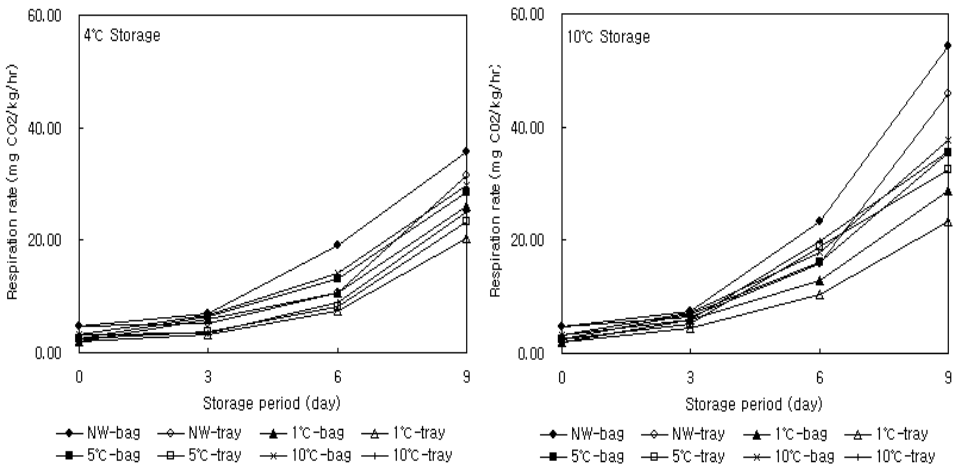


Fig. 51. Respiration rate of chicory by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

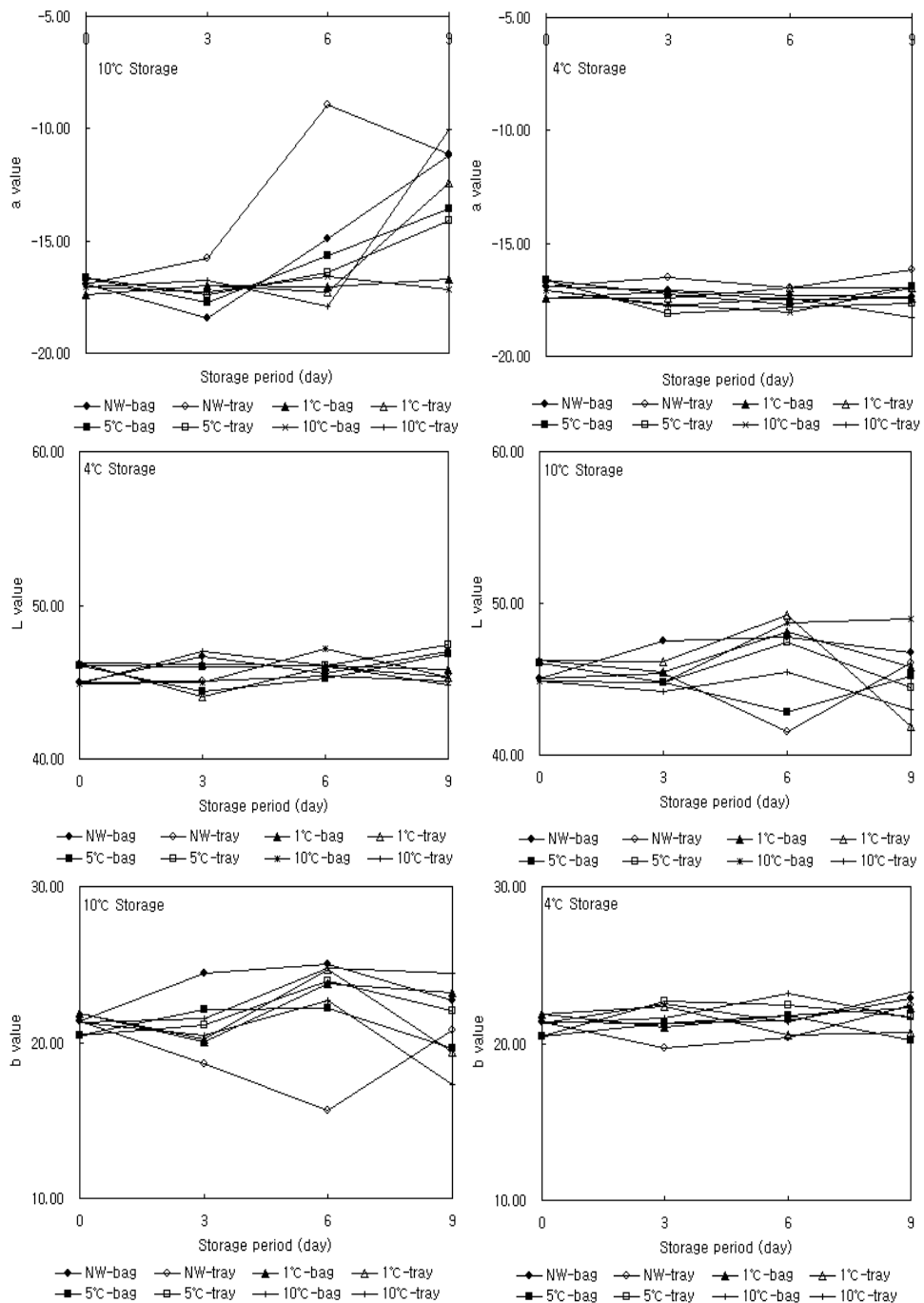


Fig. 52. Changes in the Hunter L, a and b value of chicory by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

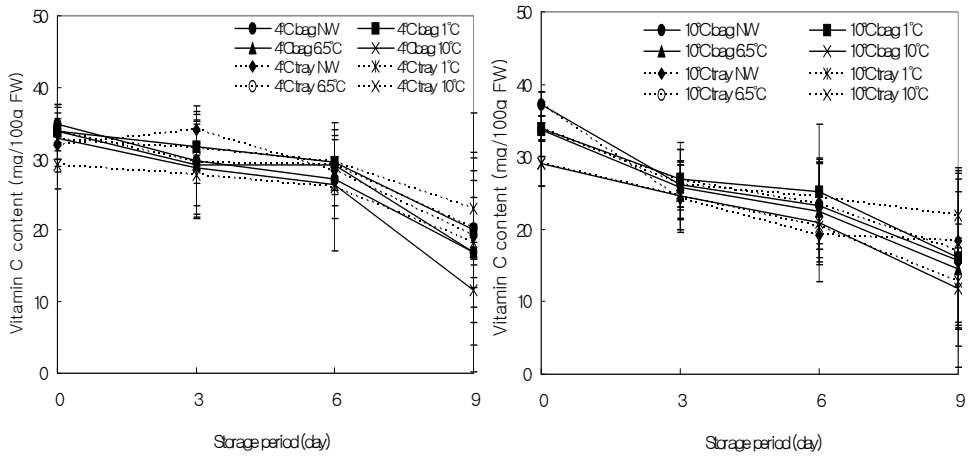


Fig. 53. Changes in Vit. C of chicory by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

아래 표에서 보면 치커리를 세척하여 4°C에 저장한 경우 관능적 특성의 변화를 보면 무처리구나 5~10°C 세척수로 세척한 경우 3일 이상 상품성 유지가 어려웠다. 1°C 냉수를 세척한 경우는 3일째까지 신선도에 있어서 상품성 유지에 큰 문제가 없었다. 그러나 10°C에 보관한 경우는 처리수의 온도에 상관없이 세척 후 3일 이상 상품성을 유지하기 어려웠다.

Table 69. Changes in the microorganism number of chicory by different water temperature and packing type during storage at 4°C

(unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp. (°C)	Wrapping type	Storage period (day)				
			0	3	6	9	
Viable cell count	NW	B ¹⁾	1.92×10 ⁶	3.02×10 ⁶	4.91×10 ⁶	6.96×10 ⁷	
		T ²⁾		2.87×10 ⁶	1.28×10 ⁶	1.48×10 ⁶	
	1	B	3.70×10 ⁴	1.68×10 ⁴	2.90×10 ⁴	1.45×10 ⁵	
		T		8.10×10 ⁴	9.00×10 ⁴	2.59×10 ⁵	
	5	B	2.16×10 ⁴	8.38×10 ⁴	3.27×10 ⁴	1.34×10 ⁵	
		T		2.28×10 ⁴	4.74×10 ⁴	1.55×10 ⁵	
	10	B	3.45×10 ⁴	3.25×10 ⁴	2.15×10 ⁵	1.40×10 ⁵	
		T		5.95×10 ⁴	2.87×10 ⁵	5.02×10 ⁵	
	Coliform group count	NW	B	4.10×10 ²	1.40×10 ²	1.76×10 ³	1.27×10 ³
			T		1.82×10 ²	5.30×10 ³	2.24×10 ³
		1	B	4.9×10 ¹	3.90×10 ¹	1.50×10 ²	1.18×10 ²
			T		2.65×10 ¹	2.40×10 ¹	6.80×10 ²
5		B	1.45×10 ¹	2.40×10 ²	1.60×10 ³	4.60×10 ³	
		T		2.75×10 ²	1.85×10 ²	3.50×10 ³	
10		B	1.45×10 ²	1.35×10 ²	2.65×10 ²	5.65×10 ³	
		T		3.57×10 ²	6.00×10 ²	1.60×10 ³	
<i>E.coli</i>		NW	B	N.D. ³⁾	2.0×10 ¹	1.20×10 ¹	3.0×10 ¹
			T		N.D.	N.D.	2.00×10 ¹
		1	B	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
			T		N.D.	N.D.	N.D.
	5	B	N.D.	N.D.	N.D.	7.0×10 ¹	
		T		N.D.	N.D.	N.D.	
	10	B	N.D.	N.D.	N.D.	1.00×10 ¹	
		T		N.D.	N.D.	N.D.	

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

³⁾ <10¹ CFU/g

Table 70. Changes in the microorganism number of chicory by different water temperature and packing type during storage at 10°C

(unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp. (°C)	Wrapping type	Storage period (day)				
			0	3	6	9	
Viable cell count	NW	B ¹⁾	1.92×10 ⁶	7.30×10 ⁶	8.75×10 ⁷	2.03×10 ⁷	
		T ²⁾		4.04×10 ⁶	8.30×10 ⁶	7.48×10 ⁷	
	1	B	3.70×10 ⁴	3.38×10 ⁴	6.90×10 ⁵	1.03×10 ⁵	
		T		1.07×10 ⁴	5.06×10 ⁵	3.96×10 ⁵	
	5	B	2.16×10 ⁴	4.65×10 ⁴	2.39×10 ⁵	3.90×10 ⁶	
		T		1.10×10 ⁵	1.26×10 ⁵	6.65×10 ⁵	
	10	B	3.45×10 ⁴	2.24×10 ⁵	1.35×10 ⁶	6.24×10 ⁶	
		T		5.31×10 ⁴	8.77×10 ⁵	4.17×10 ⁶	
	Coliform group count	NW	B	4.10×10 ²	1.67×10 ²	2.10×10 ³	1.18×10 ⁴
			T		3.65×10 ²	1.26×10 ³	1.00×10 ⁴
		1	B	4.9×10 ¹	5.10×10 ¹	1.54×10 ²	3.00×10 ²
			T		6.16×10 ¹	4.85×10 ²	2.00×10 ²
5		B	1.45×10 ¹	4.76×10 ²	3.45×10 ³	4.80×10 ⁴	
		T		5.45×10 ²	1.88×10 ²	6.10×10 ³	
10		B	1.45×10 ²	9.40×10 ²	2.85×10 ³	4.00×10 ³	
		T		6.16×10 ²	8.30×10 ²	4.80×10 ³	
<i>E.coli</i>		NW	B	N.D. ³⁾	1.08×10 ¹	2.56×10 ¹	6.00×10 ²
			T		N.D.	1.00×10 ¹	3.00×10 ¹
		1	B	N.D.	N.D.	N.D.	2.00×10 ¹
			T		N.D.	N.D.	4.0×10 ¹
	5	B	N.D.	N.D.	N.D.	2.00×10 ¹	
		T		N.D.	N.D.	3.00×10 ¹	
	10	B	N.D.	N.D.	N.D.	5.40×10 ¹	
		T		N.D.	2.0×10 ¹	5.00×10 ¹	

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

³⁾ <10¹ CFU/g

Table 71. Sensory characteristics of chicory by different water temperature and packing type during storage at 4°C

Water temp. (°C)	Wrapping type	Organoleptic characteristic	Storage period (day)			
			0	3	6	9
NW	B ¹⁾	Appearance	7.6 ^{ab}	6.3 ^a	3.6 ^b	4.0 ^b
		Flavor	8.3 ^a	7.6 ^{ab}	4.6 ^b	4.3 ^c
		Texture	7.3 ^{ab}	6.3 ^{ab}	3.3 ^a	4.6 ^b
		Overall acceptability	7.6 ^a	3.0 ^{ab}	4.0 ^{bc}	4.3 ^c
	T ²⁾	Appearance	7.6 ^{ab}	7.0 ^a	4.0 ^a	3.5 ^{ab}
		Flavor	8.3 ^a	7.3 ^a	7.3 ^{ab}	5.6 ^{bc}
		Texture	7.3 ^{ab}	6.0 ^a	3.6 ^b	3.3 ^b
		Overall acceptability	7.6 ^a	6.3 ^a	3.3 ^{ab}	3.6 ^c
1	B	Appearance	9.0 ^a	7.3 ^b	5.3 ^b	4.0 ^b
		Flavor	7.3 ^a	7.3 ^a	6.6 ^{ab}	3.6 ^{bc}
		Texture	8.6 ^a	6.3 ^b	5.3 ^b	3.6 ^c
		Overall acceptability	8.6 ^a	7.0 ^a	5.3 ^{ab}	4.3 ^{bc}
	T	Appearance	9.0 ^a	7.0 ^a	5.5 ^b	4.3 ^c
		Flavor	7.3 ^a	6.3 ^a	6.5 ^b	7.0 ^c
		Texture	8.6 ^a	6.6 ^b	3.6 ^{ab}	3.6 ^b
		Overall acceptability	8.6 ^a	7.0 ^b	5.5 ^b	4.6 ^c
5	B	Appearance	8.0 ^a	6.0 ^{ab}	5.6 ^b	4.0 ^b
		Flavor	6.6 ^a	7.6 ^a	6.6 ^b	3.6 ^b
		Texture	8.6 ^a	7.6 ^b	3.6 ^{ab}	3.0 ^b
		Overall acceptability	8.3 ^a	6.0 ^a	3.3 ^{ab}	3.3 ^{bc}
	T	Appearance	8.0 ^a	6.6 ^a	3.3 ^a	5.0 ^{bc}
		Flavor	6.6 ^a	7.6 ^a	6.6 ^b	5.6 ^b
		Texture	8.6 ^a	7.0 ^b	3.6 ^b	4.3 ^c
		Overall acceptability	8.3 ^a	6.6 ^b	4.6 ^b	4.3 ^c
10	B	Appearance	7.0 ^a	5.6 ^a	2.0 ^{ab}	6.6 ^b
		Flavor	7.3 ^{ab}	7.3 ^{ab}	5.0 ^a	7.0 ^{ab}
		Texture	8.3 ^{ab}	5.6 ^a	3.6 ^a	6.0 ^b
		Overall acceptability	7.6 ^a	6.3 ^a	3.0 ^b	3.3 ^b
	T	Appearance	7.0 ^a	5.6 ^{ab}	3.6 ^{ab}	3.4 ^c
		Flavor	7.3 ^{ab}	7.6 ^{ab}	6.6 ^a	4.0 ^{ab}
		Texture	8.3 ^{ab}	6.0 ^{ab}	4.0 ^{bc}	4.3 ^c
		Overall acceptability	7.6 ^a	6.0 ^{ab}	3.6 ^b	3.6 ^b

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

^{a-d}Values are different significantly with different superscripts(p<0.05)

Table 72. Sensory characteristics of chicory by different water temperature and packing type during storage at 10°C

Water temp. (°C)	Wrapping type	Organoleptic characteristic	Storage period (day)			
			0	3	6	9
NW	B ¹⁾	Appearance	7.6 ^{ab}	8.0 ^b	2.0 ^{ab}	1.6 ^c
		Flavor	8.3 ^a	8.3 ^a	3.3 ^{ab}	1.3 ^{ab}
		Texture	7.3 ^{ab}	7.0 ^{bc}	3.6 ^{ab}	1.3 ^{abc}
		Overall acceptability	7.6 ^a	7.5 ^{ab}	2.0 ^a	1.6 ^{ab}
	T ²⁾	Appearance	7.6 ^{ab}	8.0 ^a	3.0 ^b	1.6 ^c
		Flavor	8.3 ^a	8.3 ^a	3.6 ^a	1.3 ^b
		Texture	7.3 ^{ab}	7.6 ^a	2.3 ^a	2.6 ^b
		Overall acceptability	7.6 ^a	8.0 ^a	2.6 ^b	2.3 ^c
1	B	Appearance	9.0 ^a	7.0 ^a	5.3 ^c	1.6 ^d
		Flavor	7.3 ^a	8.6 ^{bc}	4.0 ^a	3.6 ^{abc}
		Texture	8.6 ^a	7.3 ^a	3.6 ^b	2.6 ^a
		Overall acceptability	8.6 ^a	5.3 ^{ab}	5.0 ^a	4.3 ^b
	T	Appearance	9.0 ^a	5.0 ^a	3.3 ^{ab}	2.6 ^b
		Flavor	7.3 ^a	8.3 ^a	4.0 ^{ab}	2.3 ^{ab}
		Texture	8.6 ^a	4.3 ^{bc}	3.6 ^{ab}	2.3 ^{abc}
		Overall acceptability	8.6 ^a	6.6 ^a	5.3 ^{ab}	4.6 ^b
5	B	Appearance	8.0 ^a	6.0 ^b	3.0 ^{ab}	2.6 ^a
		Flavor	6.6 ^a	7.3 ^a	3.0 ^b	1.6 ^c
		Texture	8.6 ^a	7.0 ^a	3.3 ^c	2.3 ^d
		Overall acceptability	8.3 ^a	6.0 ^{ab}	3.6 ^a	2.3 ^{ab}
	T	Appearance	8.0 ^a	5.5 ^{ab}	3.0 ^a	2.6 ^a
		Flavor	6.6 ^a	7.5 ^a	3.0 ^b	2.3 ^c
		Texture	8.6 ^a	7.3 ^{ab}	2.6 ^a	2.3 ^{abc}
		Overall acceptability	8.3 ^a	6.0 ^a	4.0 ^c	2.6 ^d
10	B	Appearance	7.0 ^a	6.5 ^{bc}	3.0 ^{ab}	1.6 ^{abc}
		Flavor	7.3 ^{ab}	8.3 ^b	3.6 ^c	1.3 ^d
		Texture	8.3 ^{ab}	6.3 ^a	2.3 ^a	1.3 ^b
		Overall acceptability	7.6 ^a	5.3 ^{ab}	3.3 ^a	1.6 ^a
	T	Appearance	7.0 ^a	5.3 ^a	3.0 ^b	2.0 ^c
		Flavor	7.3 ^{ab}	8.3 ^{bc}	3.3 ^a	3.3 ^{abc}
		Texture	8.3 ^{ab}	5.3 ^{bc}	4.3 ^a	2.0 ^{abc}
		Overall acceptability	7.6 ^a	5.6 ^{ab}	3.6 ^a	2.0 ^{ab}

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

^{a-d}Values are different significantly with different superscripts(p<0.05)

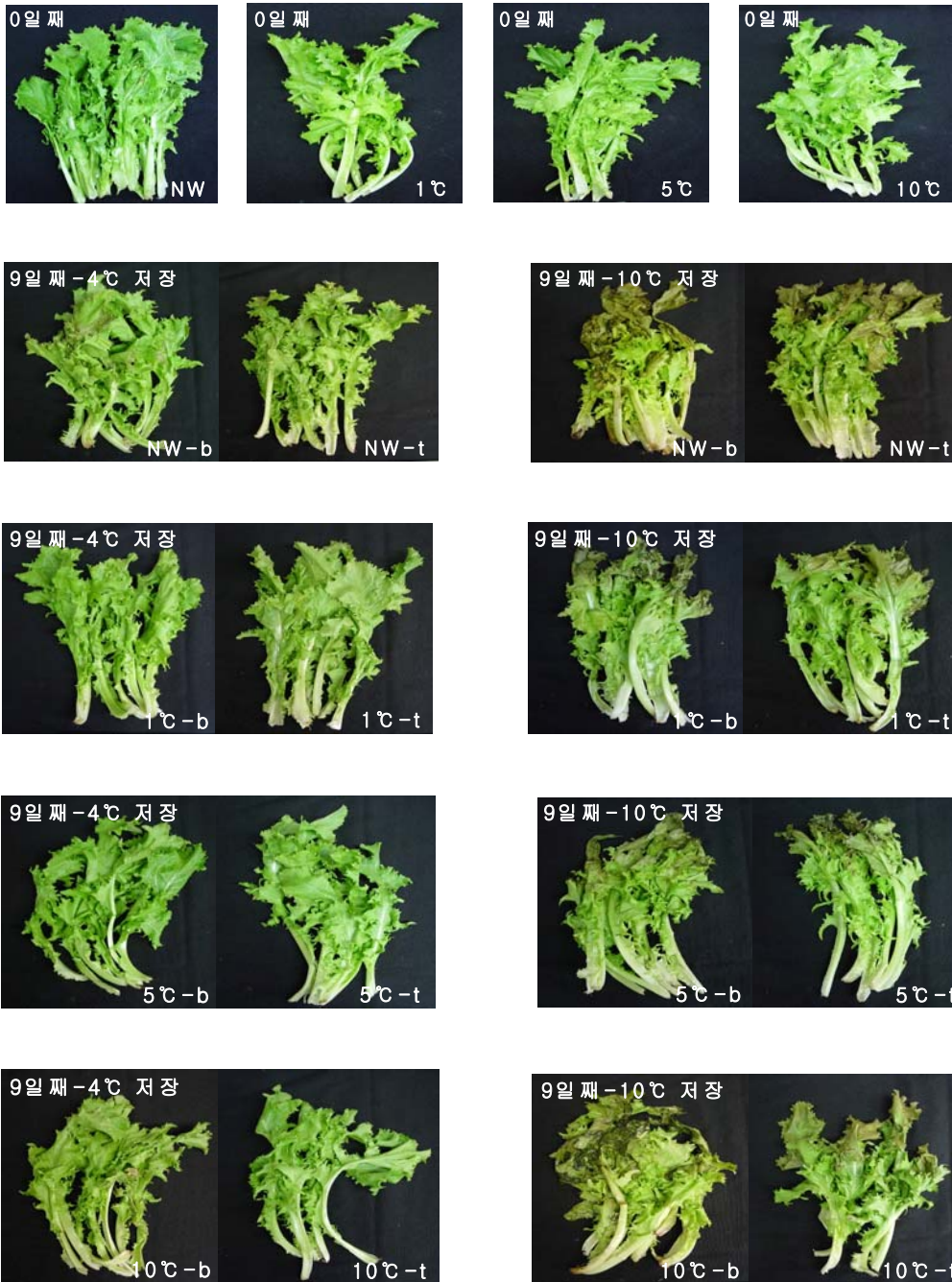


그림 54. 세척 치커리의 저장 9일 후의 외관 상태

4) 썩갯

썩갯을 1 및 5℃의 냉각수와 10℃의 지하수를 이용하여 세척 처리한 후, PP film bag과 PETE tray로 포장하고 4 및 10℃에 보관하면서 품질과 선도에 미치는 효과를 조사하였다. 4℃에서 저장한 경우 저장 3일째까지 1 및 5℃의 냉각수로 세척한 썩갯은 감도의 변화가 적었으며 특히, 1℃로 세척하고 PETE tray로 포장한 경우의 썩갯은 9일 저장하는 동안 감도가 거의 일어나지 않았다. 1℃ 냉각수로 세척하고 PETE tray로 포장한 후 10℃에서 9일 저장한 경우 썩갯의 감모율은 0.28%로 동일한 온도의 세척수로 세척하고 PP film bag로 포장한 경우의 0.34%보다 낮은 감모율을 나타냈으며 전반적으로 PP film bag로 포장한 경우보다 PETE tray로 포장한 경우에서 감모율이 낮게 나타났다. 호흡속도는 1 및 5℃ 냉각수 세척 처리하여 PETE tray로 포장하여 4℃에서 저장한 경우 24.76 및 28.42 mg CO₂/kg/hr로 서로 비슷한 값을 나타내었으며 PP film bag으로 포장한 경우 30.32, 30.28 mg CO₂/kg/hr보다 낮은 호흡속도를 보였다. 1 및 5℃ 냉각수로 세척처리한 후 PETE tray로 포장하여 10℃에서 저장한 경우의 호흡속도는 32.57 및 34.41 mg CO₂/kg/hr로 서로 비슷하였지만 10℃ 지하수로 세척하고 PETE tray로 포장한 경우의 호흡속도는 36.79 mg CO₂/kg/hr로 냉각수로 세척한 경우보다 높았는데 저온수로 세척하는 경우 예냉 효과에 의하여 호흡이 억제됨을 알 수 있었다. 표면색 변화에 있어서 L, a, b값은 크게 변하지 않았는데 썩갯의 개체별 차이가 심하였다. 비타민 C 함량의 변화는 4℃의 저장고에서 저장한 경우가 10℃에서 저장한 경우보다 비타민 C 함량이 높게 유지되었으며 특히, 4℃에서 PETE tray로 포장한 경우 초기의 30~40mg%에서 9일후 20mg%를 유지하였다. 10℃ 저장고에서는 PETE tray로 포장한 경우 19mg%를 유지하는 반면 PP film bag으로 포장한 경우는 14mg%로 저장온도와 상관없이 PETE tray로 포장한 경우가 비타민 C 유지에 효과적임을 알 수 있었다. 미생물의 경우 세척하지 않은 썩갯의 초기 총균수는 4.06×10⁴ CFU/g, 대장균군은 1.8×10¹ CFU/g이었으며 1℃의 냉각수로 세척한 경우는 총균수는 1.84×10³ CFU/g, 1.5×10¹ CFU/g로 총균수가 1 log scale, 대장균군은 다소 감소하는 효과를 나타내었다. 저장일수에 따라 균수는 꾸준히 증가하였으며 4℃에서 저장하고 1℃ 냉각수로 세척한 후 PETE tray로 포장한 썩갯의 총균수는 1.99×10⁴ CFU/g, 대장균군은 2.33×10¹ CFU/g로 무처리구 및 5~10℃ 세척수로 세척한 경우에 비하여 1 log scale 정도 더 낮게 나타났으며 모든 처리구에서 *E.coli*는 검출되지 않았다.

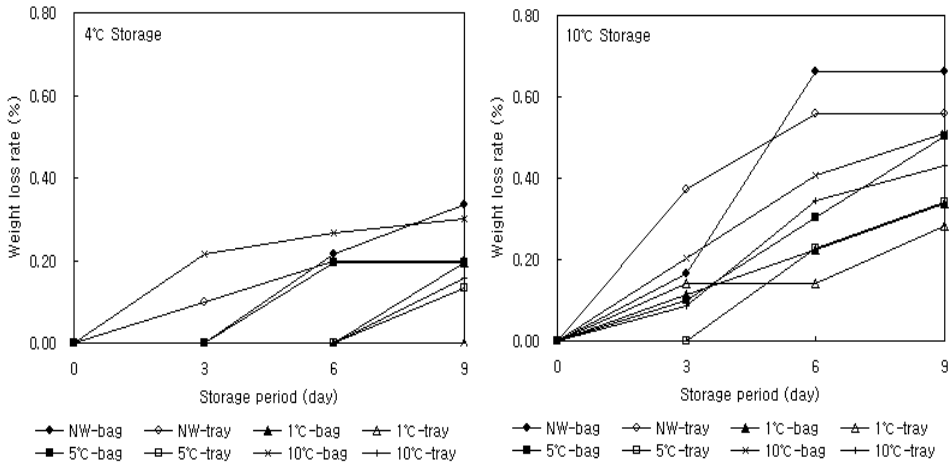


Fig. 55. Changes in the weight loss rate of crown daisy by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

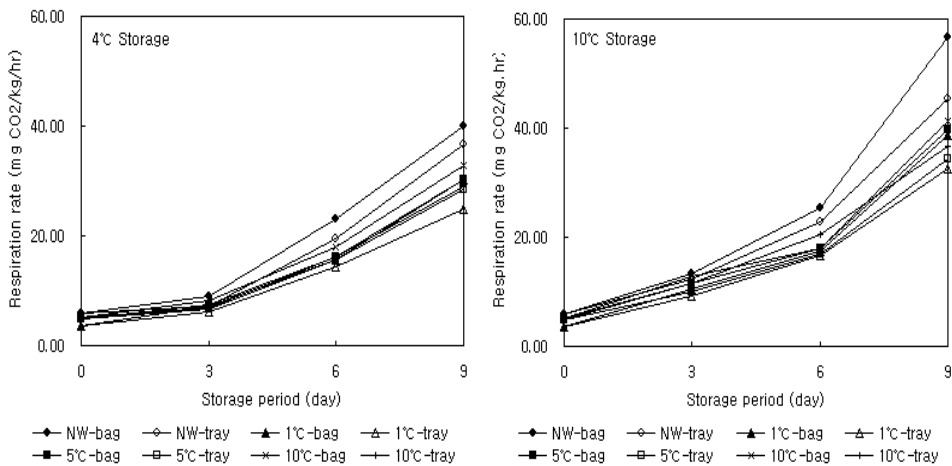


Fig. 56. Respiration rate of crown daisy by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

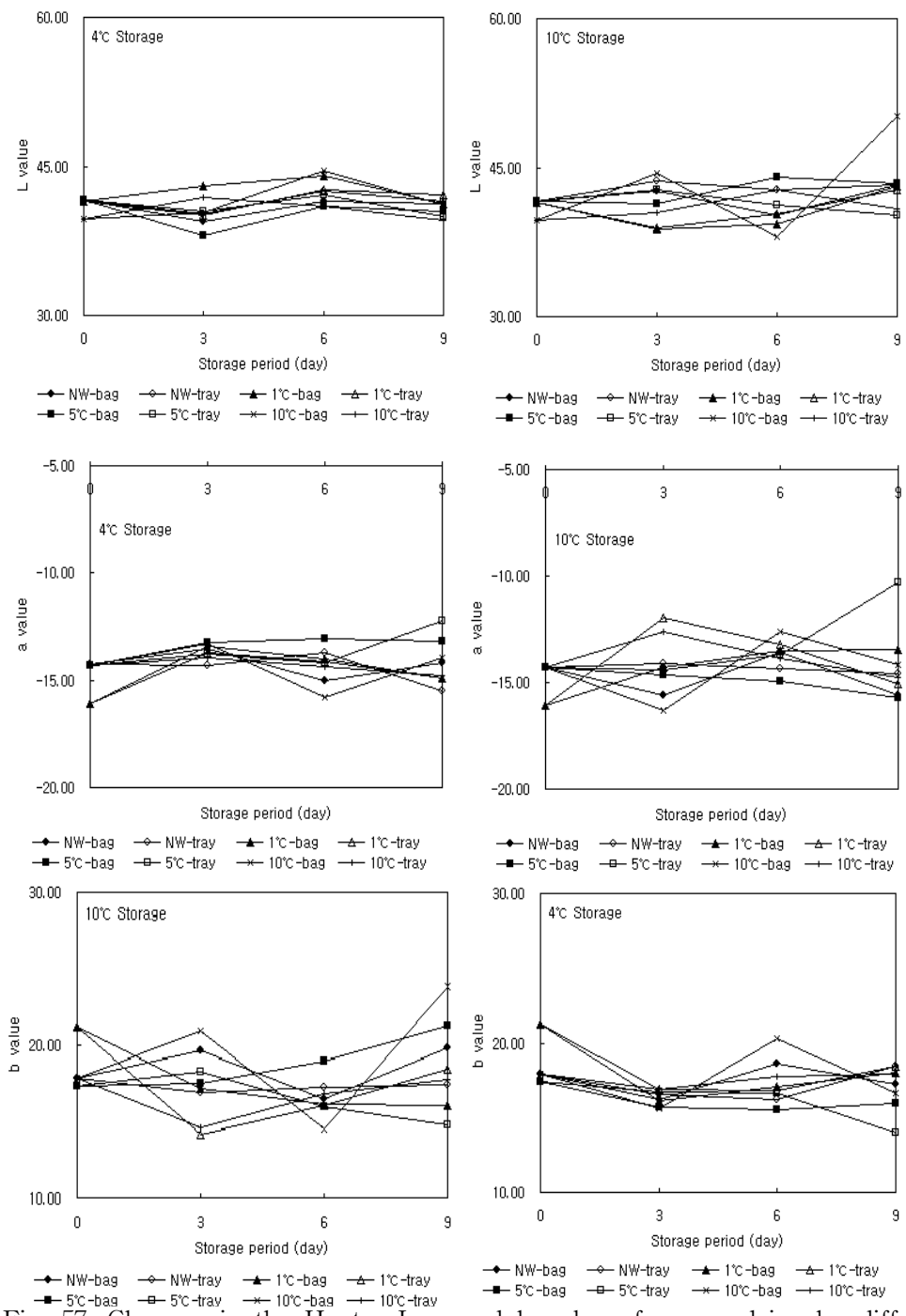


Fig. 57. Changes in the Hunter L, a and b value of crown daisy by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

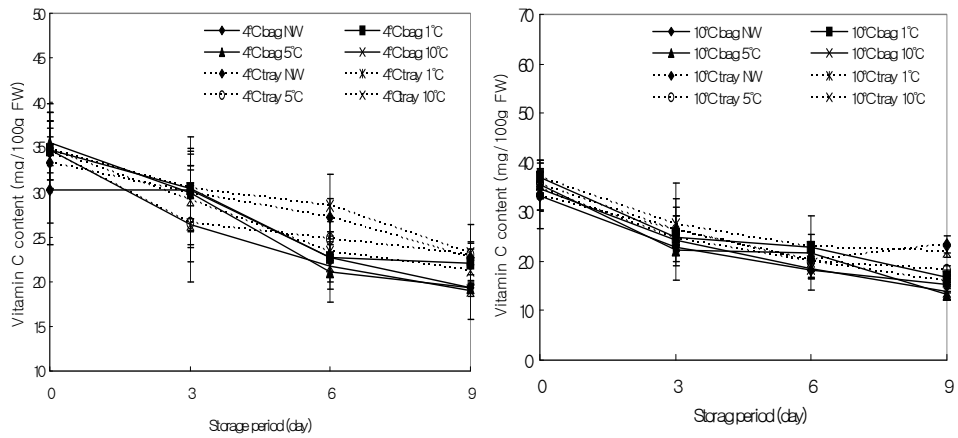


Fig. 58. Changes in Vit. C of crown daisy by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

관능적 품질 특성을 보았을 때 싹갓은 1°C 냉수로 세척한 경우는 3일째까지 포장 용기에 상관없이 4°C에 보관한 경우 상품성을 유지하였다. 5°C에서는 PE bag에 포장한 경우는 3일 째까지 상품성을 유지하기 어려웠고 PETE tray에 포장한 경우만 상품성이 유지되었다. 한편 10°C 냉수를 세척한 경우와 무처리구는 4°C에서 3일 이상 상품성을 유지하기 어려웠다. 한편 10°C에서 저장한 경우는 처리구에 상관없이 3일 이상 상품성을 유지하기 어려웠다.

Table 73. Changes in the microorganism number of crown daisy by different water temperature and packing type during storage at 4°C

(unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp. (°C)	Wrapping type	Storage period (day)				
			0	3	6	9	
Viable cell count	NW	B ¹⁾		6.15×10 ⁴	2.77×10 ⁵	1.17×10 ⁵	
		T ²⁾	4.06×10 ⁴	1.55×10 ⁴	2.02×10 ⁵	2.13×10 ⁵	
	1	B	1.84×10 ³	1.52×10 ³	6.00×10 ⁴	3.73×10 ⁴	
		T		2.84×10 ³	8.73×10 ³	1.99×10 ⁴	
	5	B	1.60×10 ³	5.95×10 ³	4.60×10 ⁴	1.62×10 ⁵	
		T		3.02×10 ³	4.97×10 ⁴	1.13×10 ⁴	
	10	B	1.02×10 ³	1.36×10 ⁴	2.56×10 ⁴	1.78×10 ⁵	
		T		8.50×10 ³	4.10×10 ⁴	4.40×10 ⁴	
	Coliform group count	NW	B	1.8×10 ¹	1.50×10 ²	5.20×10 ²	6.01×10 ²
			T		8.1×10 ²	4.56×10 ²	4.03×10 ²
		1	B	1.5×10 ¹	2.5×10 ¹	6.0×10 ¹	6.0×10 ²
			T		2.00×10 ¹	5.02×10 ¹	2.33×10 ¹
5		B	2.6×10 ¹	6.55×10 ¹	7.01×10 ¹	1.15×10 ²	
		T		5.51×10 ¹	1.52×10 ¹	2.0×10 ¹	
10		B	1.0×10 ¹	1.1×10 ¹	6.43×10 ²	5.01×10 ²	
		T		2.75×10 ¹	5.01×10 ²	1.33×10 ²	

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

Table 74. Changes in the microorganism number of crown daisy by different water temperature and packing type during storage at 10°C

(unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp. (°C)	Wrapping type	Storage period (day)				
			0	3	6	9	
Viable cell count	NW	B ¹⁾		8.65×10 ⁵	1.80×10 ⁵	9.90×10 ⁶	
		T ²⁾	4.06×10 ⁴	3.14×10 ⁵	3.10×10 ⁵	2.77×10 ⁵	
	1	B		9.07×10 ³	5.91×10 ⁴	5.42×10 ⁴	
		T	1.84×10 ³	2.31×10 ³	1.62×10 ⁴	1.27×10 ⁴	
	5	B		9.06×10 ⁴	3.66×10 ⁴	6.33×10 ⁵	
		T	1.60×10 ³	7.40×10 ⁴	2.19×10 ⁴	1.31×10 ⁵	
	10	B		2.43×10 ⁴	1.24×10 ⁵	4.20×10 ⁵	
		T	1.02×10 ³	2.09×10 ⁴	8.00×10 ⁴	2.32×10 ⁵	
	Coliform group count	NW	B		1.21×10 ²	3.21×10 ²	3.02×10 ³
			T	1.8×10 ¹	1.95×10 ²	1.57×10 ²	4.30×10 ³
		1	B		9.33×10 ¹	1.75×10 ¹	1.59×10 ²
			T	1.5×10 ¹	1.06×10 ¹	3.95×10 ¹	1.60×10 ²
5		B		2.55×10 ¹	1.28×10 ²	7.00×10 ³	
		T	2.6×10 ¹	5.75×10 ¹	3.80×10 ²	1.80×10 ²	
10		B		2.10×10 ²	3.10×10 ²	6.95×10 ³	
		T	1.0×10 ¹	3.30×10 ²	1.75×10 ²	1.00×10 ³	

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

Table 75. Sensory characteristics of crown daisy by different water temperature and packing type during storage at 4°C

Water temp. (°C)	Wrapping type	Organoleptic characteristic	Storage period (day)			
			0	3	6	9
NW	B ¹⁾	Appearance	8.6 ^a	7.0 ^a	3.6 ^b	7.0 ^b
		Flavor	8.3 ^a	7.0 ^{ab}	7.3 ^c	8.0 ^{bc}
		Texture	7.0 ^a	7.3 ^{ab}	3.6 ^c	4.6 ^{bc}
		Overall acceptability	7.0 ^a	7.0 ^{ab}	3.6 ^c	4.3 ^{cd}
	T ²⁾	Appearance	8.6 ^a	7.0 ^a	5.0 ^c	7.0 ^d
		Flavor	8.3 ^a	8.3 ^a	7.0 ^b	8.3 ^{ab}
		Texture	7.0 ^a	7.3 ^a	5.6 ^{ab}	4.6 ^{bc}
		Overall acceptability	7.0 ^a	7.0 ^b	5.3 ^{bc}	4.3 ^c
1	B	Appearance	9.0 ^a	9.0 ^{ab}	5.6 ^c	6.3 ^d
		Flavor	9.0 ^b	8.6 ^a	5.3 ^c	7.0 ^d
		Texture	8.6 ^b	9.0 ^a	3.6 ^b	6.0 ^{ab}
		Overall acceptability	8.6 ^b	8.0 ^a	5.6 ^b	4.3 ^b
	T	Appearance	9.0 ^a	8.0 ^a	6.0 ^b	6.3 ^{bc}
		Flavor	9.0 ^b	8.3 ^b	7.3 ^{bc}	7.3 ^{ab}
		Texture	8.6 ^b	8.6 ^a	5.6 ^{bc}	4.6 ^c
		Overall acceptability	8.6 ^b	8.3 ^a	6.0 ^{ab}	5.3 ^c
5	B	Appearance	8.3 ^a	6.0 ^a	5.3 ^{ab}	4.6 ^{ab}
		Flavor	9.0 ^a	7.0 ^{ab}	7.3 ^c	7.0 ^{bc}
		Texture	8.6 ^b	6.3 ^a	3.6 ^c	6.0 ^d
		Overall acceptability	8.6 ^a	6.3 ^a	5.3 ^b	4.3 ^c
	T	Appearance	8.3 ^a	6.3 ^a	5.0 ^b	5.0 ^{ab}
		Flavor	9.0 ^a	7.6 ^a	5.0 ^{ab}	5.0 ^c
		Texture	8.6 ^b	6.3 ^a	5.6 ^{ab}	4.3 ^{ab}
		Overall acceptability	8.6 ^a	7.3 ^{ab}	5.3 ^{bc}	5.0 ^c
10	B	Appearance	8.6 ^c	9.0 ^a	5.0 ^{ab}	3.6 ^{abc}
		Flavor	8.6 ^a	9.0 ^a	6.6 ^{bc}	6.0 ^c
		Texture	8.3 ^a	8.3 ^{ab}	5.3 ^{abc}	5.3 ^c
		Overall acceptability	8.6 ^a	6.0 ^a	5.0 ^b	3.6 ^{bc}
	T	Appearance	8.6 ^c	6.6 ^a	5.0 ^b	3.6 ^{ab}
		Flavor	8.6 ^a	8.3 ^{bc}	6.6 ^{cd}	6.0 ^d
		Texture	8.3 ^a	7.6 ^{ab}	5.3 ^{bc}	5.0 ^c
		Overall acceptability	8.6 ^a	6.6 ^{ab}	5.0 ^{ab}	3.6 ^{bc}

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

^{a-d}Values are different significantly with different superscripts(p<0.05)

Table 76. Sensory characteristics of crown daisy by different water temperature and packing type during storage at 10°C

Water temp. (°C)	Wrapping type	Organoleptic characteristic	Storage period (day)			
			0	3	6	9
NW	B ¹⁾	Appearance	8.6 ^a	6.0 ^{ab}	5.6 ^b	3.6 ^c
		Flavor	8.3 ^a	7.0 ^{ab}	6.6 ^a	4.0 ^{ab}
		Texture	7.0 ^a	5.6 ^{ab}	2.6 ^{ab}	4.3 ^b
		Overall acceptability	7.0 ^a	5.3 ^a	3.6 ^{ab}	3.6 ^b
	T ²⁾	Appearance	8.6 ^a	6.6 ^a	3.0 ^b	4.6 ^c
		Flavor	8.3 ^a	8.3 ^{ab}	6.0 ^b	4.0 ^b
		Texture	7.0 ^a	7.3 ^{ab}	2.6 ^b	3.6 ^c
		Overall acceptability	7.0 ^a	6.6 ^{ab}	2.3 ^a	2.3 ^b
1	B	Appearance	9.0 ^a	7.0 ^{ab}	3.6 ^{bc}	5.0 ^c
		Flavor	9.0 ^b	8.0 ^{ab}	6.3 ^b	6.0 ^c
		Texture	8.6 ^b	6.6 ^a	4.0 ^b	3.6 ^c
		Overall acceptability	8.6 ^b	6.3 ^b	4.3 ^{ab}	4.0 ^b
	T	Appearance	9.0 ^a	7.6 ^{ab}	6.0 ^{bc}	5.6 ^c
		Flavor	9.0 ^b	7.3 ^a	5.6 ^{ab}	4.6 ^{bc}
		Texture	8.6 ^b	6.6 ^{ab}	5.3 ^a	5.3 ^{ab}
		Overall acceptability	8.6 ^b	6.3 ^a	5.0 ^b	4.6 ^b
5	B	Appearance	8.3 ^a	6.0 ^a	4.6 ^c	5.0 ^c
		Flavor	9.0 ^a	7.0 ^b	5.3 ^c	6.0 ^d
		Texture	8.6 ^b	6.0 ^b	3.6 ^{bc}	6.0 ^c
		Overall acceptability	8.6 ^a	6.0 ^{ab}	4.0 ^b	3.3 ^b
	T	Appearance	8.3 ^a	6.0 ^a	4.0 ^c	3.6 ^c
		Flavor	9.0 ^a	8.3 ^{ab}	4.0 ^b	4.6 ^b
		Texture	8.6 ^b	7.0 ^a	4.6 ^b	5.0 ^c
		Overall acceptability	8.6 ^a	6.0 ^a	4.2 ^a	3.6 ^b
10	B	Appearance	8.6 ^c	5.3 ^a	4.3 ^a	3.0 ^{ab}
		Flavor	8.6 ^a	8.6 ^{ab}	3.6 ^{ab}	6.0 ^c
		Texture	8.3 ^a	5.3 ^a	3.3 ^b	3.0 ^b
		Overall acceptability	8.6 ^a	5.3 ^b	3.6 ^b	3.3 ^c
	T	Appearance	8.6 ^c	5.6 ^{ab}	5.0 ^{bc}	3.3 ^c
		Flavor	8.6 ^a	8.3 ^a	6.0 ^a	4.6 ^b
		Texture	8.3 ^a	5.6 ^{ab}	4.3 ^a	3.3 ^b
		Overall acceptability	8.6 ^a	5.6 ^b	3.8 ^{bc}	3.3 ^c

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

^{a-d}Values are different significantly with different superscripts(p<0.05)

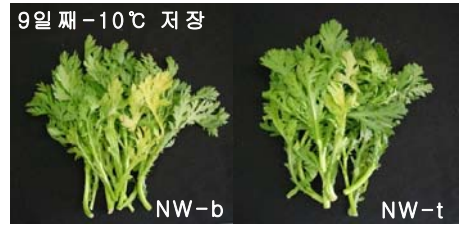


그림 59. 세척 쑥갓의 저장 9일 후의 외관 상태

5) 깻잎

깻잎을 1 및 5℃의 냉각수와 13℃의 지하수로 세척 처리한 후, PP film bag과 PETE tray로 포장하고 4 및 10℃에 보관하면서 품질과 선도에 미치는 효과를 조사하였다. 세척하지 않은 깻잎을 PP film bag에 포장하여 4℃에서 9일간 저장한 경우 1.35%로 감모율이 가장 높게 나타났으며, 1℃ 냉각수로 세척하고 PETE tray로 포장한 경우 0.25%로 감모율이 가장 낮았고 이는 같은 냉수로 세척 한 후 PP film bag로 포장한 0.39%보다 더 낮게 나타났다. 세척하지 않은 깻잎을 PETE tray로 포장하여 10℃에서 9일째 저장한 경우 1.13%의 감모율을 나타내었으며 1℃로 세척하고 PETE tray로 포장한 경우의 감모율 0.41%보다 약 3배 높은 값을 보였고 1℃로 세척하고 PP film bag로 포장한 경우의 0.55%보다도 낮은 값을 나타내어 PP film bag보다 PETE tray로 포장한 경우 감모가 적게 일어남을 알 수 있었다.

호흡속도는 1℃ 냉수 세척 처리하여 PETE tray로 포장하고 4 및 10℃에서 저장한 9일 후 각각 45.71 및 53.15 mg CO₂/kg/hr로 PP film bag으로 포장한 깻잎의 9일째 호흡속도 55.35 및 65.89 mg CO₂/kg/hr보다 낮게 나타났다. 전반적으로 PETE tray로 포장하여 4℃ 저온 저장한 경우에서 PP film bag로 포장한 경우보다 호흡속도가 억제됨을 알 수 있었다.

비타민 C의 경우 초기 35mg% 내외에서 저장 9일째에 12~20mg% 로 감소하였으며, 1 및 5℃의 세척수 온도별 유의적인 차이는 5mg% 정도로 크지 않았고 세척하지 않은 깻잎과 13℃의 지하수로 세척한 경우 비슷한 경향을 나타내었다.

미생물에 있어서는 세척하지 않은 깻잎의 초기 총균수 1.74×10^4 CFU/g, 대장균균수 4.55×10^2 CFU/g 였으며 1℃ 세척 처리한 경우 총균수는 1.28×10^3 CFU/g, 대장균균수 2.37×10^1 CFU/g로 1 log scale 감소하였으며 *E.coli*는 발현하지 않았다. 저장 9일째 4℃에서 1℃ 세척 처리하고 PETE tray로 포장하여 저장한 깻잎의 총균수는 6.25×10^4 CFU/g, 대장균균수는 5.95×10^2 CFU/g 였다. *E.coli*는 4와 10℃에서 9일째 저장하고 PP film bag와 PETE tray로 포장한 세척하지 않은 깻잎에서 10^{1-2} CFU/g의 균수를 나타내었다.

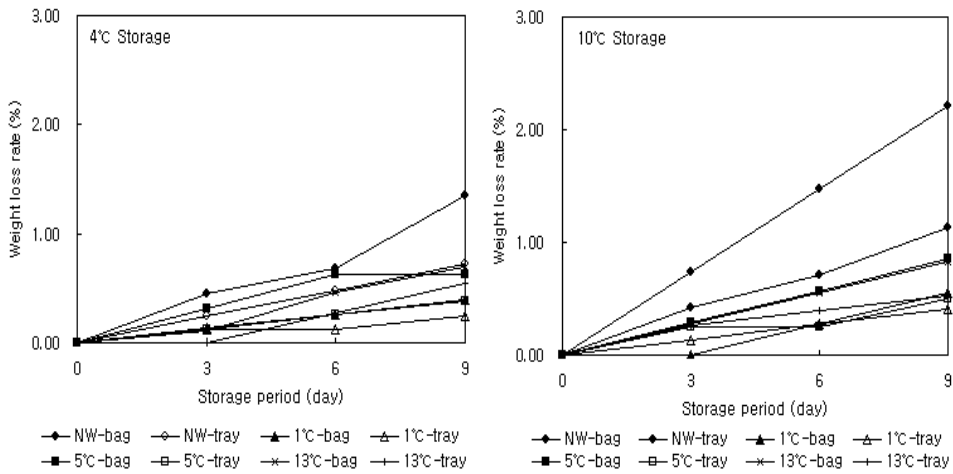


Fig. 60. Changes in the weight loss rate of sesame leaf by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

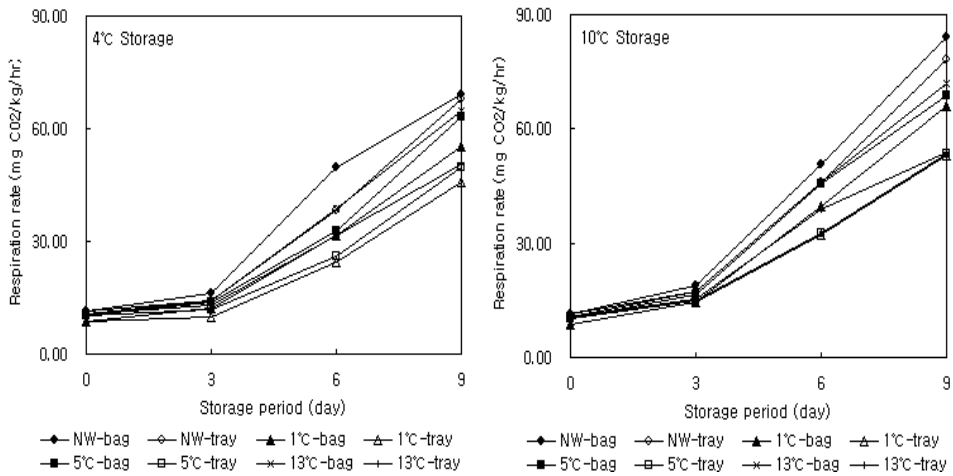


Fig. 61. Respiration rate of sesame leaf by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

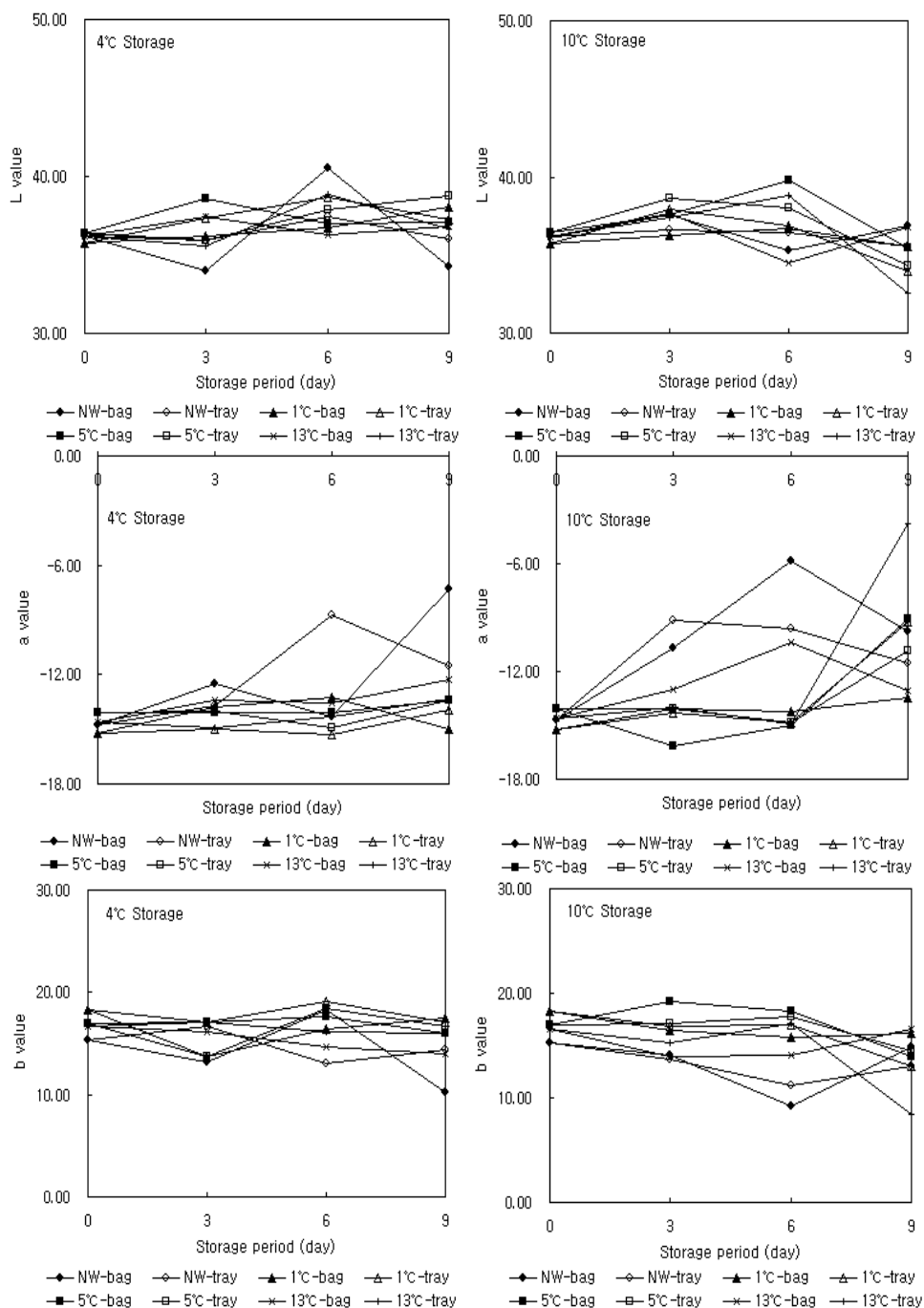


Fig. 62. Changes in the Hunter L, a and b value of sesame leaf by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

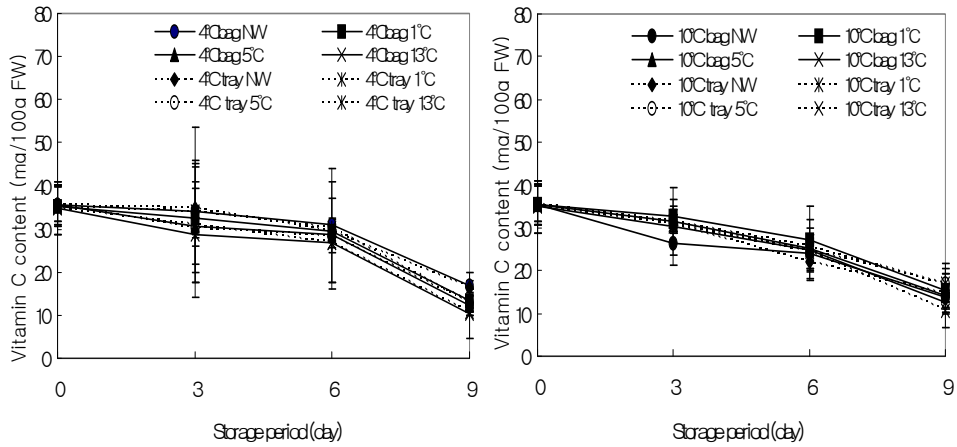


Fig. 63. Changes in Vit. C of sesame leaf by different water temperature and packing type during storage at 4 and 10°C.

10°C에서 6일째 저장한 깻잎의 경우는 일부 깻잎에서 짓무름 현상이 관찰되었으며 세척하지 않은 깻잎을 PP film bag으로 포장한 경우에서 그 정도가 가장 심함을 알 수 있었다. 4°C에서 저장한 경우 짓무름은 발생하지 않았지만 깻잎 특유의 향이 아닌 독특한 이취가 발생하였다. 이는 13°C의 지하수로 세척한 경우 더 강한 향이 났으며 PETE tray의 경우 그 이취가 약했다. 1°C의 냉각수로 세척하여 PETE tray로 포장하여 4°C에서 저장하는 경우 가장 효과적이었다고 판단된다. 이러한 현상은 깻잎의 경우는 다른 채소류에 비하여 세척하여 포장하였을 때 탈수처리를 하더라도 잎과 잎사이가 서로 밀착하여 통기성이 좋지 않기 때문에 높은 표면 수분 조건하에서 품질저하가 가속화된 것으로 여겨졌다.

관능적 품질 평가의 경우 4°C에 저장하였을 때는 1°C 냉수로 세척한 경우는 포장 용기에 상관없이 3일째까지 상품성을 유지하였으나 5°C 냉수를 세척한 깻잎의 경우는 PE bag의 경우는 3일 이상 상품성을 유지하기 어려웠고 PETE tray의 경우는 3일째까지 상품성 유지가 가능하였다. 그러나 13°C 지하수로 세척한 경우는 3일째까지 상품성 유지가 어려웠다.

Table 77. Changes in the microorganism number of sesame leaf by different water temperature and packing type during storage at 4°C

(unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp. (°C)	Wrapping type	Storage period (day)				
			0	3	6	9	
Viable cell count	NW	B ¹⁾	1.74×10 ⁴	4.50×10 ⁴	1.30×10 ⁵	1.60×10 ⁶	
		T ²⁾		2.10×10 ⁴	3.25×10 ⁵	5.43×10 ⁵	
	1	B	1.28×10 ³	4.00×10 ³	7.50×10 ³	1.37×10 ⁴	
		T		1.00×10 ³	8.00×10 ³	6.25×10 ⁴	
	5	B	9.80×10 ³	3.53×10 ³	2.50×10 ⁴	6.29×10 ⁵	
		T		8.62×10 ³	4.00×10 ⁴	2.34×10 ⁵	
	13	B	9.76×10 ³	5.61×10 ³	5.35×10 ⁴	3.04×10 ⁵	
		T		5.51×10 ³	6.20×10 ⁴	1.04×10 ⁵	
	Coliform group count	NW	B	4.55×10 ²	3.00×10 ³	3.25×10 ³	1.85×10 ³
			T		1.11×10 ³	1.80×10 ³	1.27×10 ⁴
		1	B	2.37×10 ¹	1.30×10 ¹	1.60×10 ²	2.20×10 ³
			T		7.00×10 ¹	4.40×10 ²	5.95×10 ²
5		B	2.0×10 ¹	6.25×10 ¹	2.60×10 ²	2.00×10 ³	
		T		3.00×10 ¹	4.05×10 ²	2.55×10 ³	
13		B	5.80×10 ²	1.00×10 ¹	2.05×10 ³	2.60×10 ³	
		T		7.00×10 ²	1.90×10 ²	1.75×10 ³	
<i>E.coli</i>		NW	B	N.D. ³⁾	N.D.	N.D.	1.35×10 ¹
			T		N.D.	N.D.	1.30×10 ¹
		1	B	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
			T		N.D.	N.D.	N.D.
	5	B	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
		T		N.D.	N.D.	N.D.	
	13	B	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
		T		N.D.	N.D.	N.D.	

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

³⁾ <10¹ CFU/g

Table 78. Changes in the microorganism number of sesame leaf by different water temperature and packing type during storage at 10°C

(unit : CFU/g)

Microorganisms	Water temp. (°C)	Wrapping type	Storage period (day)			
			0	3	6	9
Viable cell count	NW	B ¹⁾	1.70×10 ⁴	3.25×10 ⁴	1.42×10 ⁵	7.10×10 ⁶
		T ²⁾		1.70×10 ⁴	9.50×10 ⁵	5.00×10 ⁶
	1	B	1.28×10 ³	1.75×10 ³	5.10×10 ⁴	1.70×10 ⁴
		T		2.00×10 ³	9.15×10 ⁴	2.84×10 ⁵
	5	B	9.80×10 ³	6.31×10 ⁴	4.54×10 ⁵	3.23×10 ⁵
		T		5.81×10 ⁴	4.46×10 ⁵	6.60×10 ⁵
	10	B	9.76×10 ³	4.11×10 ⁴	2.64×10 ⁵	1.24×10 ⁶
		T		5.30×10 ⁴	1.60×10 ⁵	1.32×10 ⁶
Coliform group count	NW	B	4.55×10 ²	4.00×10 ³	1.05×10 ³	8.60×10 ⁴
		T		2.70×10 ³	3.75×10 ³	5.50×10 ⁴
	1	B	2.37×10 ¹	8.00×10 ¹	3.80×10 ²	7.10×10 ³
		T		2.45×10 ¹	9.20×10 ²	7.90×10 ³
	5	B	2.0×10 ¹	4.56×10 ²	2.50×10 ³	1.49×10 ³
		T		5.39×10 ²	4.20×10 ³	1.45×10 ³
	10	B	5.80×10 ²	1.15×10 ³	2.20×10 ³	1.50×10 ³
		T		3.00×10 ²	2.11×10 ²	6.10×10 ³
<i>E.coli</i>	NW	B	N.D. ³⁾	N.D.	N.D.	1.01×10 ²
		T		N.D.	N.D.	1.00×10 ¹
	1	B	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		T		N.D.	N.D.	N.D.
	5	B	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		T		N.D.	N.D.	N.D.
	10	B	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
		T		N.D.	N.D.	N.D.

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

³⁾ <10¹ CFU/g

Table 79. Sensory characteristics of sesame leaf by different water temperature and packing type during storage at 4°C

Water temp. (°C)	Wrapping type	Organoleptic characteristic	Storage period (day)			
			0	3	6	9
NW	B ¹⁾	Appearance	8.0 ^a	2.6 ^b	3.6 ^b	2.3 ^c
		Flavor	7.6 ^a	5.6 ^{ab}	4.0 ^c	2.6 ^{bc}
		Texture	7.3 ^b	3.0 ^a	4.6 ^c	3.0 ^d
		Overall acceptability	6.6 ^a	5.6 ^{ab}	4.6 ^c	3.6 ^{bc}
	T ²⁾	Appearance	8.0 ^a	5.0 ^a	3.6 ^c	4.3 ^d
		Flavor	7.6 ^a	5.3 ^a	4.0 ^b	3.6 ^a
		Texture	7.3 ^b	4.3 ^a	4.3 ^b	3.0 ^{ab}
		Overall acceptability	6.6 ^a	4.0 ^a	4.0 ^{ab}	3.6 ^{bc}
1	B	Appearance	9.0 ^b	4.6 ^a	5.3 ^b	3.0 ^{ab}
		Flavor	9.0 ^a	5.6 ^a	4.3 ^b	3.0 ^{bc}
		Texture	8.6 ^b	3.6 ^a	4.6 ^b	3.3 ^{ab}
		Overall acceptability	9.0 ^a	8.6 ^a	6.0 ^{ab}	5.6 ^b
	T	Appearance	9.0 ^b	5.0 ^{ab}	5.3 ^c	4.6 ^{cd}
		Flavor	9.0 ^a	6.0 ^b	4.6 ^{bc}	3.3 ^c
		Texture	8.6 ^b	5.3 ^a	4.3 ^{ab}	4.0 ^{abc}
		Overall acceptability	9.0 ^a	8.6 ^a	7.0 ^{ab}	6.3 ^{ab}
5	B	Appearance	9.0 ^a	4.3 ^b	6.6 ^{ab}	4.3 ^c
		Flavor	8.3 ^a	5.6 ^{ab}	5.3 ^{bc}	4.6 ^c
		Texture	8.3 ^b	2.6 ^a	5.6 ^c	4.0 ^d
		Overall acceptability	8.6 ^a	7.3 ^{ab}	5.0 ^c	4.6 ^{bc}
	T	Appearance	9.0 ^a	4.6 ^{ab}	5.0 ^c	3.0 ^{bc}
		Flavor	8.3 ^a	5.3 ^b	4.6 ^{bc}	2.6 ^c
		Texture	8.3 ^b	4.6 ^{ab}	4.3 ^{bc}	3.0 ^c
		Overall acceptability	8.6 ^a	7.6 ^a	6.6 ^{ab}	5.3 ^{bc}
13	B	Appearance	8.6 ^a	4.6 ^a	5.0 ^b	4.6 ^c
		Flavor	8.3 ^a	6.3 ^{ab}	3.6 ^c	3.6 ^{bc}
		Texture	8.0 ^a	5.6 ^{ab}	4.6 ^{bc}	4.3 ^c
		Overall acceptability	7.6 ^b	5.6 ^a	5.3 ^c	4.6 ^d
	T	Appearance	8.6 ^a	5.0 ^a	6.3 ^{ab}	5.0 ^a
		Flavor	8.3 ^a	6.0 ^a	4.6 ^b	4.3 ^{bc}
		Texture	8.0 ^a	6.3 ^a	4.3 ^{ab}	4.6 ^{bc}
		Overall acceptability	7.6 ^b	5.7 ^{ab}	5.5 ^{ab}	4.6 ^c

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

^{a-d}Values are different significantly with different superscripts(p<0.05)

Table 80. Sensory characteristics of sesame leaf by different water temperature and packing type during storage at 10°C

Water temp. (°C)	Wrapping type	Organoleptic characteristic	Storage period (day)			
			0	3	6	9
NW	B ¹⁾	Appearance	8.0 ^a	4.6 ^{ab}	3.0 ^a	3.6 ^{ab}
		Flavor	7.6 ^a	8.6 ^{ab}	3.6 ^{ab}	4.3 ^b
		Texture	7.3 ^b	4.3 ^a	4.6 ^b	4.6 ^c
		Overall acceptability	6.6 ^a	4.3 ^{ab}	4.3 ^a	2.0 ^{ab}
	T ²⁾	Appearance	8.0 ^a	5.0 ^a	4.0 ^a	3.6 ^b
		Flavor	7.6 ^a	6.3 ^{ab}	5.0 ^a	3.6 ^{ab}
		Texture	7.3 ^b	4.3 ^{ab}	4.6 ^{ab}	3.3 ^b
		Overall acceptability	6.6 ^a	4.6 ^a	4.3 ^{ab}	3.3 ^b
1	B	Appearance	9.0 ^b	7.0 ^a	4.6 ^{ab}	4.6 ^c
		Flavor	9.0 ^a	8.3 ^{bc}	4.3 ^{ab}	4.3 ^{abc}
		Texture	8.6 ^b	7.0 ^{ab}	5.0 ^{ab}	4.6 ^b
		Overall acceptability	9.0 ^a	7.0 ^a	4.6 ^b	3.0 ^a
	T	Appearance	9.0 ^b	6.3 ^a	5.0 ^{ab}	3.0 ^a
		Flavor	9.0 ^a	7.6 ^b	5.0 ^c	4.3 ^d
		Texture	8.6 ^b	5.3 ^{bc}	4.6 ^a	3.0 ^{abc}
		Overall acceptability	9.0 ^a	7.3 ^a	5.3 ^b	4.3 ^c
5	B	Appearance	9.0 ^a	5.0 ^a	4.3 ^b	3.6 ^c
		Flavor	8.3 ^a	8.0 ^a	4.6 ^b	3.3 ^c
		Texture	8.3 ^b	2.6 ^{ab}	5.0 ^a	4.3 ^{ab}
		Overall acceptability	8.6 ^a	6.6 ^a	5.3 ^{ab}	3.6 ^b
	T	Appearance	9.0 ^a	5.6 ^a	5.3 ^b	3.6 ^c
		Flavor	8.3 ^a	7.0 ^a	5.0 ^c	4.0 ^d
		texture	8.3 ^b	3.6 ^{ab}	5.3 ^d	3.0 ^d
		Overall acceptability	8.6 ^a	7.0 ^a	5.6 ^a	3.6 ^a
13	B	Appearance	8.6 ^a	5.6 ^a	4.6 ^b	4.3 ^c
		Flavor	8.3 ^a	8.0 ^{bc}	5.0 ^c	2.0 ^c
		Texture	8.0 ^a	6.6 ^{ab}	5.6 ^a	4.3 ^{ab}
		Overall acceptability	7.6 ^b	5.3 ^a	3.3 ^b	1.6 ^a
	T	Appearance	8.6 ^a	5.3 ^{bc}	5.0 ^{ab}	1.6 ^b
		Flavor	8.3 ^a	8.3 ^{ab}	5.0 ^a	1.6 ^b
		Texture	8.0 ^a	4.6 ^a	4.6 ^b	1.3 ^c
		Overall acceptability	7.6 ^b	6.3 ^{bc}	3.3 ^a	2.3 ^{abc}

NW : no washing

¹⁾ PP(Polypropylene) film bag

²⁾ PETE(Polyethylene Terephthalate) tray

^{a-d}Values are different significantly with different superscripts(p<0.05)

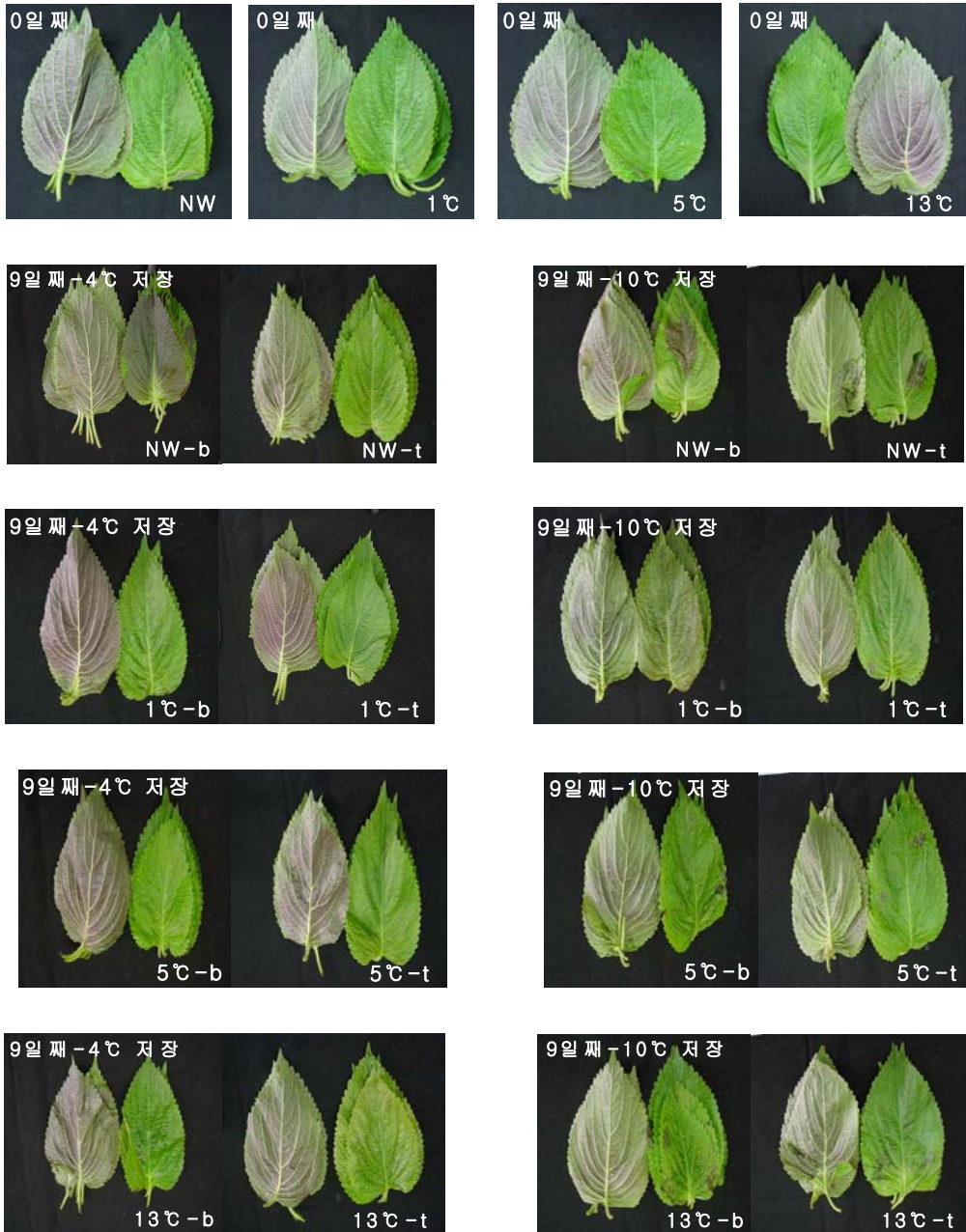


그림 64. 세척 깻잎의 저장 9일 후의 외관 상태

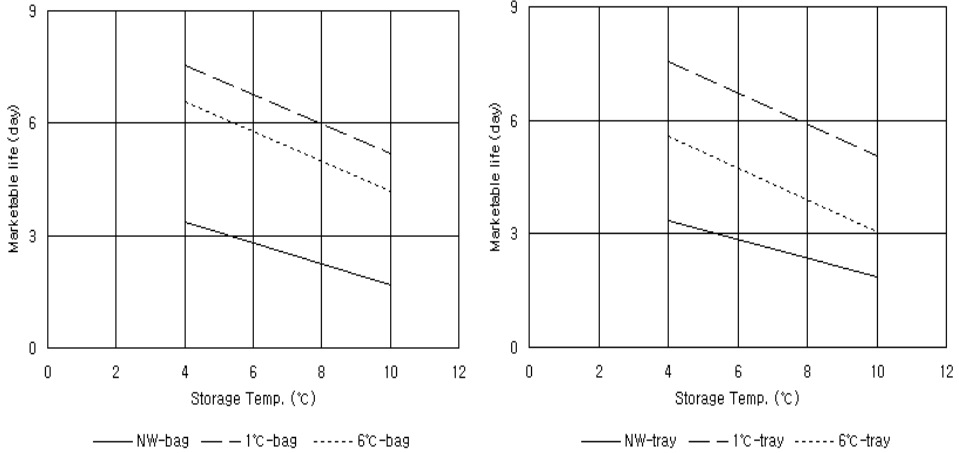


Fig. 65. Time-Temperature-Tolerance of washed leafy lettuce.

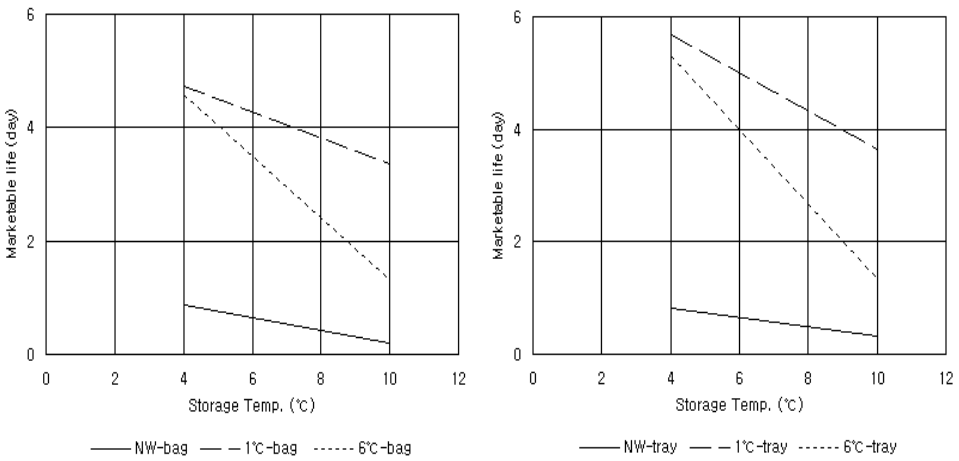


Fig. 66. Time-Temperature-Tolerance of washed pak-choi.

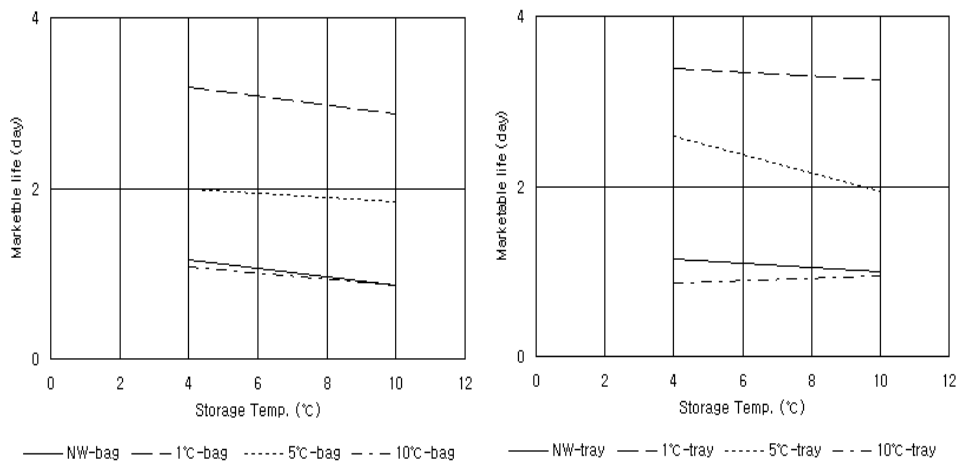


Fig. 67. Time-Temperature-Tolerance of washed chicory.

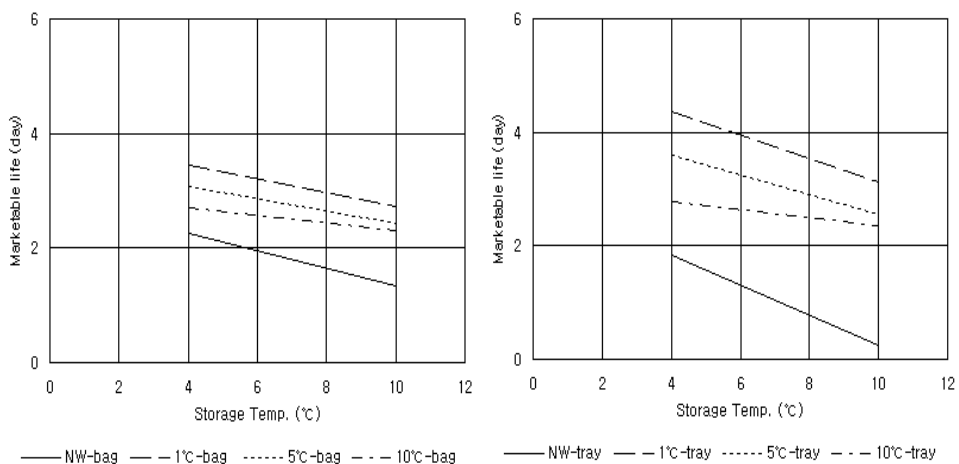


Fig. 68. Time-Temperature-Tolerance of washed crown daisy.

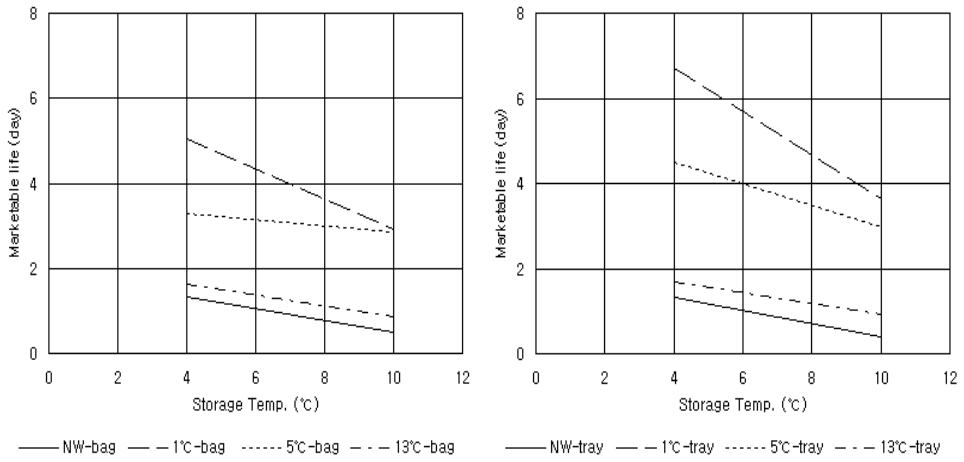


Fig. 69. Time-Temperature-Tolerance of washed sesame leaf.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 목표 달성도

가. 저온냉각수 제조 기술 개발

당초 목표인 2℃ 이하의 냉수 제조 기술을 개발하여 참여기업인 에스이테크(주)에 유상 기술이전하였으며 실제 냉수 온도는 1℃ 부근까지 제조가 가능하다.

나. 잎채소류의 냉수냉각 처리 기술 개발

2℃이하의 냉수 개발을 통해 잎채소류 5종에 대하여 냉수냉각(hydrocooling) 처리 기술을 개발하였으며 관련 기술은 풀빛영농조합법인에 기술이전 추진중에 있다(농림부에 기술이전 신청서 제출, 심의중임).

다. 잎채소류에 적합한 세척장치 및 관련 기술 개발

잎채소류의 조직 취약성을 극복하고 연속적으로 생산할 수 있는 잎채소류 전용 세척기를 개발하여 풀빛영농조합법인에 관련 세척 및 운영 기술과 함께 기술이전 추진중에 있다.

라. 냉각, 세척 일관 시스템 구축

냉수 제조 장치와 세척 장치를 조합한 시스템을 구축하여 D생산자단체, E 녹즙업체에 대상 채소류에 대한 실증 시험을 거쳐 개발 기술의 산업화 가능성을 확인하였다.

마. 잎채소류의 유통기술 연구

잎채소류 5종에 대한 포장재 종류, 유통 온도, 세척수 온도 별로 품질 변화 상태를 조사, 분석하여 소비지 유통시 유통기한 예측에 대한 자료화를 행하였다.

2. 관련 분야의 기술발전예의 기여도

최근들어 식자재 산업의 활성화와 신선편이농산물, 세척농산물 수요 증가에 따

라 산지에서 세척하여 유통하는 쌈채소류가 증가할 것으로 예상된다. 그러나 아직까지 깻잎, 시금치, 상추 등 일부 채소류에서 세척 후 유통하는 방식이 시도되었으나 소비자가 바로 먹을 수 있는 세척용 쌈채소류의 유통은 이루어지지 않고 있다. 이는 세척 공정중의 저온냉수 제조기술, 조직 손상을 최소화할 수 있는 세척 기술, 탈수 및 유통 기술에 대한 기술 개발이 이루어지지 않았기 때문이다. 그러나 본연구에서 세척과 냉각을 동시에 행할 수 있는 기반 기술을 개발하였기에 관련 분야 기술 개발 속도나 산업의 발전에 있어서 큰 계기가 될 것으로 평가된다.

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

1. 저온냉수 제조기술

참여기업인 (주)에스이테크에 2006년 12월에 기술이전 완료하였으며 향후 기술이전 업체에서 쌈채소류 작업장, 새싹채소류 작업장, 녹즙용 채소 가공공장 등에 개발 기술을 적용한 설비를 구축할 예정이다 아울러 각종 식품 가공 공정에 본 기술의 적용성이 클 것으로 여겨진다.

아울러 관련 기술에 대해서는 지속적인 홍보, 교육 및 기술지원을 통해 활성화를 유도할 계획이다.

2. 세척, 탈수 및 유통 기술

생산자단체인 풀빛영농법인에 기술이전 추진중이며 해당 기술은 쌈채소류 뿐만 아니라 신선편이작업장, 학교급식등 단체급식업체에 추가로 기술 보급을 추진하고 있다.

3. 기타 사항

개발 기술에 대해서는 신선편이농산물협회를 비롯하여 각종 심포지움, 학술회의, 교육 등을 통해 홍보하고 아울러 산지 기술지원을 통해 계속 기술 확산을 추진할 계획이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 세척채소, 신선편이채소 관련 자료

문헌 검색과 국외 출장을 통해 미국 신선편이협회(UFPA)의 신선편이농산물에 대한 관련 자료의 수집, 미국 신선편이협회 국제 워크샵과 박람회를 통한 관련 장치, 설비, 제품 등에 대한 초신 기술 정보와 운영 자료를 수집하였다.

2. 저온냉수제조기술

일본의 식품기계공업전시회(Foodex Japan) 및 커트야채 가공 및 유통 업체 방문 관련 자료와 유럽의 아이스슬러리 및 축열 관련 기술자료 등을 수집하였다.

3. 선도유지관련 기술

미국의 UC DAVIS의 Postharvest Technology of Horticultural Crops(3rd ed.), 일본의 커트야채실무핸드북등을 통해 관련 자료를 수집하였다.

제 7 장 참고문헌

- 1) Truscott, J.H.L. Ventilation of fruit containing to facilitate cooling.
- 2) Marcondes, J. Cushioning properties of corrugated fiberboard and the effects of moisture content. American Society of Agricultural Engineers. 35(6):1949-1953(1992)
- 3) Henry, F.E., Bennett. A.H., Tyson, B.L., Wells. J.H. Strength of corrugated fiberboard peach boxes stored at various humidity levels. Pap-Am-Soc-Agric-Eng-Microfiche-Collect.
- 4) Henry, F.E., Bennett. A.H., Tyson, B.L., Wells. The effect of storage conditions and wax treatment on the compressive strength of corrugated fiberboard peach boxes. Proceedings-of-the-Florida-State-Horticultural-Society. 96:325-327(1983)
- 5) Standard Method of Compression Test for Shipping Containers. ASTM D 642-76.
- 6) Ievans, U.I. Effect of ambient relative humidity on the moisture content of palletized corrugated boxes. TAPPI. 60(4). (1980)
- 7) Peters, C.C., Kellicutt. K.Q. Effect of ventilating and handholes on compressive strength of fiberboard boxes. Forest Product Laboratory, U.S Department of Agriculture Forest Service, Report No. 2152 (1959)
- 8) Thompson, J.F., Michell, F.G., Rumsey, T.R., Kasmire, R.F., Crisosto, C.H. Commercial cooling of fruits, vegetables, and flowers. University of California-Division of Agriculture and Natural Resources publication 21567
- 9) Estes, E.A. Feasibility and affordability considerations in precooling fruits and vegetables. American Society of Agricultural Engineers(Fruit & vegetable symposium), 1-95, 390-396 (1995)
- 10) Leteinturier, J. New techniques in pre-cooling at plant production level. Revue-Generale-du-Florid; 76(3) 141-142 (1986)
- 11) 김병삼(2003). 신선 열채류 등의 표면살균 처리 기술 개발. 한국식품연구원 보고서

- 12) 김건희(1996), 과실 및 채소류의 새로운 가공유통산업: 신선편의 식품화, 원예산물의 저장과 유통
- 13) 김동만(1995), 과실 및 채소류의 최소가공, 식품기술, 한국식품개발연구원
- 14) 김병삼(2002), 신선 농수산물의 냉각, 세정, 살균 일관 전처리 시스템 개발, 한국식품개발연구원
- 15) Olusola Lamikanra(2002), Fresh-cut fruits and vegetables, CRC
- 16) 長谷川美典(2002), Cut-vegetables, Science forum
- 17) 김병삼(2004). 신선편이농산물 가공설비 계획, 신선편이농산물가공 및 유통 기술워크샵. 한국식품연구원.
- 18) 김병삼(2004). 신선 엽채류의 표면살균 처리 시스템 개발, 한국식품연구원 보고서. E 043002-0322
- 19) 농산물의 전처리 시스템개발. 한식연 E1182-0317 (1992)
- 20) 예냉시스템 및 관련기술의 개발. 한식연 E1291-0530 (1994)
- 21) 恒溫恒濕の實際. 恒溫恒濕のための基本設計. 日本冷凍協會 P 6-20 (1987)
- 22) 恒溫恒濕の實際. 恒溫恒濕の自動制御. 日本冷凍協會 p 21-30 (1987)
- 23) 냉동공조기술. 한국냉동공조기술협회. 『전기·기기설비의 제어기기』 p 159-184(1991)
- 24) 냉장참고. 한국냉동공조기술협회. 『냉장고의 기획과 설계』 p 22-104 (1994)
- 25) 冷凍空調便覽. 日本冷凍協會. 『業務用冷蔵庫』 新版 第4版 (應用編) p 496-505(1981)
- 26) 冷凍空調便覽. 日本冷凍協會. 『冷凍應用裝置, 冷凍機の 自動制御』 新版 第4版 (基礎編) p 463-512 (1981)
- 27) 牛田善和 冷凍機械工學 핸드ブック Heat-Pump p459-469 (1965)
- 28) 宋岡博生 冷凍機械 핸드ブック 冷却塔の設計. p436-455 (1965)
- 29) Bolin. HR and huxsoll. C.C : Effect of preparation procedures and storage parameters on quality rerrntion of salt-cut lettuce, J. Fd. Sci. 56(1), 60(1991)
- 30) Shankargouda p. Chikkasubbanna and Narayana J.V. : Effect of

- preharvest sprays of triacontanol on the storage life of lettuce, J.Fd. Sci. Tech. 26(3), 156 (1989)
- 31) Hiroshi H, Masakichi K. and Shinichi S. : Biochemical studies on postharvest quality changes in vegetables, Rept. Natl. Food res. Inst. 36 (1980)
 - 32) Katsu I. and Shinbori F. : Effects of Outer-leaf trimming methods and delay in precooling on changes in quality of turnips, J. Japan. Soc. Hort.Sci.57(3), 544,(1988)
 - 33) Henry, F.E. : The effect of certain precooling and storage conditions on the quality of bell peppers, Proc. Fla. State Hort. Soc. 93. 314 (1980)
 - 34) ER. B. Pantastico : Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables, 145 (1975)
 - 35) Sommer, N. F. : Reduction of postharvest loss strawberry fruits from gray mold. J. Am. soc. Hortic. Sci. 285. 98 (1973)
 - 36) Mahamed, E. S. : Effect of cold storage on the quality of tigua strawberry Alex. J. Agric. Res. 171, 3, 31 (1986)
 - 37) Adel A Kader et al : Postharvest technology of horticultural crops, UCDAVIS(2002)

부록 : 미국 신선편이 농산물의 미생물 안전 관리지침

Guidance for Industry⁽¹⁾

Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards of Fresh-cut Fruits and Vegetables

Draft Guidance

This guidance represents the Food and Drug Administration's (FDA's) current thinking on this topic. It does not create or confer any rights for or on any person and does not operate to bind FDA or the public. You may use an alternative approach if the approach satisfies the requirements of the applicable statutes and regulations. If you want to discuss an alternative approach, contact the FDA staff responsible for implementing this guidance. If you cannot identify the appropriate FDA staff, call the appropriate number listed on the title page of this guidance.

Table of Content

- I. [Introduction](#)
- II. [Scope and Use](#)
- III. [Definitions](#)
- IV. [Primary Production and Harvesting of Fresh Fruits and Vegetables](#)
- V. [Personnel](#)
 - A. Worker Health and Hygiene
 - 1. Disease Control
 - 2. Cleanliness
 - B. Training.
 - 1. Worker Health and Hygiene
 - 2. Employee Roles and Responsibilities
 - 3. Sanitation Principles and Sanitary Practices
- VI. [Building and Equipment](#)
 - A. Building
 - 1. External/Internal Structures
 - 2. Facility Layout
 - B. Equipment Design, Construction and Maintenance
 - 1. Equipment Design and Construction
 - 2. Equipment Maintenance
- VII. [Sanitation Operations](#)
 - A. Sanitation Program
 - 1. Cleaning and Sanitizing Chemicals
 - 2. Pest Control
 - B. Sanitary Facilities and Controls

1. Employee Changing Facilities and Toilets
2. Hand Washing Facilities
3. Air Quality
4. Water Supply
5. Environmental Monitoring

VIII. [Production and Process Controls](#)

- A. Product Specifications
- B. Receipt and Inspection of Ingredients
- C. Specific Process Steps
 1. Preparation for Processing
 2. Processing Water
 - a. Maintaining Water Quality
 - b. Washing Fresh Produce
 3. Precooling and Cold Storage
 4. Washing Fresh-cut Produce: Post-processing Controls.
- D. Packaging
 1. Modified Atmosphere Packaging (MAP)
 2. Shelf-life
- E. Transportation and Storage

IX. [Documentation and Records](#)

X. [Traceback and Recall](#)

XI. [Additional Information](#)

XII. [References](#)

Appendices

A. [Notifying FDA of a Recall](#)

- B. [Foodborne Pathogens Associated with Fresh Fruits and Vegetables](#)
- C. [Pathogens Often Transmitted by Food That Has Been Contaminated by Infected Employees](#)
- D. [Sources of Microbial Contamination](#)
 - 1. Potential Sources of Microbial Contamination (Figure 5)
 - 2. Examples of Scenarios That May Cause Microbial Contamination of the Product (Figure 6)
- E. [An Example of Product/personnel Flow Patterns in a Fresh-cut Processing Plant \(Figure 7\)](#)

I. Introduction

The Federal Government provides advice on healthful eating, including consuming a diet rich in a variety of fruits and vegetables, through the *Dietary Guidelines for Americans* and the related MyPyramid food guidance system (Ref. 1, 2). In response, per capita consumption data show that Americans are eating more fresh produce (Ref. 3). With \$12 billion in annual sales in the past few years (Ref. 4), the fresh-cut sector of the produce industry is its fastest growing segment. As the fresh-cut produce market continues to grow, the processors of such produce are faced with the challenge of processing an increasing variety and volume of products in a manner that ensures the safety of this produce. From 1996 to 2006, seventy-two foodborne illness outbreaks were associated with the consumption of fresh produce. Of these produce related outbreaks, 25 percent (18 outbreaks) implicated fresh-cut produce (Ref. 5). Many factors may play a role in the incidence and reporting of foodborne illness outbreaks that implicate fresh produce, such as an aging population that is susceptible to foodborne illness, an increase in global trade, a more complex supply chain, improved surveillance and detection of foodborne illness, improvements in epidemiological investigation, and increasingly better methods to identify pathogens (Refs. 6 thru 12).

Processing fresh produce into fresh-cut products increases the risk of bacterial growth and contamination by breaking the natural exterior barrier of the produce (Ref. 6). The release of plant cellular fluids when produce is chopped or shredded provides a nutritive medium in which pathogens, if present, can survive or grow (Ref. 6). Thus, if pathogens are present when the surface integrity of the fruit or vegetable is broken, pathogen growth can occur and contamination may spread. The processing of fresh produce without proper sanitation procedures in the processing environment increases the potential for contamination by pathogens (see Appendix B, "Foodborne Pathogens Associated with Fresh Fruits and Vegetables."). In addition, the degree of handling and product mixing common to many fresh-cut processing operations

can provide opportunities for contamination and for spreading contamination through a large volume of product. The potential for pathogens to survive or grow is increased by the high moisture and nutrient content of fresh-cut fruits and vegetables, the absence of a lethal process (e.g., heat) during production to eliminate pathogens, and the potential for temperature abuse during processing, storage, transport, and retail display (Ref. 6). Importantly, however, fresh-cut produce processing has the capability to reduce the risk of contamination by placing the preparation of fresh-cut produce in a controlled, sanitary facility.

This guidance is intended for all fresh-cut produce processing firms, both domestic firms and firms importing or offering fresh-cut product for import into the U.S., to enhance the safety of fresh-cut produce by minimizing the microbial food safety hazards. This guidance does not set binding requirements or identify all possible preventive measures to minimize microbial food safety hazards. We recommend that each fresh-cut produce processor assess the recommendations in this guidance and then tailor its food safety practices to the processor's particular operation. Alternative approaches that minimize microbial food safety hazards may be used so long as they are consistent with applicable laws and regulations.

This guidance primarily addresses microbiological hazards and appropriate control measures for such hazards. However, some chapters in the guidance discuss physical and chemical hazards.

FDA's guidance documents, including this document, do not establish legally enforceable responsibilities. Instead, guidance documents describe the Agency's current thinking on a topic and should be viewed only as recommendations, unless specific regulatory or statutory requirements are cited. The use of the word *should* in Agency guidance means that something is suggested or recommended, but not required.

II. Scope and Use

Fresh-cut Produce: This guidance covers fresh-cut fruits and vegetables that have been minimally processed (e.g., no lethal kill step), and altered in form, by peeling, slicing, chopping, shredding, coring, or trimming, with or without washing or other treatment, prior to being packaged for use by the consumer or a retail establishment. Examples of fresh-cut products are shredded lettuce, sliced tomatoes, salad mixes (raw vegetable salads), peeled baby carrots, broccoli florets, cauliflower florets, cut celery stalks, shredded cabbage, cut melon, sliced pineapple, and sectioned grapefruit.⁽²⁾ Fresh-cut produce does not require additional preparation, processing, or cooking before consumption, with the possible exception of washing⁽³⁾ or the addition of salad dressing, seasoning, or other accompaniments. As the fresh-cut produce market continues to evolve, the scope of this guidance may need to be modified to address new or novel types of products.

Fresh-cut Produce and Current Good Manufacturing Practice requirements for foods (CGMPs) (21 CFR Part 110) ⁽⁴⁾: FDA's regulations in 21 CFR Part 110 establish CGMPs in manufacturing, packing, or holding human food. However, raw agricultural commodities (RACs), as defined in section 201(r) of the Federal Food, Drug, and Cosmetic Act (the Act), are not subject to the CGMP requirements by virtue of the exclusion in 21 CFR 110.19. Section 201(r) defines a raw agricultural commodity as any food "in its raw or natural state..." Fresh-cut fruits and vegetables are not RACs because they are no longer "in [their] raw or natural state" and instead have become "processed food" as that term is defined in the Act. Section 201(gg) of the Act defines a "processed food" as "any food other than a raw agricultural commodity and includes any raw agricultural commodity that has been subject to processing, such as canning, cooking, freezing, dehydrating, or milling." Under 21 CFR 110.3, the definitions in section 201 of the Act apply to Part 110. Thus, fresh-cut fruits and vegetables are appropriately considered

"processed foods" and are subject to the CGMPs in Part 110. The conclusion that fresh-cut produce are not RACs is consistent with the preamble to the proposed revisions to the CGMP regulation (44 FR 33238 at 33239, June 8, 1979), which states, when discussing the exclusion for RACs, that such products may be excluded because "food from those commodities is... brought into compliance with the Act at the later stages of manufacturing, processing, packing, or holding." The CGMPs establish food safety practices applicable to processors who manufacture, process, pack, or hold processed food. FDA believes that the recommendations in this guidance complement the CGMPs by suggesting more specific food safety practices for processors of fresh-cut produce.

Fresh-cut Produce and HACCP Systems: A Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system is a prevention-based food safety system designed to prevent, reduce to acceptable levels, or eliminate the microbial, chemical, and physical hazards associated with food production (Ref. 6). One strength of HACCP is its proactive approach to prevent food contamination rather than trying to identify and control contamination after it has occurred.

Although HACCP is not currently required for the processing of fresh-cut produce, the United Fresh Produce Association recommends use of HACCP principles, and according to the association, many segments of the fresh-cut produce industry have adopted HACCP principles.⁽⁵⁾

FDA encourages fresh-cut produce processors to take a proactive role in minimizing microbial food safety hazards potentially associated with fresh-cut produce. We recommend that fresh-cut processors consider a preventive control program to build safety into the processing operations for fresh-cut fruits and vegetables. Awareness of the common risk factors discussed in this guidance and implementation of preventive controls determined by a firm to be appropriate to its individual operations will enhance the safety of fresh-cut fruits and vegetables. FDA also recommends that processors encourage the adoption of safe practices (See Chapter IV) by their partners throughout the

supply chain, including produce growers, packers, distributors, transporters, importers, exporters, retailers, food service operators, and consumers, to ensure that the processor's efforts will be enhanced.

This guidance begins with a discussion of primary production and harvesting of fresh produce in Chapter IV and continues with recommendations for fresh-cut processing in four areas-- (1) personnel health and hygiene, (2) training, (3) building and equipment, and (4) sanitation operations. Following this discussion, the guidance covers fresh-cut produce production and processing controls from product specification to storage and transport. The final chapters provide recommendations on recordkeeping and on recalls and tracebacks.

III. Definitions

The following definitions apply to this guidance.

Adequate quality water: The determination of adequate quality water is based on its use, where adequate quality water for one purpose is not necessarily adequate for another purpose. (1) Where the water does not become a component of the fresh-cut produce, adequate quality refers to water that is safe and sanitary, at suitable temperatures, and under pressure as needed for all uses; and (2) where the water is used in a manner such that it may become a component of the fresh-cut produce (e.g., when such water contacts components, fresh-cut produce, or any contact surface), adequate quality water refers to water that complies with applicable Federal, State, and local requirements.

Fresh fruits and vegetables: fresh produce that is likely to be sold to consumers in an unprocessed (i.e., raw) form. Fresh produce may be intact, such as whole strawberries, carrots, radishes, or tomatoes, or cut from roots or stems during harvesting, such as celery, broccoli, lettuce, or cauliflower.

Fresh-cut fruits and vegetables or fresh-cut produce: fresh fruits and

vegetables for human consumption that have been minimally processed and altered in form by peeling, slicing, chopping, shredding, coring, or trimming, with or without washing, prior to being packaged for use by the consumer or a retail establishment (e.g., pre-cut, packaged, ready-to-eat salad mixes). Fresh-cut produce does not require additional preparation, processing, or cooking before consumption, with the possible exception of washing or the addition of salad dressing, seasoning or other accompaniments.

Food hazard: a biological, chemical, or physical agent that is reasonably likely to cause human illness or injury in the absence of its control.

Pathogen: a microorganism capable of causing human illness or injury.

Processing water: water that is used for post-harvest handling of produce, such as washing, cooling, waxing, or product transport.

Standard Operating Procedures (SOPs): Procedures established by an operator for the day-to-day activities involved in the production of safe and wholesome food.

Sanitation Standard Operating Procedures (SSOPs): Procedures established by an operator for the day-to-day sanitation activities involved in the production of safe and wholesome food.

IV. Primary Production and Harvesting of Fresh Fruits and Vegetables

In general, anything that comes into contact with fresh produce has the potential to contaminate it. Fresh produce may become contaminated at any point along the farm-to-table continuum. The major source of microbial contamination of fresh produce is indirect or direct contact with animal or human feces. Once fresh produce has been contaminated, removing or killing the microbial pathogens is very difficult. Prevention of microbial contamination at all steps in the farm-to-table continuum is preferable to treatment to eliminate contamination after it has occurred.

On the farm, potential contamination avenues include contact with untreated manure used as a soil amendment, contaminated water, infected workers, or conditions in the field or packing facility such as unclean containers and tools used in harvesting and packing, and the presence of animals. In transport, conditions such as unclean floors and walls of the transport vehicle and unclean containers can contribute to contamination with pathogens. Thus, it is important that fresh-cut produce processors be aware of the conditions under which their fresh produce is grown, harvested, packed, and transported. Furthermore, knowing your suppliers and what they are doing to minimize risk of contamination is prudent.

To reduce potential contamination, the 1998 "Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables" (GAPs Guide) (Ref. 15) provides recommendations for growers, packers, and shippers to use good agricultural and good manufacturing practices in those areas over which they have control to prevent or minimize microbial food safety hazards in fresh produce. Potential sources of contamination identified in the GAPs Guide are biosolids and manure, water, field workers, equipment, and containers.

We recommend the following practices to ensure that incoming fresh produce is safe and suitable for processing into fresh-cut product:

- Becoming aware of practices used by your suppliers (i.e., growers, packers, coolers, transporters, etc.)
- Evaluating the practices of your suppliers by a knowledgeable food safety expert
- Accepting produce from suppliers who use GAPs, GMPs or other appropriate practice from the farm to the processing facility
- Using a mechanism to verify the use of food safety practices by your suppliers (e.g., letter of certification or guarantee from a supplier)

V. Personnel

This section provides recommendations regarding personnel of an establishment that processes fresh-cut produce. The recommendations address two major areas: worker health and hygiene, and training.

A. Worker Health and Hygiene

Workers can carry microbial pathogens on their skin, in their hair, on their hands, and in their digestive systems or respiratory tracts. Unless workers understand and follow basic food protection principles, they may unintentionally contaminate fresh produce and fresh-cut produce, food contact surfaces, water supplies, or other workers, and thereby, create the opportunity to transmit foodborne illness. Basic food protection practices related to worker health and hygiene fall into two categories, disease control and cleanliness.

1. Disease Control

FDA recommends that employees with direct access (such as processing, storage, and transport workers) and indirect access (such as equipment operators, buyers, and pest control operators) to the production areas of fresh-cut fruits and vegetables follow good hygienic practices for maintaining personal health and hygiene in order to protect the product from contamination.

FDA recommends the following practices to prevent food, food contact surfaces, and food packaging materials from becoming contaminated with microbial pathogens from an employee with an infectious illness or wound:

- Establishing a company policy that requires employees to report any active case of illness to supervisors before beginning work
- Training supervisors to know the typical signs and symptoms of infectious disease
- We recommend that firms train employees to report to their

supervisor any information about personal health status or activities relating to diseases transmitted through food. Such information would include reporting an active case of illness. FDA recommends that supervisors be trained to recognize the symptoms of active infectious disease; these symptoms are vomiting, nausea, diarrhea, and abdominal cramps. We recommend that employees with these symptoms be excluded from any operations which may be expected to result in contamination of fresh or fresh-cut produce or food contact surfaces, including equipment and utensils, until the medical condition is resolved.

- Covering cuts and wounds with a suitable water proof dressing when workers with such injuries are permitted to continue working.
- We recommend that firms maintain an adequate supply of bandages that provide protection from any wound. A wound containing pus (such as an open and draining boil or other infected wound) that is located on a part of the body that could contact fresh produce or fresh-cut produce, processing equipment, or tools, presents a risk of contaminating fresh-cut produce. When a worker in the processing area needs a bandage, we recommend that the firm consider using a bandage that is detectable by a metal detector if there is a metal detector in the processing line. Using detectable bandages will allow the facility to detect when a bandage has fallen into the processing line so that corrective action can be taken. We also recommend that a worker with a wound that cannot be covered to prevent contact with fresh produce or fresh-cut produce, processing equipment, or tools not work with any aspect of fresh produce or fresh-cut produce, processing equipment or tools until the wound has healed.

2. Cleanliness

FDA recommends that employees use the following food protection

practices to prevent fresh or fresh-cut produce or food contact surfaces including equipment or utensils from becoming contaminated as a result of poor employee hygiene or inappropriate employee conduct:

- Maintaining adequate personal cleanliness
- Washing hands frequently and effectively and sanitizing hands if needed
- FDA recommends that employees wash their hands before beginning work and after engaging in any activity that may contaminate their hands. FDA's recommendations regarding when employees should wash their hands are reflected in the following list
 1. Before beginning work, especially if the employee has direct contact with fresh produce
 2. Before putting on a new pair of disposable or non-disposable gloves and after removing the gloves
 3. After touching human body parts or anything other than food or food contact surfaces
 4. After using the toilet; after coughing, sneezing, using a handkerchief or tissue
 5. After using tobacco, eating, or drinking
 6. After engaging in any activity that may contaminate hands, such as handling garbage, cleaning chemicals, or incoming produce before it has been washed
 7. After caring for or touching animals
 8. Before returning to a workstation
- Washing and sanitizing non-disposable gloves before starting work, and as needed
- Changing disposable gloves whenever contamination is a possibility
- Improperly used gloves may become a vehicle for spreading pathogens. The use of gloves does not lessen the need for, or importance of, hand-washing and other proper hygiene practices. We recommend that if gloves are used in a facility, the firm develop guidelines for their safe use, sanitation, and changing.

- Wearing appropriate attire on the job
- FDA recommends that employees wear clean clothes and any additional outer items (e.g., hairnets and beard covers, lab coats, aprons, and appropriate footwear) that will help protect fresh and fresh-cut produce from inadvertent contamination during processing.
- Not engaging in certain activities where food may be exposed or utensils are washed
- FDA recommends that employees in food processing areas not engage in activities that could contaminate food, such as eating, using tobacco, chewing gum, or spitting.

B. Training

Training every employee about the CGMPs and preventive controls will help to eliminate or minimize contamination of fresh-cut produce. We recommend that education and training programs be designed to help employees understand what is expected of them and why what is expected is important. We also recommend that company expectations for proper employee hygiene and food protection techniques be clearly communicated to new employees before starting employment and reaffirmed during periodic training programs. There are many materials available to firms to support employee training. We recommend that firms consider whether the language of the training and training materials is appropriate for the employees. Useful materials and information may be found at the USDA/FDA Foodborne Illness and Education Information Center (<http://www.nal.usda.gov/foodborne/index.html>), the Fight BAC!® campaign of the Partnership for Food Safety Education (<http://www.fightbac.org/main.cfm>), and Government Food Safety Information (<http://www.foodsafety.gov/>).

Training employees before they begin work with fresh or fresh-cut produce, at regular intervals, and at a minimum annually provides employees with

important information about food safety best practices and company policies. We recommend that firms consider teaching, in the same training session, only a small number of employees at or near their workstation, if the environment permits it, for short periods of time, such as 10-15 minutes per session. The sessions could cover only one topic at a time and could be targeted to specific food safety concerns of that workstation. For example, washing station employees could be trained about appropriate antimicrobial chemical usage, and packaging station employees could be trained about proper handling and cleanliness of boxes and totes. We recommend refresher or follow-up training to reinforce the initial training. Training a few employees at a time can be an effective way to provide refresher training with the least disruption to work.

A firm may wish to post signs and pictorial representations of good practices covered in training as an additional way to reinforce training. We recommend that signs be multilingual and posted in areas close to where the practice is performed. We also recommend that the training provided to employees be documented so there is a record of the training topics covered and which employees completed it.

A well-designed training program provides information to help employees apply CGMPs while on the job. We recommend that a fresh-cut produce firm's training program for employees (including temporary, seasonal, and full time employees) include training on the CGMPs for production, maintenance, quality assurance, and quality control with an emphasis on worker health and hygiene; employee roles and responsibilities; and sanitation principles and sanitary practices.

1. Training for Worker Health and Hygiene

We recommend that employees be trained to follow good personal hygiene practices, including the use of proper hand washing techniques, wearing clean clothes and any additional outer coverings (e.g., hairnets and beard covers, disposable gloves, aprons), and appropriate conduct on the job. FDA also

recommends that employees be trained on how, when, and to whom to report illness. Hand washing training is particularly important. We recommend that employees be trained about how, when, and why they must properly wash their hands and exposed portions of their arms. We also recommend that employees be taught to wash and sanitize their hands before entering areas where fresh or fresh-cut produce is present.

Figure 1 is an example of an aid that could be used to train employees on the proper technique to use in washing hands:

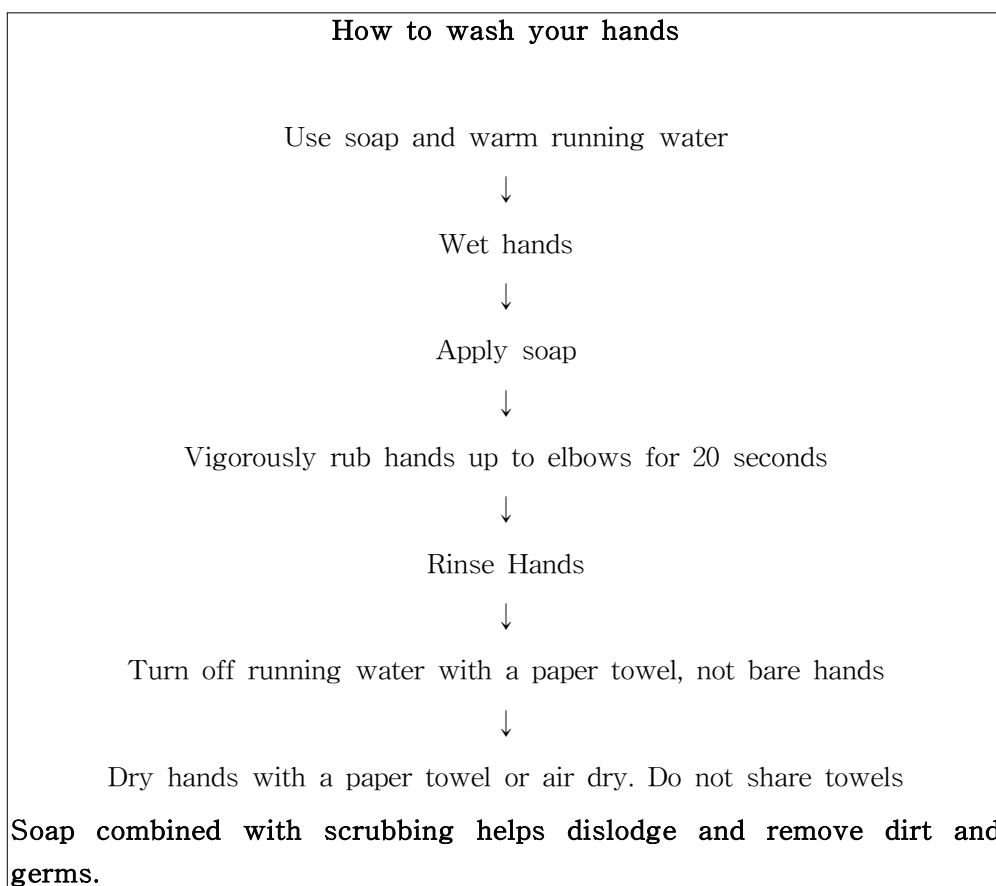


Figure 1. Example of a training aid on how to wash your hands

2. Training on Employee Roles and Responsibilities

We recommend that employees be trained consistent with the level of

complexity of their jobs and that additional training be provided as needed to ensure current knowledge of equipment and process technology.

One goal of a training program is to help workers understand the importance of the tasks for which they are responsible, particularly those tasks that are important to minimizing microbial food safety hazards (such as monitoring the disinfectant level in wash water). We recommend that employees be trained about how to perform these tasks; to be aware of the microbial food safety hazards associated with them; to understand the procedures for monitoring conditions such as the disinfectant level, pH, and the temperature of the wash water, and any associated recordkeeping that the firm chooses to implement; to know the actions that are needed to minimize contamination of the product; and to consult with their supervisors if the established limits (such as the appropriate level of disinfectant in the wash water) are not met.

We recommend that personnel responsible for maintaining equipment that may have an impact on food safety be trained to understand the importance of their role in the production of safe food. Equipment maintenance jobs that may have an impact on food safety include changing water filters, maintaining refrigeration units, treating processing water, and calibrating equipment. We recommend that employees be trained to identify deficiencies that could affect product safety, to take the appropriate corrective actions (e.g., in-house repairs, contract repairs), and to be able to understand how indirect cross-contamination may occur when proper equipment controls are not maintained.

3. Training on Sanitation Principles and Sanitary Practices

We recommend that employees with cleaning and sanitation duties be trained to understand the principles and methods required for effective cleaning and sanitation, especially as those methods relate to food safety. We recommend that supervisors be trained to identify and promote good sanitary practices.

We also recommend that employees be trained in the proper use of sanitizing

agents (sanitizers) and foot foam, foot baths, or spray systems, in proper cleaning and sanitizing steps of the equipment and facility, in proper use of equipment in the production environment, such as hoses and tools, and in the proper use, handling, and storage of chemicals used in sanitation.

Figure 2 is an example of an aid that could be used to train employees on the proper use of sanitizers:

Use sanitizers properly for food safety
Hand sanitizing stations
<ul style="list-style-type: none">• After hand washing, sanitize your clean hands with a sanitizer solution• Allow hands to air dry• Wash hands and sanitize gloves (disposable or reusable) before wearing• Re-sanitize your hands after touching non-food contact surfaces
Foot Sanitizer
<ul style="list-style-type: none">• When entering any area where fresh produce or fresh-cut produce is present, walk through a foot sanitizer unit
Sanitizer maintenance
<ul style="list-style-type: none">• Monitor and change hand and foot sanitizer solutions as needed to maintain effective sanitizer strength, per manufacturer's recommendation

Figure 2. Example of a training aid on proper use of sanitizers

Equipment (whether fixed or free standing), fixtures, floors, walls, and other structures in a processing facility can become a source of microbial contamination if not adequately maintained in sanitary condition. The high humidity and structural niches in a fresh-cut produce processing facility encourage microbial build-up. To prevent fresh-cut produce from becoming contaminated by equipment or other structures in the facility, we recommend that employees be trained on proper cleaning and sanitizing steps within the processing areas.

Figure 3 is an example of an aid that could be used to train employees on the cleaning and maintenance of processing equipment and facilities:

- | |
|---|
| <p>Cleaning and sanitizing steps*</p> <ol style="list-style-type: none">1. Remove heavy debris from floors with brooms or shovels and dry cleaprocessing equipment, if needed2. Pre-rinse the equipment with adequate quality water3. Clean remaining debris from floor4. Rinse floor and drains with adequate quality water using a low pressure hose5. Use dedicated brushes to scrub floor and drains with an effective cleaner, applying adequate quality water as needed6. Foam and scrub the equipment with an effective cleaner and scrub using dedicated brushes7. Thoroughly rinse the equipment, floors, and drains with adequate quality water using a low pressure hose8. Remove excess water from floors9. Sanitize (according to manufacturer directions) the equipment and floors* <p>* Work from top down for cleaning and sanitizing activities. Some equipment may need to be disassembled before cleaning and sanitizing followed by reassembly.</p> |
|---|

Figure 3. An example of a training aid on cleaning and sanitizing steps within processing areas

In addition to using sanitizers appropriately and cleaning and sanitizing the equipment and facility regularly, proper use of equipment, such as hoses, can also reduce the risk of contamination of fresh and fresh-cut produce. For example, keeping hose nozzles off the floor can help prevent nozzles and employee hands from becoming a source of contamination. We recommend that sections of hose that touch the floor or other unclean surface not make

contact with fresh produce, food-contact surfaces, or packaging materials. A retractable hose suspended from the ceiling may help to prevent such contamination. In addition, allowing hose ends to sit in standing water or to be submerged in water tanks could allow back siphonage of water, thereby contaminating the water distribution system.

Further, we recommend that employees be trained to avoid use of high-pressure water hoses to clean floors, walls, and equipment in the processing and packaging areas during production or after production equipment has been cleaned. This practice will help prevent aerosols from contacting processing equipment and food-contact surfaces, product, or packaging materials. Therefore, we recommend that employees be trained on the proper use of cleaning equipment.

VI. Building and Equipment

FDA recommends that the processing facility and its structures (such as walls, ceilings, floors, windows, doors, vents, and drains) be designed to be easy to clean and maintain and to protect the product from microbial, physical, and chemical contamination. For example, designing food contact surfaces to be smooth, nonabsorbent, smoothly bonded, without niches, and sealed would make these surfaces easier to clean and thus, would prevent the harborage of microbial pathogens.

A. Building

Both direct contamination and cross-contamination of produce can be minimized by giving proper attention to physical design, emphasizing proper product flow, using appropriate construction materials, managing facility traffic, and ensuring proper airflow. We recommend that facilities and staging areas be designed to facilitate maintenance and good sanitation practices so that contamination may be controlled throughout receiving, cooling, processing,

packing, and storage operations. We also recommend that buildings, fixtures, and equipment be maintained in a condition that will protect fresh-cut produce from potential microbial, chemical, and physical contamination.

1. External/Internal Structures

In general, we recommend limiting access to the facility and to its processing areas, providing adequate space for operations, ensuring adequate drainage of processing and wash water, installing food contact surfaces that are easy to clean and maintain, and designing areas and structures to protect the product and equipment from contamination.

In addition, we recommend the following practices:

- Adequately screening open windows, vents, fans, and similar features to prevent pest (insect, bird, rodent, reptile) entry
- Closing all exterior doors and entrances when not in use and ensuring an adequate seal when exterior doors and entrances are closed
- Properly constructing all walls, ceilings, windows, doors, floors, and overhangs (e.g., pipes, air vents, and lights) and maintaining them in good condition (e.g., no cracks, rust, breakage, missing parts, or dips allowing puddles to form) so that they do not harbor pests or pathogens
- Designing properly sloping floors to drains ($\frac{1}{4}$ inch per foot), and sealing and keeping them in good repair so as to provide adequate drainage
- Designing floor drains to prevent the accumulation of water in or around the drains and making drains accessible for cleaning
- Fitting floor drains with seals and grates capable of preventing pest entry
- Using floor flumes with caution due to the potential for water aerosol contamination of the room air and nearby equipment surfaces
- We recommend against the use of a floor flume transfer from the

produce cooling and packing operation into or across an area housing fresh-cut produce operations.

- Constructing trench drains for automatic flushing
- Using under-floor drains in fresh-cut produce processing areas
- Designing collection areas for waste stream water to prevent product and equipment contamination
- Designing pipelines to avoid pipe and wall condensation from becoming a source of contamination
- Where overhead condensate cannot be prevented, we recommend that catch pans be utilized, and be cleaned and sanitized on a regular basis.
- Avoiding wood construction materials wherever possible
- If wooden equipment is used (including pallets), we recommend that the equipment be in good condition and well maintained so it is not a source of physical or microbial contamination. Non-wooden construction materials, such as plastic or stainless steel, are preferable for use in processing areas because they reduce the risk of microbial harborage and cross-contamination of final product.
- Using protective guards for light fixtures to prevent broken glass from falling into product

2. Facility Layout

We recommend that a fresh-cut fruit or vegetable processing facility be designed so that incoming raw products never cross paths with or are commingled with finished fresh-cut produce products. Similarly, we recommend maintaining separate raw incoming product, in process, and finished product areas so as to prevent the potential for microbial cross-contamination. Adequate food safety controls, operating practices, and facility design can reduce the potential for contamination by using location and/or flow of

humans, product, equipment, and air.

We recommend the following practices that use *location* to reduce the potential for contamination:

- Having rest rooms that open into a location other than a processing area
- Locating the door to the outside in an area other than into a processing area
- Having a microbiology lab that opens into an area other than into a processing area
- Storing in-process and raw produce materials in different rooms
- Establishing dedicated cold rooms for raw product and processed product
- Locating hand washing and sanitizing facilities to facilitate regular and appropriate use by employees
- Locating a disinfectant foot foam, foot bath, or foot spray at all entrances and exits to all production and finished product storage areas.
- We recommend the following practices that use *flow* of personnel, product, equipment, or air to reduce the potential for contamination:
 - Having short direct routes for both product and personnel flow
 - Designing the plant for one direction of personnel traffic, product, and air flow
 - Designing product areas to have traffic patterns that separate raw and finished product using either linear product flow (raw to finished product) or by physical partition
 - (Figure 7 in Appendix E is an example of product and personnel flow patterns in a fresh-cut processing plant.)
 - Using an air filtration system for central air distribution and airflow that is counter to product flow, so that filtered air moves with a positive pressure from the cleanest areas (e.g., from packaging and

finished product storage) toward less clean areas (e.g., the receiving area)

- We also recommend that air intake for the facility be located to minimize contamination of the intake air by:
- Keeping the number of entrances and exits to the processing areas to a minimum
- Restricting the movement of lift trucks, bins, totes, maintenance tools, cleaning implements, clothing, and people from receiving and storage zones to processing and packaging areas
- Color coding bins, totes, clothing, cleaning implements, maintenance tools, and other items (e.g., blue aprons for receiving zones and red aprons for processing and packaging areas) may help achieve separation of traffic and thereby, minimize cross-contamination.

B. Equipment Design, Construction, and Maintenance

We recommend that the processing equipment be designed and constructed to be easy to clean and maintain and to avoid microbial contamination of the fresh-cut product.

1. Equipment Design and Construction

We recommend the following to facilitate cleaning and to help ensure that fresh-cut produce is not contaminated during the processing operation:

- Using smooth, non-absorbent, sealed, and easily cleanable food contact surfaces that are sloped to drain freely and made of durable, non-corrosive, nontoxic materials
- Food contact surfaces include items such as knives, conveyors, belts, chutes, product totes, gloves, tools including shovels and racks, cutting boards, tables, dryers and spinner baskets, and packing

scales. We recommend that all food contact surfaces be smoothly bonded (e.g., free of pits, folds, cracks, crevices, open seams, cotter pins, exposed threads, and piano hinges) to avoid harboring pathogens. Where two food contact surfaces meet, we recommend use of a cover over the juncture to prevent food debris from collecting in the crevice and creating an area that is difficult to clean.

- Locating catwalks with open grating so they do *not* pass over areas of exposed fresh or fresh-cut produce or food-contact surfaces
- Designing equipment in the processing area to prevent water collection
- We suggest cautious use of hollow structures, such as catwalk framework, table legs, conveyor rollers, and racks, because they may collect water and debris, and thus, harbor pathogens.
- Elevating food-contact surfaces sufficiently above the floor (with accessibility for cleaning) to prevent contamination from floor splashes
- Installing stationary equipment away from floor drains to allow accessibility to drains for cleaning and to prevent contamination of the equipment

2. Equipment Maintenance

Establishing a preventive maintenance program helps to ensure that all equipment functions as intended. Equipment failure requiring maintenance activities during production may increase the risk of microbial contamination, particularly from *L. monocytogenes* (Ref. 16). Preventive maintenance includes periodic examination and maintenance of equipment such as valves, gaskets, o-rings, pumps, screens, filters, and heat exchanger plates. We recommend that a firm develop appropriate plans of action in case important equipment, such as refrigeration equipment, disinfectant delivery systems, power systems, or alarm systems, malfunctions. We also recommend the following practices:

- Performing maintenance and calibration of equipment by appropriately trained personnel
- We recommend that maintenance personnel who work in the processing or packaging areas comply with the hygiene requirements for production employees.
- Installing, calibrating, and maintaining temperature measuring or recording devices as necessary to ensure accuracy
- Frequently sharpening knives, if used, including retractable knives, and disinfecting before use
- We recommend that knives be replaced if damaged or if they cannot otherwise be maintained in a sanitary condition.
- Frequently inspecting cutting blades and belts during processing operations for damage, product residue build up, or cleaning needs
- We recommend that blades be removed and cleaned separately, and remaining equipment parts disassembled (if possible) and cleaned on a regular basis.
- Operating metal detectors in accordance with the manufacturer's instructions and checking for proper functioning at least daily to ensure effective detection of metal and removal of affected product
- We recommend that procedures be in place, such as a the use of metal detectors during packaging operations, to minimize the possibility that metal ends up in finished product packages.
- Calibrating safety control devices that are essential for maintaining the proper level and activity of wash water disinfectant, at a frequency recommended by the manufacturer and documenting this activity on the instrument calibration forms/logs
- Examining air filters for both intake air and compressed air and changing at least as often as the manufacturer specifies, or more frequently if a problem is indicated, such as evidence of filter fouling

or perforation

VII. Sanitation Operations

Pathogenic microorganisms may be found on floors, in drains, and on the surfaces of sorting, grading, processing, and packaging equipment. Without appropriate sanitation practices, these surfaces may be a source of microbial contamination.

A. Sanitation Program

We recommend the use of a comprehensive sanitation program developed by a trained employee such as a certified sanitarian to avoid microbial contamination of the product in a fresh-cut processing facility.

We recommend that fresh-cut processors consider using the following practices for their sanitation program:

- Establishing sanitation standard operating procedures (SSOPs), including a cleaning and sanitizing procedure with a regular schedule for all equipment, storage areas, fresh and fresh-cut produce production areas, air systems, and water storage areas

An example of such a schedule is included in Figure 4. When visual inspection or environmental monitoring results for equipment or the facility reveal dirt, food residues, or other debris, we recommend a more frequent cleaning and sanitizing schedule relative to what is shown in Figure 4.

Figure 4. An Example of a Processing Plant Environmental Sanitation Master Schedule^{(6) (7)},

Area	Cleaning/Sanitation Method	Tools	Cleaning Materials	Frequency
Walls	Foam, brush, rinse	Soft nylon brush and	Chlorine-Quaternary	Once/Month Walls adjacent

		High Pressure Hose (when appropriate)	ammonium ("quat")-based cleaner	to processing equipment should be cleaned daily
Ceiling	Foam, brush, rinse	Nylon brush, high pressure machine	Chlorine-quat-based cleaner	Once/Month
Floors	Wash, rinse	Hard bristle broom (not straw), floor scrubbers, low pressure hose	Chlorine-quat- or iodine based cleaner	Daily
Doors	Foam, scrub, rinse	Scouring pad, cloth	Chlorine-quat-based cleaner	Once/Week
Plastic curtains	Foam, rinse	Foam and Rinse	Chlorine-quat-based cleaner	Once/Week
Overhead pipes, electrical conduits, structural beams	Foam, brush	Brush, bucket, high water pressure machine	Chlorine-quat-based cleaner	Once/Month
Hoist, overhead light fixtures	Wipe, clean	Cleaning pad	Water, light detergent	Once/Quarter
Refrigeration coils	Rinse, sanitize	High pressure hose	Water, sanitize with quat	Once/Quarter
Chillers	Scouring	Scouring pad	Acid cleaner	As Needed/Audit
Air distribution filters	Soak	Plastic bins	Chlorine-alkaline detergent	Once/Quarter
Drains, trench	Clean, flood, rinse	Soft Nylon brush, 50 gallon container	Chlorine-alkaline detergent, quat or iodine based sanitizer	Daily
Grids	Brush, rinse	Nylon brush, high water pressure machine	Chlorine-alkaline detergent	Daily
Waste, dumpster areas	Foam, brush, rinse	Nylon brush, high water pressure machine	Heavy duty chlorine-based cleaner	Daily
Employee	Wash, rinse	Nylon brush,	Chlorine-based	Frequently

break rooms/bathrooms		sanitary brushes	soap or quat	throughout the day
Maintenance areas	Scrub, rinse	Nylon brush	Degreasing agent	Once/Month

- Including as part of the sanitation schedule the name of the employee (and alternate when primary employee is absent) responsible for the activity, the equipment to be cleaned and how to disassemble it, the frequency of cleaning, procedures for cleaning (including type and concentration of cleaning compound and sanitizer), time and temperature requirements, cleaning solution flow rate (pressure) if applicable, and the name of an employee responsible for verifying the program effectiveness by inspection
- Cleaning the condenser unit, drip pans, and hoses of refrigerators
- Keeping cold storage as dry as possible
- After cleaning and sanitizing, visually inspecting the area cleaned for product residue and conducting routine microbiological tests (conventional or rapid microbiological methods, such as total count or bioluminescence) to verify effectiveness of the cleaning and sanitizing program
- When reassembling sanitized equipment, placing the equipment parts on a sanitary mat and not on the floor
- Cleaning and sanitizing all processing equipment, facility utilities (e.g., air system, water system), and food-contact surfaces after maintenance work and prior to use in production
- Cleaning and sanitizing processing equipment and food-contact surfaces between the processing of different commodities, if appropriate based on risk
- Avoiding cleaning and sanitizing equipment during processing operations to prevent contamination
- Minimizing splashing during the cleaning of floor drains by using an

appropriate brush, such as a $\frac{1}{4}$ inch smaller brush than the diameter of the drain opening, or a splash guard

- For cleaning drains, we recommend using dedicated utensils (color coded and used for cleaning drains only) to minimize the potential for contamination. We also recommend that floor drains not be cleaned during processing operations and that the person who cleaned drains not clean fresh-cut produce food contact surfaces without changing outer garments, and washing and sanitizing his or her hands.
- Regularly inspecting tools for cutting, slicing, and shredding for damage that could impair cleaning and sanitizing them
- We recommend replacing a tool if it cannot be fixed so that it can be adequately cleaned.

1. Cleaning and Sanitizing Chemicals

Cleaning and sanitizing chemicals may be toxic, and should be stored in dry, secure, and ventilated areas away from facility traffic and processing operations. They should be handled by employees trained in the use of such chemicals.

We recommend the following practices in using cleaning and sanitizing chemicals:

- Using adequate quality water for cleaning and sanitizing at temperatures appropriate for the chemicals used
- Using toxic chemicals for cleaning operations in accordance with the manufacturer's instructions and in accordance with relevant Federal, State, and local government regulations
- Clearly labeling toxic chemicals
- Storing toxic chemicals and pesticides in a manner that protects against contamination of food, food-contact surfaces, and food-packaging materials and in accordance with relevant Federal, State, and local government regulations

- Monitoring the effectiveness of cleaning and sanitizing chemicals by visual inspection and environmental testing (especially grooves and niches) for microbial growth

2. Pest Control

We recommend a pest control program be implemented throughout the entire processing facility to eliminate pests (such as rodents, birds, reptiles, and insects) that may harbor or be a vector for a variety of pathogens. As part of the plant's pest control program, consider frequent monitoring of affected and treated areas to assess accurately the effectiveness of the program. Some helpful physical and chemical controls are recommended below:

- Using window screens, screen doors, and weather stripping for all doors, and air fans at all doorways
- Keeping all exterior doors closed when not in use
- Removing waste products to, and storing waste products in, a location outside the facility
- Removing old, unused equipment from the facility
- Maintaining the exterior grounds surrounding the facility in a manner that will control pest harborage
- Properly storing ingredients, finished product, and food packaging
- Cleaning up spills and produce debris in a timely manner
- Using pesticides, traps, bait, and chemicals that are acceptable for use in a food processing facility and that will not contaminate foods, food ingredients, or food packaging
- Chemical controls should be applied by a licensed pest control operator or according to local regulations.
- Maintaining a map to identify by numbered locations all rodent traps and bait boxes used both inside and outside the processing facility

B. Sanitary Facilities and Controls

1. Employee Changing Facilities and Toilets

We recommend that changing facilities and restrooms be adequate and located in proximity to processing areas, but not so close that they could be a source of contamination. We recommend that restrooms not open directly into processing areas and doors be equipped with self-closing mechanisms or have a maze-type entrance/exit.

2. Hand Washing Facilities

FDA recommends the following practices for employee hand washing facilities:

- Providing a sink, hot and cold running water of adequate quality, effective hand cleaning preparations (e.g., liquid soap), sanitary hand drying devices (such as disposable paper towels), and a waste container
- Installing water control devices (such as knee, foot, or elbow faucet controls) that will protect against contamination of clean hands
- Posting signs that show proper hand washing procedures

We recommend that these signs be posted near the facility entrance, in restrooms, near all hand washing stations, and wherever employees may handle produce, food packaging materials, or food-contact surfaces. We further recommend that these signs be multilingual where some of the workers in the facility are not native English speakers or pictorial where literacy is a concern.

3. Air Quality

Air inside a processing plant can be a vehicle for contamination of food by mold, yeast, dust, or pathogens if not properly controlled. Where fresh and fresh-cut fruits and vegetables are exposed to open air, we recommend that air quality be monitored to ensure that it is of suitable quality.

We also recommend that fresh-cut processors consider the following to maintain appropriate air quality:

- Using positive, negative, and ambient air pressure differentials to direct potential airborne contaminants away from microbially sensitive areas. For example, negative air pressures in raw product areas, microbiology laboratories, and rest rooms may help to keep air from those areas from flowing into the processing areas. Similarly, positive air pressure can be maintained in areas such as the processing and packaging area.
- If air filtering equipment is used in a fresh-cut processing facility, filters should be performing at manufacturer specified levels of performance
- Filtering compressed air (such as oxygen (O₂), nitrogen (N₂), and carbon dioxide (CO₂) used in modified atmospheric packaging) when such air contacts fresh produce using a 0.3 micron filter (with an efficiency of approximately 75%)

4. Water Supply

Water can be a carrier of microorganisms including pathogens. Adequate quality water is critical in a fresh-cut processing facility because of the absence of a step lethal to pathogens (kill step) in processing the product as well as the presence of factors such as the high degree of product handling, the damage to product during cutting, shredding, etc., and the potential for temperature abuse in processing and storage. We recommend that the water supply in a food processing plant be sufficient for the operations intended and be derived from an adequate source. We recommend that water for operations in the processing facility, such as cleaning and sanitizing the facility and equipment as well as preparing the product for processing, processing the product, and manufacturing ice, be of adequate quality. Where water does not become a component of the fresh-cut produce, we recommend that water be safe and sanitary, at suitable temperatures, and under pressure as needed for all uses. For water that is used in a manner such that the water may

become a component of the fresh-cut produce (such as when such water contacts components, fresh-cut produce, or any contact surface), we recommend that water comply with applicable Federal, State, and local requirements.

See Section VIII.C., which provides our recommendations for maintaining water quality used from preparation for processing through processing operations.

We recommend the following practices regarding the water used in a processing facility:

- Complying with applicable Federal, State, and local requirements for water that contacts fresh-cut produce or food-contact surfaces, including water used to make ice
- We recommend that processors protect sources of water and ice from contamination and that ice be manufactured, transported, and stored under sanitary conditions.
- Testing well water, if used, at the site of the well and at the point in the plant most distant from the well on a regular basis to ensure compliance with Federal, State, and local requirements
- Maintaining and inspecting on a routine basis any water charcoal filtering system to prevent it from becoming a source of microbial or physical contamination of water
- Reviewing on a periodic basis water systems to ensure that no cross-connections exist between systems carrying water that is of adequate quality and systems carrying water that is not
- Ensuring that the volume, temperature, and pressure of water is adequate for all operational and clean up demands

5. Environmental Monitoring

FDA recommends an environmental monitoring program designed to detect areas of pathogen harborage and to verify the effectiveness of cleaning and

sanitizing programs in preventing cross-contamination. We recommend the following practices:

- Performing environmental sampling on both food contact and non-food contact surfaces (e.g., drains)
- Determining the appropriate target pathogen, test locations, and frequency of sampling
- We recommend that the appropriate target pathogen be the most resistant microorganism of public health significance that is likely to occur in fresh-cut produce.
- Focusing environmental monitoring on an indicator organism, such as *Listeria* spp., which indicates microbial contamination but is nonpathogenic and more easily detectable than a target pathogen, such as *L. monocytogenes*
- Establishing a plan for action in the event that a microbiological test indicates the presence of a target pathogen or indicator organism
- Documenting corrective actions and follow-up for all positive microbial test results

VIII. Production and Process Controls

To minimize the potential for the growth of microorganisms and for the contamination of fresh-cut produce, FDA recommends that control measures be in place to prepare, process, package, and store the product.

A. Product Specifications

We recommend that food processors consider developing specifications and controls for all ingredients and components (including raw fruits and vegetables, packaging materials, and gases) that are necessary for production of safe finished product. Specifications provide standards by which a food

processor can assess the acceptability of ingredients and components and thus, minimize microbial, chemical, and physical hazards. We recommend, for example, that the fresh-cut processor know as much as possible about the production practices and conditions for the firm's incoming product. The "Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards in Fresh Fruits and Vegetables" (Ref .15) provides useful guidance when reviewing primary production practices.

B. Receipt and Inspection of Ingredients

Opportunities for contamination of fresh produce occur from the field to the processing facility. Loading, transporting, and unloading produce may introduce contaminants. Damaged produce, soil, debris, and pests may all arrive with the produce when it is delivered to the facility. To help ensure the quality of incoming fresh produce, we recommend that the processor carefully inspect the produce upon receipt at the processing facility. We also recommend the following practices:

- Transporting the produce from the field to the processing, packing, or cooling facility as soon as practical after harvest
- Inspecting delivery vehicles carrying fresh produce and other components of the finished product, e.g., cartons, packaging materials, for cleanliness
- Visually inspecting incoming fresh produce for damage, filth, and infestation according to a predetermined sampling plan and rejecting products that do not meet established specifications
- Removing all damaged, moldy, or decomposed product and extraneous matter (such as metal or other foreign material) from in-coming raw ingredients to a designated area
- Retaining information about all incoming ingredients, such as the identity of the grower or supplier, date of harvest, the field, and linking the information on the incoming product with the operation's

production records (e.g., when processed, date, shift) for finished product

- This information will be useful in the event a traceback is conducted. See section X in this guide for more information on tracebacks.

C. Specific Processing Steps

1. Preparation for Processing

Appropriate preprocessing of incoming produce can help minimize microbial, chemical, and physical hazards. We recommend that fresh-cut produce processors consider the following activities to help minimize microbial, chemical, and physical hazards in in-coming produce:

- Inspecting fresh produce throughout the processing stream for field contaminants that may not have been noticed during the incoming produce inspection
- Removing from the processing stream damaged or decomposed produce, extraneous matter, and produce that appears to be contaminated by animal feces, fuel, machine grease, or oil
- Removing as much dirt as possible from incoming produce
- We recommend, when appropriate, washing incoming RACs prior to further processing (such as cutting or chopping) to reduce the overall potential for microbial contamination from the surface of intact fruits and vegetables.

2. Processing Water

Water is used extensively in almost all aspects of processing fresh-cut fruits and vegetables, including during cooling, washing, and conveying of produce. Although water may be a useful tool for reducing potential contamination, it may also introduce or spread contaminants. When used for washing, cooling, rinsing, or conveying food, we recommend that water comply with applicable

Federal, State, and local requirements.

In a fresh-cut processing operation, water quality changes as the water is used and, thus, maintaining the quality of processing water should be considered. Reusing processing water may present a risk of new or increased number of microbial populations, including human pathogens.

We recommend the following practices:

- Where water is reused in a series of processes, arranging water flow to be counter to the movement of produce through different operations, with the result that as produce is further processed, it is exposed to the cleanest water
- Monitoring and treating processing water for level of disinfectant chemical to ensure the water is maintained in a condition suitable for the application (e.g., washing, cooling, or transporting) and does not become a source of microbial contamination
- Routinely inspecting and maintaining equipment designed to assist in maintaining water quality, such as chlorine injectors, filtration systems, and backflow devices, to ensure efficient operation
- We recommend that ice used on fresh or fresh-cut produce be included in routine water quality testing.

a. Maintaining Water Quality

When used appropriately with adequate quality water, antimicrobial chemicals help minimize the potential for microbial contamination of processing water and subsequent cross contamination of the product. The effectiveness of an antimicrobial agent, as well as the amount that should be used, depends on the treatment conditions, such as water temperature, acidity [pH], water hardness, contact time, amount and rate of product throughput, type of product, water to product ratio, amount of organic material, and the resistance of pathogens to the particular antimicrobial agent. For example, the antimicrobial activity of a chlorine-based disinfectant depends on the amount of hypochlorous acid (also

called "free chlorine") present in the water. The amount of hypochlorous acid in the water depends upon the pH of the water, the amount of organic material in the water, and, to some extent, the temperature of the water. If the amount of hypochlorous acid is not maintained when the amount of organic material increases, the antimicrobial agent may lose effectiveness in maintaining water quality. If a fresh-cut processor uses a chlorine containing compound as a disinfectant, we recommend that the processor monitor the processing water for free chlorine or hypochlorous acid concentrations. As another example, the measurement of Oxidation-Reduction Potential (ORP) is used as an indicator of the activity of any antimicrobial agent that is an oxidizer and as a measure of the agent's effectiveness during processing. Variables that affect antimicrobial activity during processing directly affect the ORP value and may also be used to determine the effectiveness of these oxidizers such as hypochlorous acid, hypobromous acid, chlorine dioxide, ozone, and peroxides.

We recommend that fresh-cut processors consider options for maintaining the quality of water most appropriate for their individual operations. Producers may wish to contact a local agricultural extension agent, their chemical supplier, or a food safety consultant for help in deciding what water treatment chemicals to use. In addition, processors may refer to 21 CFR 173.315, "Chemicals used in washing or to assist in the peeling of fruits and vegetables," for additional information about chemicals approved for use in wash water.

We recommend that fresh-cut processors also consider the following regarding water quality maintenance:

- Following the manufacturer's directions for correct mixing of antimicrobial agents to obtain effective concentrations and to minimize safety hazards
- Manufacturers' suggested or allowable levels of antimicrobial chemicals in wash water should not be exceeded.

- Monitoring disinfectant levels frequently in water used for various processing operations to ensure appropriate concentrations are maintained
- Test strips or test kits may be useful for monitoring some disinfectant levels.
- Minimizing the build up of organic material in wash water
- For some operations, filtering recirculating water or using a net to scoop plant material or other debris from tanks may help reduce the build up of organic material.
- Following contact between produce and processing water containing antimicrobial chemicals with a clean water rinse of adequate quality to remove any treatment residues where appropriate and consistent with the manufacturer's directions

b. Washing Fresh Produce

Prior to arriving at the processing facility, RACs may be washed in the field or in a place such as a cooling facility. RACs may also go directly from the field to the processing facility to be washed after receipt. Regardless of where the initial washing of the produce takes place, washing produce can reduce the overall potential for microbial food safety hazards because most microbial contamination is on the surface of the produce. If pathogens are not removed, inactivated, or otherwise controlled at this initial stage, they can potentially spread the contamination to additional produce during processing. Washing RACs before any processing of the produce occurs may reduce potential surface contamination. However, washing, even with disinfectants, can only reduce, not eliminate, pathogens, if present. Washing has little or no effect on pathogens that have been internalized in the produce.

A number of post harvest processes, such as hydrocooling, use of dump tanks, and flume transport utilize a high degree of water-to-produce contact. We recommend that fresh-cut processors use practices to maximize the cleaning

potential during these processes and to minimize the potential for cross-contamination.

We recommend the following practices:

- Using a series of washes, if appropriate
- For some operations, a series of washes may be more effective than a single wash. An initial wash treatment may be used to remove the bulk of field soil from produce followed by an additional wash or washes containing an antimicrobial chemical.
- Using appropriate wash methods
- Vigorous washing of produce not easily bruised or injured increases the likelihood of pathogen removal. Different methods may be used to wash different types of produce, including submersion, spray, or both. Regardless of the method used, maintaining the quality of the wash water (see section 2.a. above) is important in order to minimize the potential for contamination.
- Maintaining the efficacy of wash treatments
- Using wash water of an appropriate temperature
- Produce is susceptible to infiltration of wash water if warm produce is placed in water that is cooler than the produce. Such infiltration occurs when the temperature difference creates a pressure differential causing air spaces inside the fruit or vegetable to contract, thereby allowing water to be pulled into the fruit or vegetable. If pathogens are present in the cooling/wash water, they may infiltrate the produce, and subsequent washing will not reduce levels of these pathogens (Refs. 6, 14). Therefore, water used for washing or cooling produce should contain sufficient levels of disinfectant to reduce the potential for pathogens to persist in such water. When it is not practical to reduce the temperature differential between the wash/cooling water and the produce, it is especially important that

processors follow practices to minimize pathogens in the water or on the surface of produce. Such practices may include using antimicrobial chemicals in the wash water or using spray type wash treatments instead of submerging produce. Alternatively, produce may be cooled by means other than hydrocooling and then washed with water that is warmer than the produce.

3. Precooling and Cold Storage

Sanitary cold storage of RACs and fresh-cut produce is important to reduce the risk of microbial contamination and potential for subsequent growth. However, most current temperature recommendations for both whole and fresh produce are based on temperatures that maintain quality attributes.⁽⁸⁾

Although we recognize that more research needs to be done to identify the types of whole and fresh-cut produce that will support the growth of human pathogens and the temperatures at which this pathogen growth will occur, certain practices can reduce the potential for pathogen growth and contamination during precooling and cold storage. We recommend the following practices to reduce this risk:

- Holding RACs and fresh-cut produce at appropriate cold storage temperatures to reduce the potential for microbial growth
- Preventing condensate and defrost water from evaporator-type cooling systems (e.g., vacuum cooling, cold storage) from dripping onto fresh and fresh-cut produce
- Designing and maintaining forced air cooling to avoid contaminating fresh produce
- In most instances, vacuum cooling or use of fans poses the lowest risk of microbial contamination
- Holding cut melons and any other fresh-cut product determined to need temperature control for safety at $\leq 41^{\circ}$ F ($\leq 5^{\circ}$ C)
- Locating temperature monitoring devices in the warm area of the

refrigerator unit (e.g., near the door) and calibrating them on a regular basis

- Inspecting all refrigeration units on a regular basis and keeping them in good operating condition
- Storing similar commodities together (unprocessed product next to unprocessed product and finished product next to finished product) to avoid cross-contamination
- Using an appropriate inventory system to ensure first in first out (FIFO) use and FIFO shipment of raw materials and finished products

4. Washing Fresh-cut Produce: Post-processing Controls

Final washing of fresh produce after cutting, slicing, shredding, and similar fresh-cut processes helps remove some of the cellular fluids that could serve as nutrients for microbial growth. Monitoring the quality of water used in such operations and replacing it at an appropriate frequency as indicated by such monitoring may help prevent the build up of organic material in the water and reduce or prevent cross-contamination of processed produce. We have the following additional recommendations for use after the final wash of processed produce:

- Where appropriate for the product, removing as much excess water as possible from processed produce through draining methods such as spin drying
- Keeping containers used to hold produce (e.g., spin baskets) from direct contact with the floor and away from containers that have had direct contact with the floor (e.g., in cold storage)

D. Packaging

Anything that touches fresh-cut produce has the potential to contaminate it, including the materials used in packaging the finished product.

We recommend the following practices:

- Maintaining an effective system to prevent the use of contaminated, damaged, or defective cartons and totes in order to prevent microbial contamination of the fresh-cut produce during packing operations
- Overseeing incoming materials and gases used in packaging to confirm that they are not damaged or defective and are in appropriate working order
- Rejecting packaging materials that are damaged or contaminated
- Determining the appropriate gas mixtures for products
- Using containers and cartons for their intended purpose only. For example, we recommend against using a carton designated for holding fresh-cut produce to hold tools.
- Storing packaging containers and other packaging materials in a manner so as to protect them from contamination, such as away from pests, dirt, cleaning chemicals, and water condensation from overhead equipment and structures
- Maintaining a program to identify and correct situations where damage to containers may potentially occur
- Labeling all finished fresh-cut produce products with recommended storage instructions (e.g., "Keep Refrigerated") or storage temperature to inform all persons handling the product of the recommended storage conditions

1. Modified Atmosphere Packaging (MAP)

Some packaging controls used for fresh-cut produce affect the environment within the package by reducing the levels of oxygen. Low oxygen levels help maintain the quality of fresh produce and extend shelf-life by slowing respiration and senescence in plant tissues. Oxygen can be reduced passively by using gas permeable films in packaging that result in the natural development of the desired atmosphere; the desired atmosphere is a consequence of the products' respiration as gas diffuses through the film (Ref.

6). Oxygen can also be reduced actively by displacing the mixture of gases in a package with a gas mixture that has a low concentration of oxygen (1-5%). Microorganisms respond differently to the surrounding gases depending on their tolerance. While reduced oxygen and elevated carbon dioxide retard the growth of spoilage microorganisms such as *Pseudomonas spp.*, the same gas conditions may provide growth opportunities for pathogenic microorganisms. At extremely low oxygen levels (< 1%), anaerobic respiration can occur, resulting in tissue destruction that affects product quality and creating the potential for growth of foodborne pathogens such as *Clostridium botulinum* (Ref. 6). It is generally believed, however, that fresh-cut produce will spoil before the toxin becomes a concern (Ref. 6). Non-pathogenic aerobic and facultative microorganisms are present at the time of packaging and persist after packaging.

MAP is only effective in extending shelf-life if used in conjunction with good refrigeration. Elevated temperatures can promote the growth of spoilage organisms and pathogens that may be present. Thus, we recommend that food processors using MAP adhere to strict temperature controls and appropriate shelf-life parameters. Because refrigeration temperatures may not be maintained during distribution of the products or while they are held by retailers or consumers, we also recommend that controls be in place to either prevent increases in temperature, as feasible, or to alert the processor, retailer, or consumer that the product may not be safe to consume. Processors may wish to consider providing product handling guidelines on temperature control and washing to the distributor, retailer, and consumer. Another potential source of contamination of fresh cut produce packed in MAP occurs when the gases, equipment, or packaging materials are not properly maintained. As with any type of packaging, we recommend that controls be put in place to ensure that the process of packaging the product and the packaging materials themselves do not cause the product to become contaminated.

2. Shelf-life

Fresh-cut fruits and vegetables can cause illness due to contamination with a variety of microorganisms because these products do not undergo any processing to ensure the total elimination of microorganisms that might be present. Some packaging and storage techniques for fresh-cut produce (e.g., MAP, refrigerated storage) may slow the rate of physical deterioration by slowing respiration of the produce. However, if packaging and storage are not properly controlled, pathogens may grow to levels that could render the product unsafe for human consumption. The rate of respiration of fresh produce is inversely related to product shelf-life, which means that a higher respiration rate decreases shelf-life (Ref. 6). Fresh fruits and vegetables that have been cut or otherwise physically altered will have increased respiration, and thus, a shorter shelf-life. To address the risks of increased respiration, we recommend the following practices:

- Communicating (through product labeling) that the consumer should refrigerate the product to prevent product spoilage and the potential for growth of pathogens
- Ensuring that any "use by" date on the product package is validated by studies of the product with respect to microbiological safety

We recommend that records of these data and studies be maintained to document the reliability of the "use by" labeling.

E. Transportation and Storage

We recommend that finished fresh-cut product be stored and transported under conditions that will protect the food against physical, chemical, and microbiological contamination. We recommend, if feasible, that raw whole produce not be stored with finished product and finished product be transported in clean, sanitary vehicles. We also recommend the following practices:

- Keeping finished products refrigerated at temperatures appropriate for

the product during storage, transportation, and display for sale to minimize the potential for growth of microbial pathogens

- Equipping refrigerated transportation vehicles and storage rooms with accurate temperature measuring devices, preferably including a temperature recording function
- If a recording temperature device is not used, we recommend that a min/max thermometer, i.e., a thermometer that shows the range of temperatures attained over a set time period, be used.
- Shipping fresh-cut produce products on a FIFO basis to minimize storage time
- Ensuring that the equipment in refrigeration vehicles is designed to circulate cold air uniformly throughout the vehicle while taking the load layout into consideration
- Placing fresh-cut produce products in storage facilities and transportation vehicles in a manner that allows for proper air circulation
- Transporting and storing fresh-cut produce products in vehicles and containers that are dedicated to carrying food products and have been treated by a process that is effective in destroying vegetative cells of microorganisms of public health significance
- Inspecting transportation vehicles and containers for debris, soil, and off-odors prior to loading to increase their suitability for transporting fresh-cut produce
- Loading and unloading fresh-cut produce in a manner that minimizes the potential for damage and for microbial contamination

IX. Documentation and Records

We recommend as a general practice that food processors maintain records sufficient to reflect important product information and practices. Such documentation can be helpful to the processor in several ways. First, such records help ensure consistency of processing operations and end-product

quality and safety. They are more reliable than human memory, and they are a useful tool to identify operational areas where inconsistencies occur and further employee training may be needed. Second, maintaining adequate documentation and records of processing operations is important if a traceback investigation of product is ever needed. We recommend that records be retained at the processing plant for at least six months after the date that the products were prepared unless a longer retention time is required under a relevant law or regulation. Records are most useful when they begin by including the date and time, name of person(s) who completed the record, and the activity or production station being recorded.

Records that may be kept for most food processing operations include the following:

- Water quality and supply records
- Water treatment and monitoring records
- Employee training records
- Temperature control records
- Equipment monitoring and maintenance records
- Calibration records
- Sanitation records
- Product processing batch records
- Corrective action records
- Pest control records
- Distribution records
- Inspection records (e.g., incoming product, facility, production area)
- Microbiological contamination records (e.g., food contact surfaces, equipment)

X. Traceback and Recall

Traceback is the process of tracking food items, such as fresh-cut produce,

back to their source (growers, packers, processor, field and when harvested). The ability to identify the source of a product can serve as an important complement to food safety programs intended to prevent the occurrence of microbial contamination. Information gained from a traceback investigation may also be useful in limiting the impact of an outbreak of foodborne illness and in identifying and eliminating conditions that may have resulted in the produce becoming contaminated. We recommend that fresh-cut processors establish and maintain written traceback procedures to respond to food safety hazard problems when they arise.

We also recommend that fresh-cut processors establish and maintain a current written contingency plan for use in initiating and carrying out a recall. Having procedures in place will enable the recall of any lot of product that may have been implicated in an outbreak or that tested positive for a pathogen and help provide detailed information to assist the investigation of any foodborne illness associated with the product. Recall procedures usually include the name of the contact persons responsible at all times; the roles and responsibilities for the coordination of a recall; the methods to identify (e.g., use of lot codes), locate, and control recalled products; requirements to investigate other possibly affected products which could subsequently be included in the recall; and procedures for monitoring the effectiveness of the recall.

Because a recall may extend to more than one lot of product, we recommend that processors develop a coding system to help identify incoming product sources, individual production lots and to whom each lot is distributed. Use of package and date codes can help link product packages with production times, equipment, and raw ingredient sources and may facilitate recovery of products during a recall.

In the event of a firm-initiated recall, if a firm believes its product is adulterated or otherwise violates the Act, we request that the firm immediately notify the appropriate FDA district office in the state where the processing facility is located. District office locations are provided in 21 CFR 5.115. (See

Appendix A for information to include in the notification.)

Produce growers and packers, fresh-cut produce processors, and shippers are encouraged to work with their partners in growing, transporting, distributing, packing, and processing, and with retail sectors to develop technologies that allow identification of fresh-cut produce from the grower to your operation, to the retailer, and to the consumer.

XI. Additional Information

The following are additional resources for information on how to handle food products safely.

On the web:

1. [FDA/Center for Food Safety and Applied Nutrition](#)
2. [Fight BAC!®](#)
3. [Gateway to Government Food Safety Information](#)
4. [Centers for Disease Control and Prevention](#) (CDC)
5. [USDA/Food Safety and Inspection Service](#) (FSIS)
6. [NACMCF HACCP guidelines](#)

Other resources:

7. Ednet: a monthly electronic newsletter for food safety educators. To subscribe, send an email message to Listserv@foodsafety.gov. Send the message: Subscribe EDNET-L first name last name.
8. [FDA's Outreach and Information Center](#): 1.888.SAFEFOOD
9. Code of Hygienic Practices for Fresh Fruits and Vegetables (CAC/RCP 53-2003)
10. General Principles of Food Hygiene (CAC/RCP 1-1969, Rev. 4-2003)

XII. References

1. U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Department of Agriculture, [*Dietary Guidelines for Americans 2005*](#), January 2005. (accessed 2/27/07).
2. U.S. Department of Agriculture and Centers for Disease Control and Prevention, "[MyPyramid](#)," April 2005. (accessed 2/27/07).
3. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, [U.S. per Capita Food Consumption of Fruits and Vegetables, 2005](#). Click on "Food Availability," then "Custom Queries," and then choose "fruits and vegetables" as the commodity group to begin the query. (accessed 2/27/07)
4. Produce Marketing Association, "Fresh-cut Produce Industry" fact sheet, 2006. See web site at <http://www.pma.com/>. Click on "Member Resources", "Information Resource Center", and then "Fact Sheets" (membership required; accessed 2/9/07)
5. U.S. Food and Drug Administration (FDA), 1996–2006 Produce Outbreaks (unpublished data).
6. Institute of Food Technologists and FDA. "[Analysis and Evaluation of Preventative Control Measures for the Control and Reduction/Elimination of Microbial Hazards on Fresh and Fresh-Cut Produce](#)." September 2001. (accessed 2/27/09)
7. Mead, P.S., Slutsker, L., Dietz, C., et al. 2000. Food-Related Illness and Death in the United States. *Journal of Environmental Health*. 62(March): 9–18.
8. Allos, B.M., Moore, M.R., Griffin, P.M., and Tauxe, R.V. 2004. Surveillance for Sporadic Foodborne Disease in the 21st Century: The FoodNet Perspective. *Clinical Infectious Disease*. 38(Suppl 3): S115–120.
9. Lampel, K.A., Orlandi, P.A., and Kornegay, L. 2000. Improved Template Preparations for PCR-Based Assays for Detection of Food-Borne Bacterial Pathogens. *Applied and Environmental Microbiology*. 66(10): 4539–4542.

10. Sivapalasingam, S., Friedman, C.R., Cohen, L., and Tauxe, R.V. 2004. Fresh Produce: A Growing Cause of Outbreaks of Foodborne Illness in the United States, 1973 through 1997. *Journal of Food Protection*. 67(10): 2342-2353.
11. Tauxe, R.V. 2002. Emerging Foodborne Pathogens. *International Journal of Food Microbiology*. 78 (2002) 31-41.
12. Trevejo, R.T, Courtney, J.G., Starr, M., Vugia, D.J. 2003. Epidemiology of Salmonellosis in California, 1990 - 1999: Morbidity, Mortality, and Hospitalization Costs. *American Journal of Epidemiology*. 2003:157:48-57.
13. FDA, "[Reducing Microbial Food Safety Hazards for Sprouted Seeds](#)," 1999. (accessed 2/28/07)
14. FDA, "[Sampling and Microbial Testing of Spent Irrigation Water During Sprout Production](#)," 1999. (accessed 2/28/07).
15. FDA, U.S. Department of Agriculture, and the Centers for Disease Control and Prevention, "[Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards in Fresh Fruits and Vegetables](#)," October 1998. (accessed 2/28/07).
16. FDA, Center for Food Safety and Applied Nutrition; U.S. Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service; and Centers for Disease Control and Prevention. [Quantitative Assessment of Relative Risk to Public Health from Foodborne *Listeria monocytogenes* Among Selected Categories of Ready-to-eat Foods](#). September 2003. (accessed 2/28/07).
17. FDA, Center for Food Safety and Applied Nutrition, "[Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook \(Bad Bug Book\)](#)," January 2001. (accessed 2/28/07).
18. FDA and the Centers for Disease Control and Prevention, "[Reducing the Risk of *Listeria monocytogenes*, FDA/CDC 2003 Update of the *Listeria* Action Plan](#)," November 2003. (accessed 2/28/07).

Appendices

- A. Notifying FDA of a Recall
- B. Foodborne Pathogens Associated with Fresh Fruits and Vegetables
- C. Pathogens Often Transmitted by Food That Has Been Contaminated by Infected Employees
- D. Sources of Microbial Contamination
- E. Potential Sources of Microbial Contamination
- F. Examples of Scenarios That May Cause Microbial Contamination of the Product
- G. An Example of Product/Personnel Flow Patterns in a Fresh-cut Processing Plant

Appendix A

Notifying FDA of a Recall

In the event of a firm-initiated recall, if a firm believes its product is adulterated or otherwise violates the Act, we request that the firm immediately notify the appropriate FDA district office and that the notification include:

- the identity of the product involved (i.e., an adequate description of the type of food to include brand name and specific variety, date of releasing the food, the lot or code number or other identifier of the implicated product, the quantity and how the food is packaged);
- the reason for the recall and the date and circumstances under which the product deficiency or possible deficiency was discovered;
- an evaluation of the risk associated with the product;
- the total amount of implicated product units processed and the time span of processing;
- the total amount of product in inventory and the total amount of product distributed; the distribution information including the number

of direct accounts and, where necessary, the identity of the direct accounts;

- a copy of the firm's recall communication, if any has issued, or the proposed communication if none has issued; the proposed strategy for conducting the recall; and
- the name and telephone number of the firm official who should be contacted concerning the recall

For further FDA guidance on recalls, see 21 CFR sections 7.40-7.59.

Appendix B

Foodborne Pathogens Associated with Fresh Fruits and Vegetables

The U.S. Public Health Service has identified a number of microorganisms associated with foodborne illness that are notable either because of the severity or because of the prevalence of the illness they cause. Foodborne microbial pathogens associated with the consumption of fresh fruits and vegetables include *Cyclospora cayetanensis*, *Escherichia coli* O157:H7, hepatitis A virus, *Listeria monocytogenes*, Norovirus, *Salmonella* spp., and *Shigella* spp.⁽⁹⁾

- **Cyclospora** infections (cyclosporiasis) are caused by the protozoan *Cyclospora cayetanensis*. The infections are spread by ingestion of food or water contaminated with infected stool. Direct person-to-person transmission is unlikely because excreted oocysts require days to weeks under favorable environmental conditions to become infectious (i.e., sporulate). The natural host for this parasite has not been identified; however, contaminated water used for irrigation and pesticide application and poor worker hygiene have been suggested as the most likely routes of contamination. The infection (cyclosporiasis) is commonly characterized by watery diarrhea, loss of appetite, weight loss, abdominal bloating and cramping, low-grade fever, nausea, vomiting, and fatigue. Relapses

and asymptomatic infections can occur. Outbreaks of cyclosporiasis have been linked to fresh raspberries, mesclun lettuce, and basil or basil-containing products. (For more information: *Bad Bug Book*, [Cyclospora cayetanensis](#))

- ***E. coli* O157:H7** is a bacterium and one of the enterovirulent strains of *Escherichia coli*. Most *E. coli* strains are nonpathogenic, found in the intestines of all animals, including humans, and function by suppressing harmful bacterial growth. However, there are a minority of strains such as serotype O157:H7 that may cause human illness. *E. coli* O157:H7 is a life-threatening bacterium that produces large quantities of potent toxins that can cause severe damage to the lining of the intestines. Human illness associated with *E. coli* O157:H7 infection may include nonbloody diarrhea, hemorrhagic colitis, hemolytic uremic syndrome (HUS), or thrombotic thrombocytopenic purpura (TTP). Hemorrhagic colitis progresses from abdominal cramps to nonbloody diarrhea to bloody diarrhea. HUS largely affects young children and is the leading cause of acute renal failure in children. TTP is a rare syndrome of *E. coli* O157:H7 infection, which largely affects adults and resembles HUS histology. *E. coli* O157:H7 outbreaks have been associated with meat (especially undercooked or raw hamburger), fresh produce, raw milk, unpasteurized apple juice, coleslaw, and contaminated water (For more information: *Bad Bug Book*, [Escherichia coli](#)).
- **Hepatitis A virus** may cause a serious, and sometimes fatal, disease. Hepatitis attributed to hepatitis A virus is characterized by sudden onset of fever, malaise, nausea, anorexia, and abdominal discomfort, followed in several days by jaundice. Hepatitis A virus is excreted in fecal material and is transmitted by the fecal-oral route, which include consumption of contaminated food. The most common food sources of Hepatitis A are shellfish and salads, but it may also be transmitted through drinking water. (For more information: *Bad*

Bug Book, [Hepatitis A Virus](#))

- ***Listeria monocytogenes***⁽¹⁰⁾ is a bacterium that causes listeriosis, a serious disease in pregnant women, the elderly, and those with weakened immune systems. *L. monocytogenes* is widespread in the environment (i.e., in soil, water, and decaying vegetation) and has been isolated from domestic animals, humans, raw produce, food processing environments (particularly cool damp areas), and home refrigerators. Outbreaks of listeriosis in the United States have been associated with the consumption of hot dogs, deli or luncheon meats, pate, salami, Mexican-style soft cheeses and butter made with raw milk, and raw vegetables (Ref. 16). (For more information: "[Quantitative Assessment of Relative Risk to Public Health from Foodborne *Listeria monocytogenes* Among Selected Categories of Ready-to-Eat Foods](#)")
- **Noroviruses** are a group of related, single-stranded RNA, nonenveloped viruses that cause acute gastroenteritis in humans. Norovirus was recently approved as the official genus name for the group of viruses provisionally described as "Norwalk-like viruses." Norovirus is transmitted by the fecal-oral route most commonly via contaminated water or contaminated foods. Shellfish and salad ingredients are the foods most often implicated in norovirus outbreaks. (For more information: *Bad Bug Book*, [The Norwalk virus family](#) and *CDC*, [Noroviruses](#))
- **Salmonella** is the second most common cause of foodborne illness (salmonellosis) in the United States and is responsible for millions of cases of illness each year. Typical symptoms of salmonellosis are nausea, vomiting, abdominal cramps, fever, mild diarrhea, and headache; these symptoms usually last 6-48 hours. Salmonella outbreaks have been associated with the consumption of raw and undercooked eggs, undercooked poultry and meat, dairy products made with unpasteurized milk, shrimp, fresh produce, and

unpasteurized fruit juice. (For more information: *Bad Bug Book*, [Salmonella spp.](#))

- ***Shigella* spp.** Humans are a natural reservoir for *Shigella* spp. The primary means of transmission of the shigella organism is by the fecal-oral route. Most cases of infection by shigella (shigellosis) are attributed to the ingestion of food or water contaminated with fecal matter. Contamination has often been associated with poor personal hygiene of food workers. Typical symptoms include abdominal pain, cramps, diarrhea, fever, vomiting, and blood, pus, or mucus in stools. Shigellosis outbreaks have been associated with shredded lettuce, potato salad, green onions, parsley, cheese, seafood, and poultry (Ref. 19). (For more information: *Bad Bug Book*, [Shigella spp.](#))

Appendix C

Pathogens Often Transmitted by Food that Has Been Contaminated by Infected Employees*

A wide range of communicable diseases may be transmitted by infected employees to consumers through contaminated food or food utensils. We recommend that fresh-cut produce firms establish an ongoing program to identify employees who present a risk of transmitting foodborne pathogens to fresh produce or to other employees. Below is a list of the most common pathogens that may be transmitted through food and their associated symptoms.

Pathogen	Symptoms
1. Hepatitis A virus	fever, jaundice
2. <i>Salmonella typhi</i>	fever
3. <i>Shigella</i> species	diarrhea, fever, vomiting
4. Norwalk and Norwalk-like viruses	diarrhea, fever, vomiting

5. *Staphylococcus aureus*

diarrhea, vomiting

Diarrhea, fever, and vomiting are also symptoms of several other pathogens that could be transmitted by food contaminated by infected employees.

Please refer to the [CDC web site](#) for further information on foodborne diseases, pathogens, and toxins: *.

Appendix D

- **Ingredients**
 - Raw produce
 - Fresh-cut produce
- **Packaging materials**
 - Containers, films, lids, trays
- **Processing aids**
 - Compressed air
 - Untreated or inadequately treated wash water
 - Ice
 - Reused processing water
- **Facility environment**
 - Ceilings, overhead structures, catwalks
 - Rubber seals around doors (especially coolers)
 - Drains
 - Walls
 - Standing water
 - Wet insulation in walls or around pipes and cooling units
 - Condensate
 - Vacuum cleaner contents
 - Hand washing areas (sinks) and restrooms
- **Food contact surfaces**
 - Fibrous or porous type conveyor belts
 - Filling or packaging equipment
 - Equipment cleaning tools
 - Slicers, dicers, shredders, blenders,
 - Belts, peelers, collators
 - Containers, bins, tubs, or baskets
 - Hands, gloves, and outerwear
 - Ice makers
 - Utensils
- **Nonfood-contact surfaces**

- In-floor weighing equipment
- Hollow rollers for conveyors
- Trash cans and other such ancillary items
- Visible bearings within equipment
- Condensate drip pans
- Maintenance tools (wrenches, screw drivers, etc.)
- On/off switches
- Cracked hoses
- Equipment framework
- Wet rusting or hollow framework
- Poorly maintained compressed air filters
- Motor housing
- Forklifts, hand trucks, trolleys, racks
- Vacuum cleaners and floor scrubbers

- Figure 5. Potential sources of microbial contamination

1. A processing line is moved or modified significantly.
2. Used equipment is brought in from storage or another plant and installed into the process flow.
3. An equipment breakdown occurs.
4. Construction or major modifications are made to a fresh-cut produce processing area (e.g., replacing refrigeration units or floors, replacing or building walls, modifications to sewer lines).
5. An employee unfamiliar with the operation and microbial controls has been hired or assigned to work or clean equipment in the processing areas.
6. Personnel who handle fresh produce and fresh-cut produce touch surfaces or equipment that are likely to be contaminated (e.g., floor, trash cans) and do not change gloves or follow other recommended procedures before handling product.
7. Periods of heavy production make it difficult to change processing water or clean food contact surfaces at the facility as scheduled.
8. A drain backs up.
9. Product is caught or hung up on equipment for an extended period and is not removed during equipment clean-up. Microorganisms may grow in stagnant product and can be a major source of contamination during production. FDA recommends that equipment be modified to eliminate areas where product stops moving along or through a processing line and cannot be readily removed during cleaning.
10. There are frequent product changes on a packaging line which necessitate changing packaging film, labels, forming pockets or molds, line speeds,

- etc.
11. Personnel are used interchangeably for handling unprocessed produce and finished fresh-cut product.
 12. There is increased production requiring wet cleaning of down lines in the same room as lines running product.
 13. Equipment parts, tubs, screens, etc. are cleaned on the floor.
 14. Waste bins in the processing areas are not properly maintained, cleaned, and sanitized. Personnel handling product may come into contact with these items and then contaminate product and/or product contact surfaces.

Figure 6. Examples of Scenarios That May Cause Microbial Contamination of the Product

Appendix E

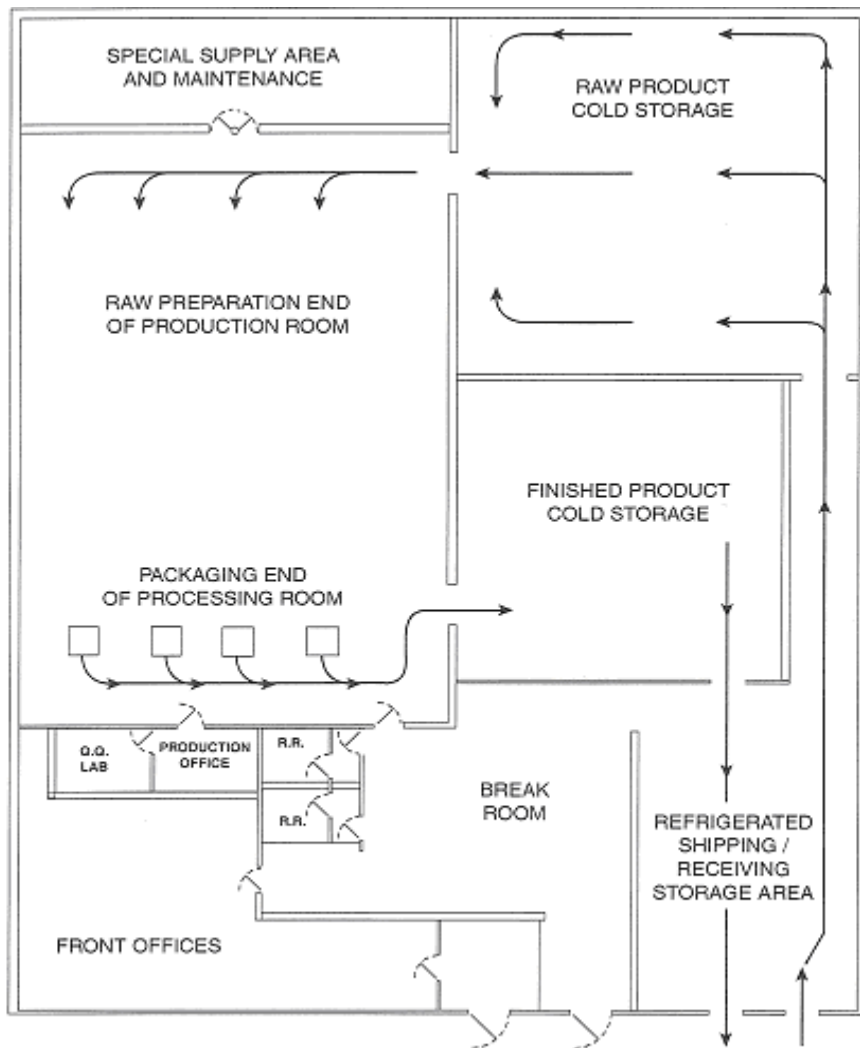


Figure 7. An Example of Product/Personnel Flow Patterns in a Fresh-cut Processing Plant ⁽¹¹⁾

Notes:

- ⁽¹⁾ This guidance has been prepared by the Center for Food Safety and Applied Nutrition (CFSAN) at the U.S. Food and Drug Administration.
- ⁽²⁾ Fresh sprouts are raw agricultural commodities and thus, their production is not governed by 21 CFR Part 110. FDA does, however, recommend that sprouting firms employ current good manufacturing practices. Also, FDA has published specific guidance for the production of sprouts. We recommend that producers of sprouts refer to this guidance, "[Reducing Microbial Food Safety Hazards for Sprouted Seeds](#)" (Ref. 13) and "[Guidance for Industry: Sampling and Microbial Testing of Spent Irrigation Water During Sprout Production](#)" (Ref. 14).
- ⁽³⁾ For information regarding re-washing of fresh-cut produce, California Department of Health Services Food and Drug Branch "Recommendations from Fresh-cut Produce Re-wash Panel, April 4, 2006." (available in [PDF](#)).
- ⁽⁴⁾ A copy of the [CGMPs in 21 CFR Part 110](#) may be accessed on the internet.
- ⁽⁵⁾ United Fresh Produce Association: <http://www.unitedfresh.org/>.
- ⁽⁶⁾ Used with permission from the United Fresh Produce Association (UFGA), *Food Safety Guidelines for the Fresh-cut Produce Industry*, 4th Edition, 2001.
- ⁽⁷⁾ Also, as noted previously in section V.B.3., we recommend that employees be trained to avoid use of high-pressure water hoses to clean floors, walls, and equipment in the processing and packaging areas during production or after production equipment has been cleaned. This practice will help prevent aerosols from contacting processing equipment and food-contact surfaces, product, or packaging materials.
- ⁽⁸⁾ An exception is Chapter 1 of the [FDA Food Code](#) (2005), which defines potentially hazardous food (PHF) and identifies specific fresh produce (among other foods) that is considered PHF and therefore requires refrigeration at 41°F. Cut melons are considered a PHF.

⁽⁹⁾ More information about these and other microbiological pathogens can be found in [FDA's Bad Bug Book](#). See Ref. 17.

⁽¹⁰⁾ For additional information, FDA, the Centers for Disease Control and Prevention, and the U.S. Department of Agriculture (USDA) have developed a [Listeria Action Plan](#) (Ref. 18) and a [Listeria risk assessment](#) (Ref. 16).

⁽¹¹⁾ Used with permission from UFPA, *Food Safety Guidelines for the Fresh-cut Produce Industry*, 4th Edition, 2001.

[Federal Register Notice of Availability](#) March 13, 2007

[Guidance Documents](#) | [Produce Safety](#)

[CFSAN Home](#) | [CFSAN Search/Subject Index](#) | [CFSAN Disclaimers & Privacy Policy](#) | [CFSAN Accessibility/Help](#)
[FDA Home Page](#) | [Search FDA Site](#) | [FDA A-Z Index](#) | [Contact FDA](#)

FDA/Center for Food Safety & Applied Nutrition

Hypertext updated by [cjm/dms](#) March 12, 2007

Available from <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/prodgui3.html>