

완결과제 최종보고서

일반과제(○), 보안과제()

(과제번호 : PJ010502)

수출입 대응 신선편이 농산물의 유통기한 설정 및 선도유지 기술 연구

Development of technologies for maintaining freshness and setting of shelf-life in
fresh-cut vegetables facilitating export and import potentials

국립원예특작과학원

연구수행기간

2014. 4. 1. ~ 2016. 12. 31.

농촌진흥청

제 출 문

농촌진흥청장 귀하

본 보고서를 “수출입 대응 신선편이 농산물의 유통기한 설정 및 선도유지 기술 연구”
(개발기간 : 2014.04.01.~2016.12.31.) 과제의 보고서로 제출합니다.

제1세부연구과제 : 신선편이 농산물의 유통기한(shelf-life) 설정 연구

제2세부연구과제 : 수출입 대응 조리용 신선편이 농산물의 유통기한 연장기술 개발

제1협동연구과제 : 나노기술 적용 신선편이 농산물의 선도유지 소재 개발

제2협동연구과제 : 신선편이 농산물의 품목별 유통형태 조사 및 상품성 향상 연구

2017. 2. 28.

제1세부 연구기관명 : 국립원예특작과학원

제1세부 연구책임자 : 최현진

참여연구원 : 김지강, 배영석, 이정수, 박미희

제2세부 연구기관명 : 국립원예특작과학원

제2세부 연구책임자 : 배영석

참여연구원 : 김지강, 이정수, 박미희, 최현진, 최애진

제1협동 연구기관명 : 연세대학교

제1협동 연구책임자 : 오제민

참여연구원 : 곽경현, 김태현, 김형준, 이지영, 김민규, 홍인택, 송제호

제2협동 연구기관명 : 주퍼스프

제2협동 연구책임자 : 이충관

참여연구원 : 양상호, 안미진, 정유정, 부대현

주관연구책임자 : 배영석



직인

주관연구기관장 : 국립원예특작과학원장



농촌진흥청 농업과학기술 연구개발사업 운영규정 제51조에 따라 보고서
열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제번호	PJ010502		연구기간	2014. 4. 1. ~ 2016. 12. 31.		
연구사업명	단위사업명	공동연구사업				
	세부사업명	FTA대응 경쟁력 향상기술개발				
	내역사업명	원예특용작물 경쟁력 제고				
연구과제명	주관과제명	수출입 대응 신선편이 농산물의 유통기한 설정 및 선도유지 기술 연구				
	세부(협동) 과제명	(1세부) 신선편이 농산물의 유통기한(shelf-life) 설정 연구 (2세부) 수출입 대응 조리용 신선편이 농산물의 유통기한 연장기술 개발 (1협동) 나노기술 적용 신선편이 농산물의 선도유지 소재 개발 (2협동) 신선편이 농산물의 품목별 유통형태 조사 및 상품성 향상 연구				
연구책임자	구분	연구기관	소속	성명		
	1세부	국립원예특작과학원	저장유통과	최현진		
	2세부	국립원예특작과학원	저장유통과	배영석		
	1협동	연세대학교	화학 및 의화학과	오제민		
	2협동	(주)퍼스프	-	이충관		
총 연구기간 참여 연구원 수	총: 23명 내부: 9명 외부: 14명	총 연구개발비	정부: 400,000천 원 민간: 18,000천 원 계: 418,000천 원			
위탁연구기관명 및 연구책임자		참여기업명	(주) 퍼스프			
국제공동연구	상대국명:	상대국 연구기관명:				
<ul style="list-style-type: none"> ○ 신선편이 농산물 10종의 유통기한 설정 및 품질한계 지표를 설정하였음 ○ 조리용 신선편이 감자의 갈변 및 이취 개선을 위해 반응표면분석을 통해 최적 가공공정 확립 및 기능성 포장재를 선발하였음 ○ 조리용 신선편이 양파 원료의 저장방법, 가공 시 세척 및 소독 방법, 신선편이 양파의 포장방법 및 유통온도를 설정하였음 ○ 조리용 신선편이 당근 원료의 수확후 전처리, 포장 방법을 확립하였고, 신선편이 포장방법 및 용량별 품질유지 기간을 설정함 ○ 하이드로탈사이드 기반의 나노구조체에 항균성을 가진 계피산 및 계피알데하이드를 담지 및 탈산 기능성 무기나노구조체에 고분자를 도입하여 기능성 분자의 방출 조절 기술을 개발함 ○ 대형마트에 유통 중인 신선편이 농산물의 품목별 유통형태를 파악하였으며, 선도유지 기능성 나노구조체의 현장 적용 효과를 검정한 결과 현장 모사조건에서도 미생물 억제효과를 확인함 					130쪽	

〈 국 문 요 약 문 〉

연구의 목적 및 내용	<p>신선편이 농산물은 수확 후 다듬기, 박피·절단, 세척·소독·헹굼·탈수, 포장 등 일련의 단위공정을 거쳐 품질이 빠르게 변하여 유통기한이 짧아지므로 각 품목별로 호흡특성, 품질저하 효소 활성, 조직의 구조, 온도 저항성 등 수확 후의 생리특성에 맞는 품질관리 기술의 적용이 필요하다. 본 연구는 신선편이 농산물의 용도별로 실제 저장·유통 중에 필요한 유통기한 설정에 대한 근거자료를 확보하고, 조리용 신선편이 농산물 3종의 품질유지 및 미생물에 대한 안전성 확보를 위한 포장·저장·유통의 일련의 단계별 최적 조건을 설정 및 신선편이 농산물의 선도유지를 위해 나노기술을 적용한 다양한 기능성을 가지는 나노구조체를 합성하고 이를 실제 유통과정 중 포장소재에 적용함으로서 나노 기술 적용 선도유지 소재를 개발하고자 하였다.</p>								
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신선편이 농산물 10종의 품질한계 지표 설정 및 유통기한을 설정하였음 ○ 조리용 신선편이 감자의 갈변 및 이취 개선을 위해 반응표면 분석을 통해 최적 가공공정 확립 및 기능성 포장재를 선발하였음 ○ 조리용 신선편이 양파 원료의 저장방법, 가공 시 세척 및 소독 방법, 신선편이 양파의 포장방법 및 유통온도를 설정하였음 ○ 조리용 신선편이 당근 원료의 수확후 전처리, 포장 방법을 확립하였고, 신선편이 포장방법 및 용량별 품질유지 기간을 설정함 ○ 하이드로탈사이드 기반의 나노구조체에 항균성을 가진 계피산 및 계피알데하이드를 담지 및 탈산 기능성 무기나노구조체에 고분자를 도입하여 기능성 분자의 방출 조절 기술을 개발함 ○ 대형마트에 유통 중인 신선편이 농산물의 품목별 유통형태를 파악하였으며, 선도유지 기능성 나노구조체의 현장 적용 효과를 검정한 결과 현장 모사조건에서도 미생물 억제효과를 확인함 								
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신선편이 농산물의 품질안전 관리 및 선도유지 기술 확립을 통한 식자재 관련 대형 급식·외식업체 및 영세업체의 신선편이 농산물 저장·유통 안전관리 기준 제시, 기술교육 및 보급 ○ 국내 신선편이 농산물의 품질 안전성 확보를 통한 수출 시장 확대 및 중국산 신선편이, 단순가공 농산물의 수입대체 효과 ○ 국내 농산물의 선도유지 및 저장 기술 확보를 통한 수출 농산물의 국제적 경쟁력 확보 ○ 본 과제를 통해 개발된 선도유지 기능성 나노구조체 기반 기술을 이용한 다양한 포장 소재 개발 및 기본 기술 정보 제고 								
중심어	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">신선편이</td><td style="width: 25%;">유통기한</td><td style="width: 25%;">수확후관리</td><td style="width: 25%;">선도유지</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td>나노구조</td></tr> </table>	신선편이	유통기한	수확후관리	선도유지				나노구조
신선편이	유통기한	수확후관리	선도유지						
			나노구조						

〈 Summary 〉

Purpose& Contents	<p>The study was conducted establishment of quality limit factor and shelf life of 10 kinds of fresh-cut vegetables, to develop the postharvest technologies for shelf-life extension of three ready-to-cook fresh-cut vegetables facilitating export and import potentials, to develop the freshness-keeping materials utilizing nano-technology, and to evaluate the distribution pattern of fresh-cut products in market.</p>
Results	<p>To setting of 10 kinds of fresh-cut vegetables and establishment of quality limit factor. In case of fresh-cut potatoes, freshness of appearance was set as the quality limit indicators(factor) due to occurrence of browning on the surface. and It was confirmed that the quality was reduced faster in the small piece of potatoes for fried rice cook compared to the peeled potatoes. In the case of fresh-cut onions, softening index on the surface was identified as the first to reach the limit of merchantability. In addition, we determined the quality limit factors and setting the shelf-life according to the dstitution temperature (4, 10°C) in the fresh cut green onion, garlic, ginger, lettuce, radish, sweet potato and carrot.</p> <p>The prediction of response surface design revealed that the application of pre-treatment condition, dipping for 38 min in 15°C water and drying for 59 min, for reducing of off-odor of fresh-cut potatoes may maintain the better quality with packing in SSPE film and stored in 10°C for 12 days. Fresh-cut onions maintained the better quality with short period storage of onions as raw materials, two times washing in 10°C water during the process of fresh-cut, and vacuum packing with 4°C storage. The PE film storage of carrots after washing in 10°C water or 100ppm sodium hypochlorite solution showed the best quality with less loss of fresh weight and decay rate during 3 months in 1°C storage. Ordinary package of fresh-cut carrots with PE film, and whole or slice shapes of fresh-cuts showed extended shelf life compared with vacuum package, and stick shape of fresh-cut. Storage in 0°C or 5°C resulted in extending shelf life of fresh-cut carrots. Three fresh-cut carrot package in a PE film was effective to extend shelf life than 10kg fresh-cut carrot package in a PE film.</p>

Results	<p>Synthesized nano-structures, hydrotalcites, were found to have typical 2-dimensional structures with tens of nm particle size. Natural inorganic mineral, scoria, and synthetic nano-structure showed 2~6 wt % and 15~30 wt % of antimicrobial molecule loading efficiency. The incorporated ferulic acid was released in sustained manner from nano-structures in both deionized water and saline. The introduction of conducting polymer did not change the structure of oxygen scavenging nano-structure and the final materials was found to have hundreds of nm size with plate like morphology. The structures and antimicrobial molecule loading efficiency of nano-structured materials was not affected significantly upon scale-up process. To reinforce sustained release of cinnamaldehyde from nano-structures, Eudragit L100 polymer was treated on the surface of nano-structures, resulting in suppressed release by 20%. The obtained antimicrobial nano-structure materials were put into a micro punctured pouch and packed with fresh-cut vegetables to evaluate its antimicrobial functions. To explore another way of fresh-cut vegetable application, the antimicrobial nano-structures were coated in the packaging film utilizing polyurethane binder. It was found that the polymer pre-treatment on nano-structure enhanced homogeneity of film coating. Oxygen scavenging nano-structures showed 30% retardation of ferrous oxidation by conducting polymer, suggesting the potential utility of long-term oxygen scavenging material.</p> <p>The major packing type of fresh-cut products revealed in normal packaging type and the marking percent of expiration date or manufacturing date on the packaging of fresh-cut products was approximately 59%. The effect of nano-structure (cinnamic acid-layered double hydroxide cinnamaldehyde) on the freshness maintenance of fresh-cut onion slice, green onion slice, and cabbage dice, was conducted in 2015 and 2016 using an actual distribution process model. Treatment of nano-structure resulted in reduced bacterial population on fresh-cut products during distribution.</p>
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> - Offering the information of quality management method of fresh-cut products to fresh-cut producers and distributors

Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> - Providing the information of practical storage and distribution technologies of fresh-cuts to fresh-cut producers - Establishing the quality safety of fresh-cut products in domestic fresh-cut markets and expending export markets for domestic fresh-cuts - Improving the competitiveness for exporting fresh-cut products by obtaining the technologies for keeping and preserving domestic agricultural products - Providing the information of basic technologies and various packing materials based on functional nano-structures as the materials for sustaining freshness of fresh-cuts 				
Keywords	Fresh-cut	shelf-life	postharvest management	maintaining freshness	nano structure

〈 목 차 〉

제 1 장 연구개발과제의 개요	1
제 2 장 국내외 기술개발 현황	3
제 3 장 연구수행 내용 및 결과	5
제 4 장 목표달성을 및 관련분야에의 기여도	116
제 5 장 연구결과의 활용계획 등	118
제 6 장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	119
제 7 장 연구개발성과의 보안등급	120
제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비현황 ..	121
제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적 ..	122
제 10장 연구개발과제의 대표적 연구실적	123
제 11장 기타사항	124
제 12장 참고문헌	125

제 1 장 연구 개발 과제의 개요

제1절 연구 개발 목적

신선편이 농산물은 농산물 수확후, 다듬기, 박피·절단, 세척·소독·헹굼·탈수, 포장 등 일련의 단위공정을 거쳐 신선힘과 편리함을 부여한 농산물을 말한다. 신선편이 농산물은 세척·절단과정에서 품질이 빠르게 변하여 유통기한이 짧아지므로 각 품목별로 호흡특성, 품질저하 효소활성, 조직의 구조, 에틸렌 생성 및 반응성, 스트레스에 대한 민감도, 온도 저항성 등 수확 후의 생리특성에 맞는 품질관리 기술의 적용이 필요하다. 신선편이 농산물은 특성상 신선도, 가격, 위생관리 노력, 공급량 안정성, 급발주 대응력 등의 속성이 중요하게 평가되며, 차별성과 중요도 측면에서 가격과 신선도가 가장 중요한 요소로 평가되고 있다. 또한, 신선편이 농산물의 대형 급식·외식업체의 경우 신선편이 식자재의 국내 및 수출시장 확대와 고가의 수입 반가공품 대체를 위해서는 국내 신선편이 가공 농산물의 유통기한 확보 및 포장 연구에 대한 필요성을 제시하면서 외식업 식자재의 원료 품질 향상 및 규격(SPEC) 표준화, 선도유지에 대한 기술 개발의 중요성을 강조하고 있다. 신선편이 농산물 가공 영세업체의 경우 신선편이 제품의 유통기간을 자체적으로 설정하기 어렵고, 분석 의뢰 시 비용부담이 높게 발생하는 등의 문제점이 발생하여, 본 과제는 신선편이 농산물의 용도별 유통기간 설정을 위한 기술지원과 품목별 맞춤 기술을 개발코자 하였다.

제2절 연구 개발의 필요성

신선편이 농산물(Fresh-cut products)은 수확 후, 박피, 절단, 세척, 포장 등 일련의 공정을 거쳐 신선힘과 편리함을 부여한 농산물로 크게 조리가공용과 즉석섭취용으로 구분하며 (Alzamora et. al., 2000, Lamikanra, 2002, Lund, 1989), 최근 수요는 크게 증가하여 시장규모는 약 1조원 정도로 추정하고 있으며, 품목도 샐러드, 쌈채소, 조리용, 조미용 등 다양해지고 있다. 또한 소비자의 외식 확대, 소득수준 향상, 1인 가구의 증가 등에 따른 국내 식문화 변화와 함께 편이성, 경제성, 환경적 측면으로 볼 때 그 수요는 앞으로 점점 증가할 것으로 예상된다 (Kim, 1999). 신선편이 농산물은 살아있는 생체 조직으로 가공과정 중 발생할 수 있는 세포조직의 파괴와 원료의 껍질 제거와 절단에 따른 생리적 및 생화학적 변화, 미생물 증식에 따른 부패 등에 의해 품질은 빠르게 변할 수 있으며, 이러한 변화는 외관의 색상, 조직감, 향미 등의 손실을 초래하여 선도유지기간 및 저장성이 짧아지게 된다(Varoquaux and Wiley, 1994; Kabir, 1994). 신선편이 농산물의 품질 유지 및 저장성 향상을 위한 연구는 가공 시 초기 미생물 또는 병원성 미생물의 밀도를 감소시켜 저장성을 향상하고자 하는 가공방법 연구(Kim & Luo, 2007), 유통 중 품질변화를 억제하기 위한 가공 중 처리기술 개발(Kim, 2008), 가공처리 후 유통 단계에서 품질변화를 억제하기 위한 포장방법 연구(Pérez-Gregorio et al. 2011) 등으로 크게 구별된다. 그러나 농산물은 품목별로 다른 생리특성을 가지고 있어 신선편이 농산물의 품질유지 및 저장성 향상을 위해서는 품목별로 품질유지 및 저장성에 미치는 요인에 알맞은 관리기술 연구가 필요하다.

신선편이 농산물은 특성상 신선도, 가격, 위생관리 노력, 공급량 안전성, 급발주 대응력 등의 속성이 중요하며, 차별성과 중요도 측면에서 가격과 신선도가 가장 중요한 요소이다. 또한, 신선편이 농산물의 대형 급식·외식업체의 경우 신선편이 식자재의 국내 및 수출시장 확대와 고가의 수입 반가공품 대체를 위해서는 국내 신선편이 가공 농산물의 유통기한 확보와 포장

연구에 대한 필요성을 제시하면서 외식업 식자재의 원료 품질 향상 및 규격의 표준화, 선도유지에 대한 기술 개발의 중요성을 강조하고 있다. 신선편이 농산물 가공 영세업체의 경우 신선편이 제품의 유통기한을 자체적으로 설정하기 어렵고, 분석의뢰 시 비용부담이 높게 발생하는 등의 문제점이 발생한다.

농산물의 선도를 유지하기 위해 사용되는 선도유지제는 천연물과 화학합성물로 분류되며, 대부분은 화학합성물로서 탈산소제, 이산화탄소 및 에틸렌가스(청과류 후숙 호르몬) 흡수제, 수분흡수제, 항균기능성 소재등이 사용되고 있다. 포장재 수준에서 식품의 선도를 유지하는 기술은 기능성 패키징 분야에서 활발히 연구되고 있으며, 최근 각광받고 있는 분야인 나노푸드 패키징에서는 포장재의 제조 시 나노기술을 도입하여 다양한 기능성을 부여하는 연구가 진행되고 있다. 나노기술이 도입된 신자재 선도유지 연구는 식품을 외부의 오염원으로부터 보호하거나 오염원을 제거하기 위하여 포장재에 특수한 기능을 도입하는 “액티브 패키징” 분야에서 활발히 연구되고 있으며, 활성제를 이용하여 포장재 내의 유해 가스를 흡착하는 기술, 외부의 유해가스를 차단하는 기술, 포장재에서 항균제나 선도유지제 등이 서서히 방출되는 기술을 포함한다. 나노기술이 적용된 선도유지 기능성 소재에 대한 연구는 제올라이트, 무기 계르마늄, 은나노입자와 등을 활용하여 항균성 및 장기 선도유지 성능을 도입하고 있는데, 국외 연구에 비하여 국내 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구에서 활용할 무기광물질 나노구조체는 낮은 단가와 높은 효율성 및 활용성을 가지기 때문에 신선편이 식자재 포장재에 적용할 경우 포장 내부에서 발생하는 가스를 선택적으로 흡착하는 기능성 뿐 아니라 나노구조체 내에 담지된 선도유지제가 지속적으로 방출되어 식자재의 선도를 유지시키는 기능성을 기대할 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 신선편이 농산물의 용도별로 실제 저장·유통 중에 필요한 유통기한 설정에 대한 근거자료를 확보하고, 조리용 신선편이 농산물 3종의 품질유지 및 미생물에 대한 안전성 확보를 위한 포장·저장·유통의 일련의 단계별 최적 조건을 설정이 필요하다. 또한, 신선편이 농산물의 선도유지를 위해 나노기술을 적용한 다양한 기능성을 가지는 나노구조체를 합성하고 이를 실제 유통과정 중 포장소재에 적용한 나노기술 적용 선도유지 소재 개발이 필요하다.

제3절 연구 개발 범위

국내에서 신선편이 농산물의 품질 및 안전성 향상에 대한 특정 품목의 부분적인 연구는 진행되어 있으나, 실제 저장·유통 중에 필요한 유통기한 설정에 대한 근거자료를 제시하고, 신선편이 농산물의 품질유지 및 미생물에 대한 안전성 확보를 위한 포장·저장·유통의 일련의 단계별 최적 조건 설정을 통한 선도유지 최적 제어 시스템 개발에 대한 연구는 매우 미흡한 실정으로 조리용 신선편이 농산물 3종에 대한 단계별 최적 조건을 설정하였다. 식자재의 선도유지를 위한 국내 연구는 주로 에틸렌 가스 제어, 항균효과 부여 등에 국한되어 있으나 해외의 경우 제올라이트, 점토, 규산염 등 무기물을 활용하거나 나노기술을 도입한 고효율·맞춤형 기능성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 국내 신선편이 식자재의 유통기한 증대 및 수출입 대응을 위해서는 국제적 연구 추세에 발맞추어 광물을 기반으로 한 나노기술 도입형 선도유지 기술 개발하였다. 광물은 부존자원으로서 많은 매장량과 낮은 단가, 높은 접근성을 갖고 있으며 나노기술은 광물 소재에 다양한 기능성을 부여하여 높은 부가가치를 창출할 수 있으므로, 국내 연구진에 의한 무기광물 기반 나노구조체 선도유지 기술 개발하였다. 선도 유지제를 탑재한 무기광물질 나노구조체는 식자재 유통에 필요한 맞춤형 기능성을 갖도록 디자인하고 신선편이 식자재 분야에 적용하여 활용성을 검토하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

신선편이 농산물은 가공 시 박피, 절단 등의 과정을 거쳐 조직의 손상에 따른 연화와 절단면의 갈변, 미생물의 감염 및 번식 등으로 선도유지 기간이 짧아진다. 신선편이 농산물을 살아 있는 생체이므로 생리적, 생화학적 변화, 미생물에 의한 품질변화 등으로 농산물의 색상, 조직감, 향미 등의 손실이 발생한다. 대표적인 생리적 현상으로는 박피 및 절단으로 조직이 손상되어 호흡과 에틸렌 발생이 증가하고 효소활성이 증가하여 조직이 연화되고 갈변 등이 빠르게 일어난다고 한다(Wiley, 1994). Mattila 등(1995)은 최소가공 처리를 한 과채류의 호흡 작용은 대상 품목, 절단 정도, 보관 온도에 따라 1.2~7배 이상 증가한다고 보고하였다. 또한 포장조건이 적절하지 못하면 협기성 호흡이 증가하여 ethanol, ketone, aldehyde 등이 생성된다고 보고하였다(Powrie and Skura, 1991). 신선편이 농산물의 품질과 안전성에 대한 국내 연구로는 국립원예특작과학원, 농협중앙회, 한국식품연구원이 공동으로 신선편이 농산물 매뉴얼 개발을 수행(2009)하였고, 국립원예특작과학원에서는 신선편이 농산물(결구상추 등 4종) 원료 및 가공기술에 대해, 농협에서는 관련 제도를, 한국식품연구원에서는 신선편이 제조 설비에 대한 연구를 하였다. 또한, 신선편이 안전성에 대해서는 신선편이 양파 가공시설의 위생환경과 가공과정에 대한 미생물 오염 실태를 조사(Lee et. al. 2009)하였고, 시중에 유통 중인 신선편의 샐러드 및 유기농 채소류, 신선편이 채소류의 미생물 품질 및 병원성 세균의 오염도에 대한 실태를 조사하였다(Bae 등, 2011, Jo 등, 2011). 외국의 경우 유통 중인 신선편이 과채류를 대상으로 미생물 검사를 실시한 결과 MA포장된 채소류에서 초기 호기성 세균은 약 10^8 cfu/g, coliform은 5.6×10^6 cfu/g, Pseudomonas spp.는 1.5×10^7 cfu/g, 젖산균은 10^6 cfu/g 수준이었으며, 오염 원인으로는 작업자 및 자연적 오염뿐만 아니라 사용 기계나 환경 등 복합적 요인에 의한 것으로 추정하였다(Garg 등, 1991, Monzarno 등, 1995, Torriani & Massa, 1994). 신선편이 농산물의 선도유지 기술을 개발하기 위해 여러 방법에 대한 연구가 수행되었다. 신선편이 농산물 가공 시 발생하는 조직의 연화, 갈변, 미생물의 번식을 억제하기 위한 방법 연구가 수행되었는데, 조직의 연화를 억제하기 위해서는 MA & active packaging 방법, polygalacturonase와 β -galactosidase의 천연 저해제 이용에 관한 연구, 중온처리 방법에 대한 연구가 보고되었다. 미생물의 초기 감염을 줄이기 위해 정밀 절단 및 절단부위에 잔존하는 각종 세포액 성분의 세척, pH 조절, 살균제 및 오존 처리, MA 및 active packaging, 오염 가능 공정을 중심으로 한 중점 관리 등에 대한 연구가 보고되어 있다. 최소가공 이후 적절한 포장과 저온 저장이 필수적이다. 절단 가공한 농산물에서 발생하는 미생물의 증식과 신선농산물의 호흡과 관련한 생리적 대사 작용은 가스투과성이 있는 필름을 이용하여 선택적으로 CO₂ 농도를 높여주고 O₂ 농도를 낮추어 억제하는 연구와 신선편이 농산물의 포장 단계에서 적합한 탄산가스와 산소, 질소 등의 혼

합가스를 주입한 후 밀봉하여 농산물의 생리 대사를 조절하는 연구가 수행하였다(Choi 등, 2011, Kim 등, 2011). 신선편이 농산물의 저장 온도는 유통 중 미생물 번식에 영향을 미치는데 Cho 등(Cho 등, 2010)은 신선편이 양상추의 저장 온도별 미생물 번식과 품질 변화를 관찰하고 오염세균을 억제하기 위해서는 가능한 낮은 온도에서 유통할 것을 제시하였다.

신선편이 식자재의 선도유지를 위하여 과실류의 후숙을 유발하는 에틸렌 가스의 방출을 억제하는 1-Methylcyclopropene(1-MCP)을 처리하는 기법이 연구된 바 있으며, 홍로 사과 품종에 1-MCP를 처리할 경우 과실품질이 유지됨이 보고된 한 연구가 수행된 바 있다(Kor. J. Hort. Sci. Technol., 2009, 27(4), 607-611). 기체투과성을 갖는 포장소재에 고농도의 이산화탄소를 처리해 포장재 수준에서 과실류의 선도를 유지하고자한 연구가 보고된 바 있으며, 폴리프로필렌 필름과 미세천공 필름에 고농도 이산화탄소를 처리한 결과 무화과의 선도유지에 도움이 될 수 있음이 보고된 바 있다(Korean J Food Preserv., 2012, 19(6), 799-806). 과실의 박스 단위 포장에 많이 사용되는 골판지에 에틸렌 및 이산화탄소에 대한 통기성을 확보하기 위하여 광물성 유황수로 표면처리된 폴리에틸렌 부직포를 상자에 혼화하여 단감의 선도유지 및 항균효과를 평가한 연구가 보고한 바 있다(Journal of Korea TAPPI, 2013, 45(3), 45-51). 배 과실의 선도유지를 위해 활성탄, 이산화황 및 에틸렌흡착제, 맥반석, 자수정, 게르마늄, 모자나이트 등 원적외선 또는 음이온 방출이 가능한 광물계 물질을 혼합하여 배와 함께 포장해 그에 따른 선도유지를 평가하고 특허를 등록한 바 있다(배 저장중 얼룩 억제 및 품질유지를 위한 선도유지제, 홍윤표 외, 2012, 등록번호: 10-1152196). 신선 농산물을 오염시켜 식중독과 같은 질병을 일으키는 유해생물을 제거하기 위하여 구연산, 말산, 초산, 젖산 등의 유기산을 에어로졸 방법에 의해 신선 농산물에 처리하였을 때 신선 농식품의 품질변화에는 큰 영향을 주지 않으면서 항균효과에 대한 연구를 수행하였다(농식품 위해요소 안전관리기반 및 평가체계 구축 사업연구보고서, 첨단 융합기술을 이용한 신선 농식품 유해생물 제거기술 개발, 2012, 농촌진흥청).

제 3 장 연구 수행 내용 및 결과

제1절. 신선편이 농산물의 유통기한(shelf-life) 설정 연구

1. 연구수행방법

가. 시험재료

(1) 1년차 연구

신선편이 감자, 양파, 양배추의 유통기한 설정 연구를 위해 충남 계룡, 경기 안성에서 전처리 한 감자, 양파, 양배추를 구입하여 실험에 사용하였다. 신선편이 감자의 경우 가장 많이 유통되는 형태인 깐감자와 절단감자(Diced), 신선편이 양파는 깐양파, 신선편이 양배추는 잘게 절단(Shredded)한 형태를 실험 재료로 사용하였다. 이때 처리 온도는 대조구(10°C , 마트 내 진열장 온도), 4°C 에 보관하면서 품질을 조사하였다.

(2) 2년차 연구

신선편이 고추, 마늘, 대파, 생강의 유통기한 설정 연구를 위해 충남 계룡에서 전처리한 고추, 마늘, 대파를 구입하였고, 충남 서산에서 10개월간 토굴저장한 흙생강을 구입하여 실험에 사용하였다. 신선편이 고추와 마늘의 경우 가장 많이 유통되는 형태인 절단(슬라이스)와 다지기(쵸핑), 신선편이 대파는 가로 절단, 세로 절단 형태를 실험 재료로 사용하였다. 이때 처리 온도는 대조구(10°C , 마트 내 진열장 온도), 4°C 에 보관하면서 품질을 조사하였다. 신선편이 생강은 2014년 11월에 수확하여 토굴저장한 것으로 2015년 9월에 구입하여 외관, 상태 등을 고려하여 건전과를 선별하여 시료로 사용하였고 흐르는 물에 2-3회 세척하여 흙과 표면의 이물질을 제거한 후 박피하여 약 3cm 두께로 절단하였다. 열수 침지 처리는 박피생강 2kg당 수돗물 5L로 하여 무처리(15°C), 열수처리($40, 50, 60^{\circ}\text{C}$) 각각의 온도에서 10분간 침지하였다. 그리고 생강 표면의 수분을 채소용 간이탈수기를 이용하여 탈수하고, $50\mu\text{m}$ 두께의 Polypropylene film($15\times20\text{cm}$)로 포장하여 4°C 저장 조건에서 17일간 품질을 평가하였다.

(3) 3년차 연구

신선편이 양상추는 2016년 2월 경남지역에서 수확하여 사용하였으며, 곁잎을 2-3장 제거한 뒤 심지(core)부분을 칼로 절단하여 3cm 크기로 슬라이스하여 사용하였다. 시험처리는 대조구(수돗물), 차아염소산나트륨(100ppm , pH 6.5 , 2분), 열수침지(50°C , 30초), 열수침지+Ascorbic acid(1%, 2분), 열수침지+키토산(0.15%, 2분), 키토산(0.15%, 2분) 침지 처리 후 4°C 에서 저장하며 품질을 평가하였다.

신선편이 무, 당근, 고구마는 시중에 급식 및 프렌차이즈 식당에 납품되고 있는 제품을 충남 계룡에서 수집하여 사용하였다. 저장 온도는 대조구(10°C , 시중 대형마트 내 진열장 온도)와 4°C 저장 조건에서 저장 중 품질을 평가하였다. 이때, 당근은 진공포장과 일반포장에 따른 품질유지기간 비교 및 설정이 필요하여 두가지 유통 형태에 따른 품질을 비교하였다.

신선편이 연근은 대형 유통마트 내 유종 통인 신선편이 연근 제품들을 수집하여 사용하였다. 유통형태로는 신선편연근과 자숙연근 두가지 형태가 있으며, 저장온도를 10°C 와 4°C 로 나누어 저장 중 품질을 평가하였다.

나. 품질조사 방법

(1) 포장내부 기체 조성

포장 내부의 산소(O₂)와 이산화탄소(CO₂)는 필름 표면에 septum을 부착한 뒤 헤드스페이스 가스분석기(Checkmate 9900, PBI Dansensor Co., Denmark)를 이용하여 측정하였다.

(2) 표면 색도

표면 색은 표준백판(L=96.61, a=-0.11, b=2.06)으로 보정된 Chromameter(CR-400, Minolta Co., Japan)를 사용하여 측정하였으며, 시료 절단면의 중심부위를 6반복으로 색도의 표현은 Commission Internationale d'Eclairage(CIE)의 L, a, b값을 이용하여 표현하였다.

(3) 경도

저장기간 중 신선편이 농산물의 경도측정은 4mm의 원형 탐침(probe)이 부착된 Texture Analyser(LLOYD Instrument, Ametek, Inc, UK)를 이용하여 depression limit 5mm, test speed 2mm/sec, trigger 0.98N의 조건에서 측정하였다.

(4) 미생물 오염도 조사

무균적으로 채취한 시료 20g에 멸균된 3차 증류수 180ml을 가하여 2분간 균질화 시킨 후, 시료액을 1mL씩 취하여 9mL의 멸균된 3차 증류수로 단계 희석하였다. 시험용액 1mL과 각 단계 희석액 1mL씩을 일반세균수 측정용 건조필름(petrifilm aerobic count plates, 3M Co., USA)에 무균적으로 취하여 35±1°C에서 48시간, 효모 및 곰팡이 측정용 건조필름(petrifilm yeast and mold count plate, 3M Co., USA)에 무균적으로 취하여 25±1°C에서 72시간 배양시킨 후 형성된 colony 수를 측정하여 log CFU/g으로 나타내었다.

(5) 관능평가

관능평가는 6명의 훈련된 패널을 대상으로 종합신선도, 외관, 이취, 물러짐, 갈변 정도를 평가하였다. 종합신선도와 외관은 신선편이 생강에 대한 전반적 기호도를 9단계의 점수를 부여(9=매우 좋음, 7=좋음, 5=보통, 3=나쁨, 1=매우 나쁨)하여 평가하였고, 이취, 물러짐, 갈변 측정은 패널들이 포장된 신선편이 생강을 개봉 즉시 Lopez-Galvez G et al. 1997.의 방법을 적용하여 5단계의 점수를 부여(0=없음, 1=약간 발생, 2=보통, 3=심함, 4=매우 심함)하였으며, 점수 2를 초과하는 것은 상품성이 없는 것으로 간주하였다.

(6) 총 페놀 함량 분석

총 페놀의 함량은 Folin-Ciocalteau's 방법에 의하여 측정하였다. 동결 건조 시료 0.1g을 80% methanol 2mL을 가하여 50°C에서 1시간 추출 후, 추출액 50μL에 2N Folin-Ciocalteau's 시약 50μL를 가하여 3분간 발색시키고, 20% Na₂CO₃ 10μL를 가하여 30분 동안 실온에서 반응 시켜 725nm에서 흡광도를 측정하였으며, 총 페놀 함량은 garlic acid equivalents (GAE) mg/g DW으로 나타내었다.

(7) 전해질 용출량 분석

전해질 용출량은 2g의 시료를 30mL의 2차 증류수에 침지하여 30분간 상온에서 방치한 후 EC meter(Orion star A215, Thermo Electron CO., USA)를 사용하여 측정 후 24시간 냉각 후 상온에서 완전히 해동 후에 다시 측정한 총 전해질 용출량 값에 대한 백분율로 표현하였다.

2. 연구결과

가. 신선편이 감자, 양파, 양배추의 유통기한 설정 연구(2014, 1년차)

(1). 신선편이 감자의 유통기한 설정 연구

(가) 신선편이 감자 제조공정 현장 모니터링

최근 프렌차이즈 및 급식으로 신선편이 농산물의 수요가 늘어남에 따라 신선편이 감자 제조공정 현장 모니터링을 통해 유통기한 설정 시 산업체의 애로사항(유통기한 설정 위탁 시 많은 비용 부담 발생, 미생물 실험의 어려움, 유통기한 설정의 매뉴얼 부재 등)을 파악하고 유통기한 설정 가이드라인 연구를 진행하였다.



Fig. 1. 신선편이 감자 제조공정 흐름도

(나) 신선편이 감자 유통기한 설정 연구 요약

신선편이 감자의 유통형태(깐감자, 볶음밥용)와 유통온도(4, 10°C)에 따른 품질유지기간을 설정하기 위해 일반세균수, 이취, 신선도, 물러짐 등을 조사한 결과 절단면 표면에 갈변으로 인하여 신선도 항목에서 가장 빨리 상품성 한계점에 도달하였고, 안전계수 0.7을 적용하였을 때, 볶음밥용 감자의 경우 4°C 유통 시 4.2일, 10°C 유통 시 1.4일로 산출되었고, 깐감자는 4°C에서 6.3일, 10°C에서 1.4일로 조사되었다.

Table 1. 신선편이 감자 유통기한 설정 연구 요약

	볶음밥용 감자		깐감자	
	저장온도(°C)	4	10	4
유통기한	4.2일	1.4일	6.3일	1.4일
일반세균수	7일	7일	9일	9일
이취	7일	7일	9일	8일
신선도	6일	2일	9일	2일
물러짐	6일	6일	9일	4일

(다) 경도 변화

신선편이 감자의 저장온도 및 유통형태별 경도 변화는 깐감자, 통감자의 절단 부위에 따라 차이가 크게 나타나 처리구 간의 차이를 볼 수 없었다. 저장일수 7일 이후에는 모든 처리구에서 감자의 물러짐이 발생하여 신선편이 감자의 단단한 조직감을 유지하기 위해서는 제품 가공 후 7일 이내 소비하여야 함이 바람직하다고 판단하였다.

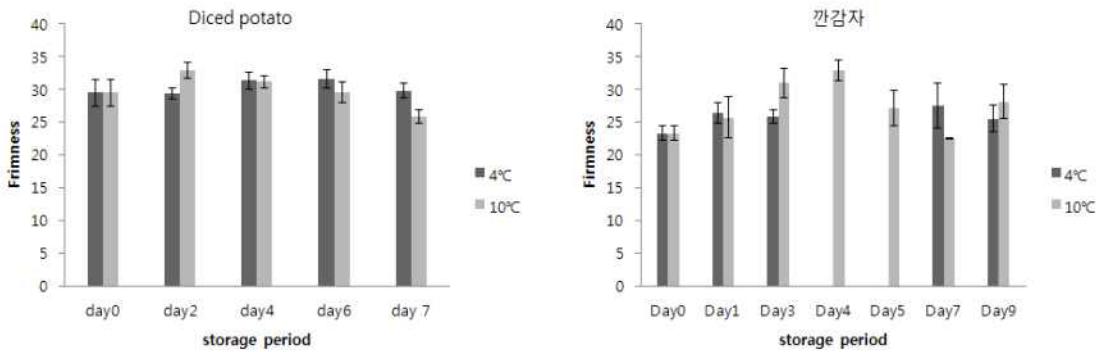


Fig. 2. 신선편이 감자의 저장온도 및 유통형태별 경도 변화

(라) 당도 변화

당도에 있어서는 볶음밥용 감자에 있어서는 전체적으로 증가하는 양상을 보였으며, 10°C에 저장한 처리구가 4°C에 저장한 처리구에 비하여 높은 수치를 보였다. 하지만, 깐감자의 경우는 볶음밥용 감자와는 반대의 양상을 보였으며, 조사 개체별로 차이가 커 실제 저장온도 및 유통형태별 당도의 변화는 추가적인 실험이 필요한 것으로 판단되어진다.

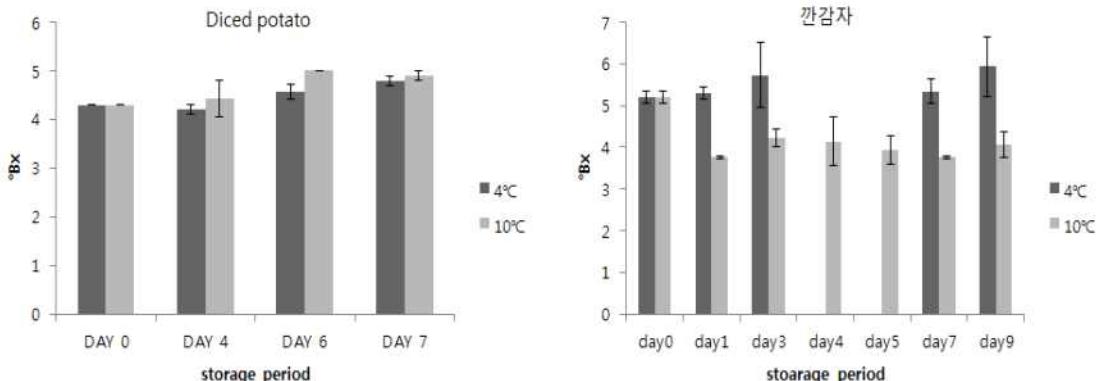


Fig. 3. 신선편이 감자의 저장온도 및 유통형태별 당도 변화

(마) 색도(L_{색도}) 변화

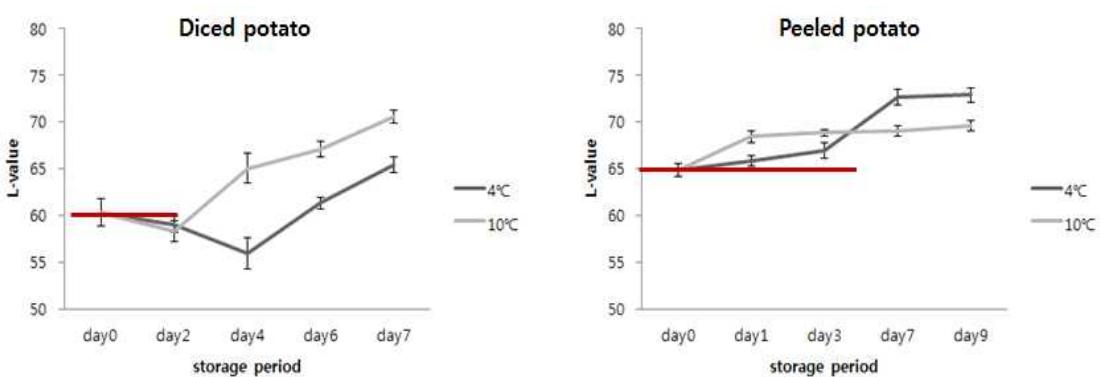


Fig. 4. 신선편이 감자의 저장온도 및 유통형태별 L색도 변화

색도 중 L값은 명도를 나타내는 지표로 신선편이 감자의 품질유지에 가장 큰 요인 중 하나이다. 유통형태에 따른 신선편이 감자의 L값 조사 결과 볶음밥용의 경우 깐감자 형태에 비하여 빨리 갈변되는 경향을 보였고, 가공 후 3-4일 동안은 갈변이 진행되어 겹게 변하지만, 그 이후에는 감자의 표면 L값이 증가하는 양상을 보였는데, 이는 감자에 함유된 전분이 표면으로 빠져나와 건조되면서 표면에 하얀막을 형성하는 것으로 보여진다. 신선편이 제조업체에서 활용 가능한 갈변을 억제할 수 있는 기술 개발이 필요하다.

(바) 일반세균수 변화

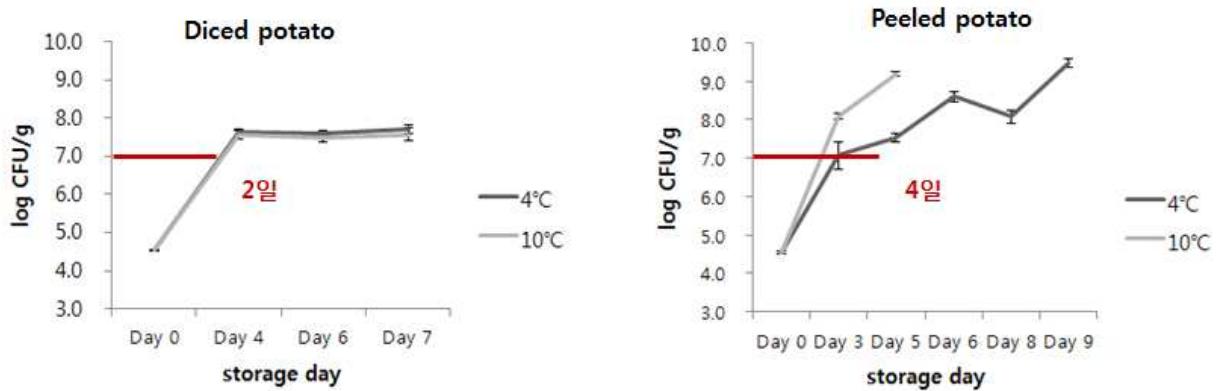


Fig. 5. 신선편이 감자의 일반세균수 변화

일반세균수는 신선편이 감자의 유통기한 설정 시 가장 중요한 요인 중 하나이다. 볶음밥용 감자의 경우 저장온도 4°C, 10°C 모두 저장 2일째 7 log CFU/g에 도달하였고, 깐감자의 경우 4°C에서 4일, 10°C에서 저장 2일째 7 log CFU/g로 조사되었다.

(2) 신선편이 양파의 유통기한 설정 연구

(가) 신선편이 양파 제조과정



Fig. 6. 신선편이 양파 제조과정

신선편이 제조업체 A사는 제 1공장에서 박피 및 1차 세척과정을 거친 뒤, 제 2공장에서 깐양파 2차 세척 및 절단가공(diced, sliced 등)을 처리하여 전처리 중 흙과 이물질 등으로 부터의 교차오염을 최소화하여 제품을 생산하고 있다.

(나) 신선편이 양파 유통기한 설정 결과 요약

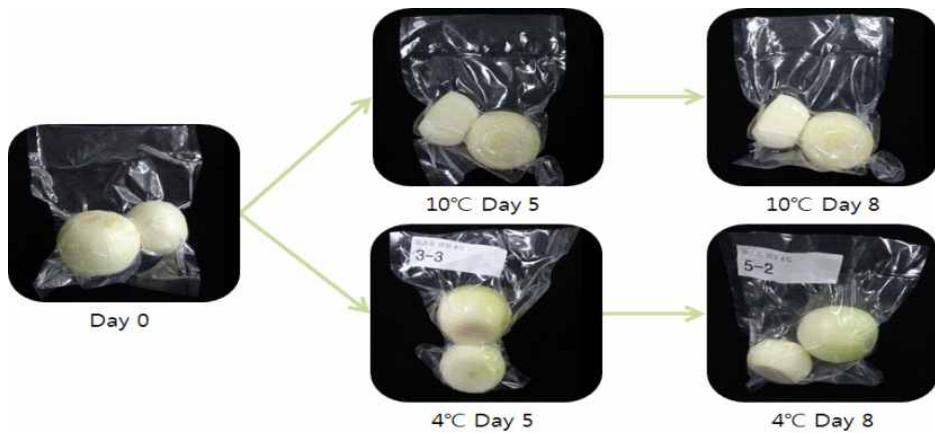


Fig. 7. 신선편이 양파 유통기한 설정 결과 요약

신선편이 양파의 유통기한은 여러 가지 품질지표 중 가장 먼저 한계일에 도달한 물리성을 기준으로 안전계수 0.7을 적용하여 산출하였다. 4°C에서 저장한 조리용 신선편이 깐양파는 약 4.9일, 10°C에서 저장한 조리용 신선편이 깐양파는 약 3.5일로 조사되었다. 신선편이 양파의 경우 특히 원물상태에 따라 유통 중 품질변화요인이 달라지게되어 유통기한 설정에 어려움이 있었다. 신선편이 양파의 품질향상 및 유지를 위해 신선편이 양파 가공 처리 기술이 필요할 것으로 판단되어진다.

Table 2. 신선편이 양파 주요 실험 결과 요약

	깐양파	
저장온도(°C)	4	10
유통기한	4.9일	3.5일
일반세균수	8일	6일
이취	10일	9일
경도	10일	10일
물리짐	7일	5일
종합신선도	9일	5일

(다) 일반세균수 및 관능평가 조사 결과

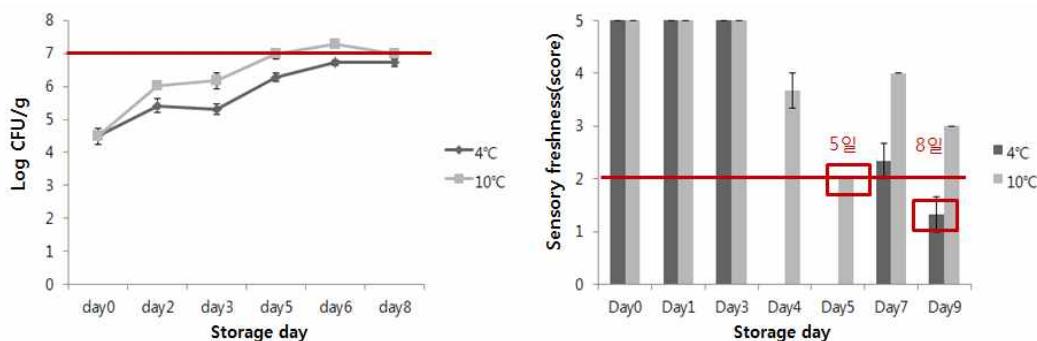


Fig. 8. 신선편이 양파 저장온도별 일반세균수 및 관능평가 조사 결과

일반세균수 조사 결과 10°C에 저장한 신선편이 조리용 깐양파는 저장 5일째 7 log CFU/g에 도달하였고, 4°C에 저장한 신선편이 조리용 깐양파는 저장 일째 7 log CFU/g에 도달하였다. 관능평가(종합신선도) 조사 결과 10°C에 저장한 신선편이 조리용 깐양파는 저장 5일째 2점(상품성 상실)에 도달하였고, 4°C에 저장한 신선편이 조리용 깐양파는 저장 8일째 2점에 도달하였다.

(라) 신선편이 양파 저장온도별 색도(L_{ab}) 변화

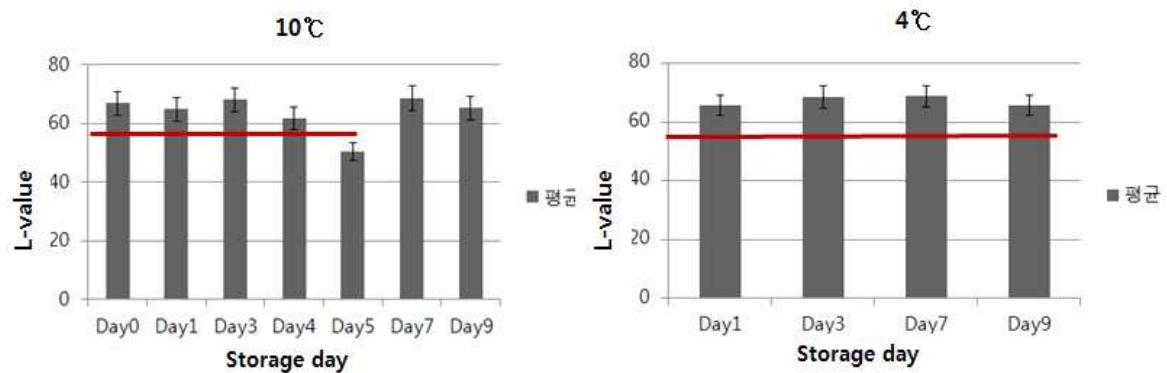


Fig. 9. 신선편이 양파 저장온도별 색도(L_{ab}) 변화

(3) 신선편이 양배추의 유통기한 설정 연구

(가) 신선편이 양배추 유통기한 설정 결과 요약



Fig. 10. 신선편이 양배추 저장 10일 후 외관 변화

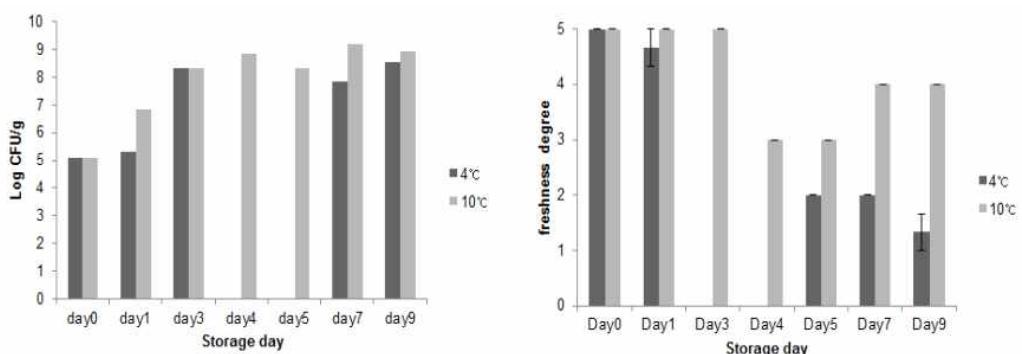


Fig. 11. 신선편이 양배추 일반세균수, 종합신선도 조사 결과

4°C에 저장한 조리용 신선편이 양배추는 안전계수 0.7을 적용하여 품질한계지표(일반세균수)를 기준으로 50시간으로 산출되었다. 10°C에 저장한 조리용 신선편이 양배추는 안전계수 0.7을 적용하여 50시간으로 산출되었지만, 포장된 상태 및 포장 전 원물의 오염 여부에 따라 품질의 차이가 크게 나타나 유통기한 설정 및 가이드라인 제시의 어려움이 있었으며, 양배추의 유통기한 설정 및 가이드라인을 제시하기 위하여 향후 신선편이 양배추 가공 및 관리에 대한 추가적인 기술 개발 및 산업체 적용을 위한 매뉴얼이 필요하다.

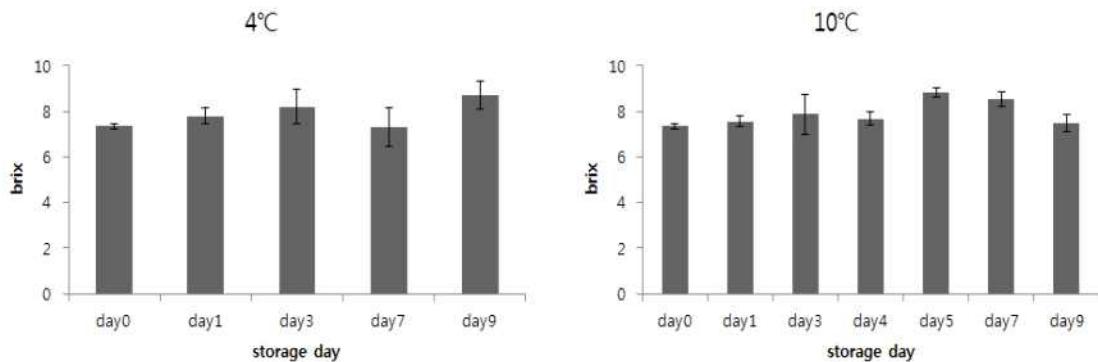


Fig. 12. 신선편이 양배추 저장온도에 따른 당도 변화

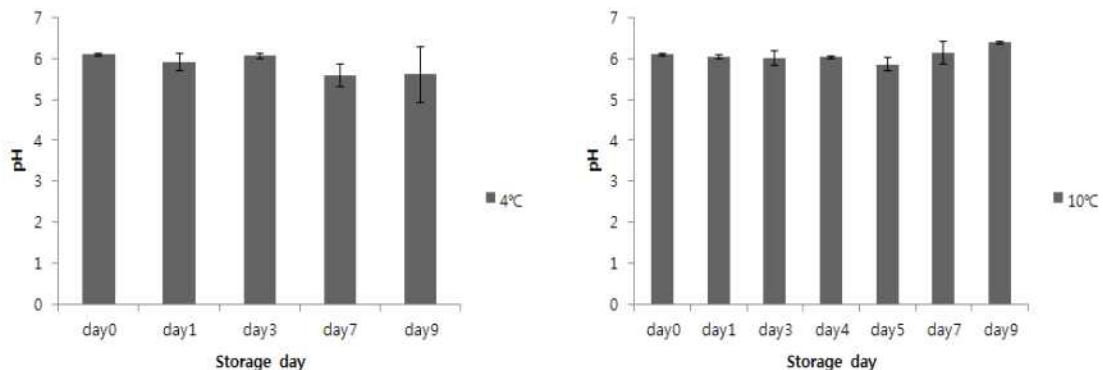


Fig. 13. 신선편이 양배추 저장온도에 따른 pH 변화

나. 신선편이 대파, 고추, 마늘, 생강의 유통기한 설정 연구(2015, 2년차)

(1) 신선편이 대파의 유통기한 설정 연구

(가) 신선편이 대파의 가공 공정도



Fig. 14. 신선편이 대파 가공공정도

(나) 신선편이 대파 유통기한 설정 연구 요약

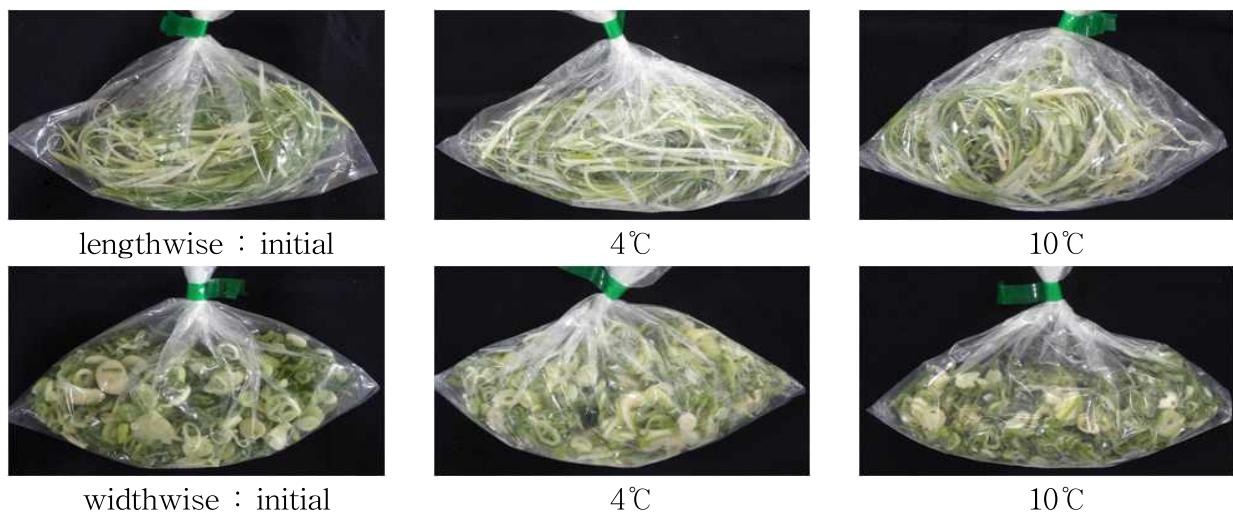


Fig. 15. 신선편이 대파 저장 9일 후 외관 변화

신선편이 대파의 품질유지기간은 안전계수 0.7을 적용하였을 때, Lengthwise(파채용-즉석섭취)의 경우 저장온도 4°C에서 이취, 물러짐, 일반세균수 세 항목이 품질한계 설정 지표로 약 4.2일로 산출되었고, 10°C에서는 일반세균이 품질한계 지표 항목으로 2.8일로 조사되었다. widthwise(슬라이스-조리용)의 경우는 4°C에서 이취, 물러짐 지표로 4.2일로, 10°C 보관 시에는 2.8일로 유통기한을 설정하였다.

Table 3. 신선편이 대파 주요 연구 결과 요약

	파채용		찌개용	
저장온도(°C)	4	10	4	10
유통기한	4.2일	2.8일	4.2일	2.8일
일반세균수	9일	4일	9일	4일
외관 품질	6일	6일	6일	4일
이취	8일	6일	6일	6일
물러짐	8일	4일	8일	4일

(다) 신선편이 대파의 미생물(일반세균수) 조사 결과

신선편이 대파의 경우 소비자가 섭취하는 형태를 기준하여 즉석섭취용(예: 파채)과 조리용(예: 찌개용 슬라이스)으로 유통되고 있으며, 절단 형태에 따른 미생물 오염도가 달리 조사되었다. lengthwise는 즉석섭취용으로 품질한계점을 $7 \log \text{CFU/g}$ 으로 설정하여 품질유지기간을 산출하였고, widthwise는 조리용임을 감안하여 품질한계점을 $9 \log \text{CFU/g}$ 으로 설정하여 조사하였다. lengthwise의 경우 4°C에서는 9일, 10°C에서는 3일차에 품질한계점에 도달하였다.

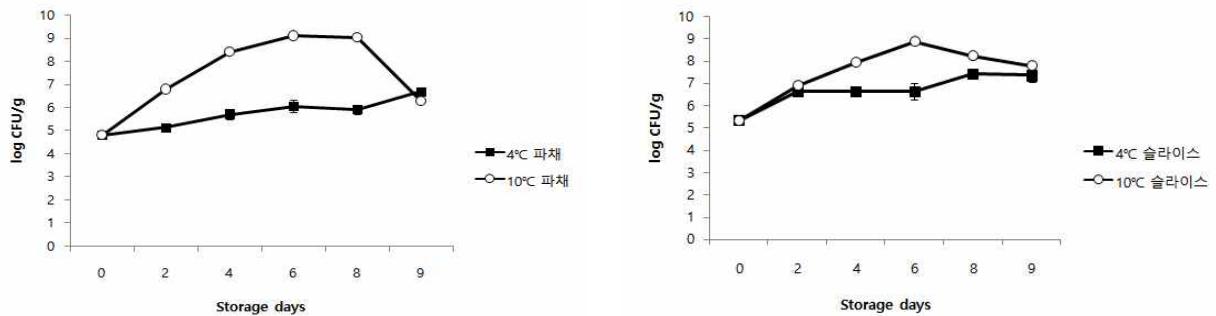
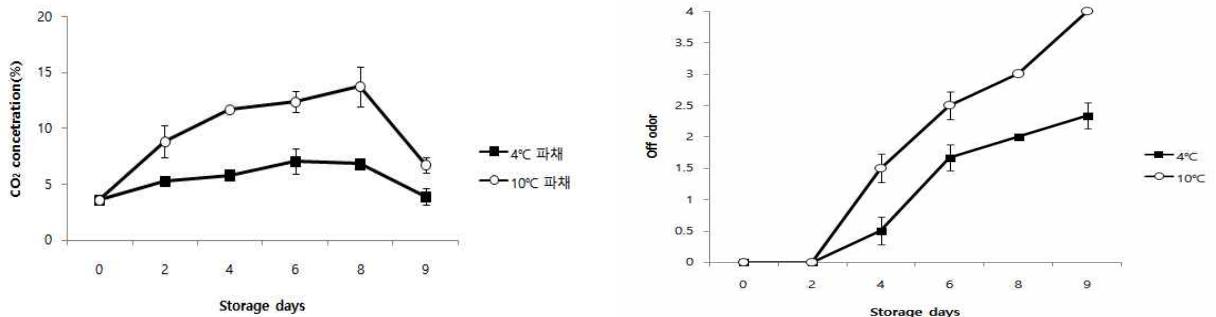
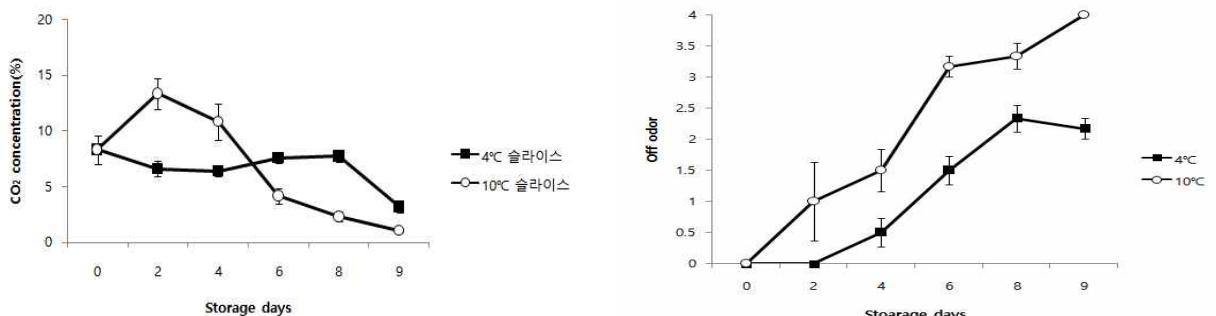


Fig. 16. 신선편이 대파 일반세균수 조사 결과(좌:lengthwise, 우:widthwise)

(라) 신선편이 대파의 포장 내 CO₂ 가스 변화량 및 이취 조사 결과

대파 품목의 특성상 포장을 제거하였을 때 나는 향이 품질에 많은 영향을 미친다고 판단되어 5점 척도(0=none, 4=severe)로 조사하였다. 품질한계점(COP)은 2.5점을 기준하여 품질유지 기간을 설정하였다. lengthwise 10°C에서 6일, 4°C에서 9일차에 품질한계점에 도달하였고, widthwise 10°C에서 5일, 4°C에서 9일차에 품질한계점에 도달하였다.

Fig. 17. lengthwise CO₂ 변화량(좌), 이취(우)Fig. 18. widthwise CO₂ 변화량(좌), 이취(우)

(마) 신선편이 대파의 물러짐, 전해질용출량(EC) 조사 결과

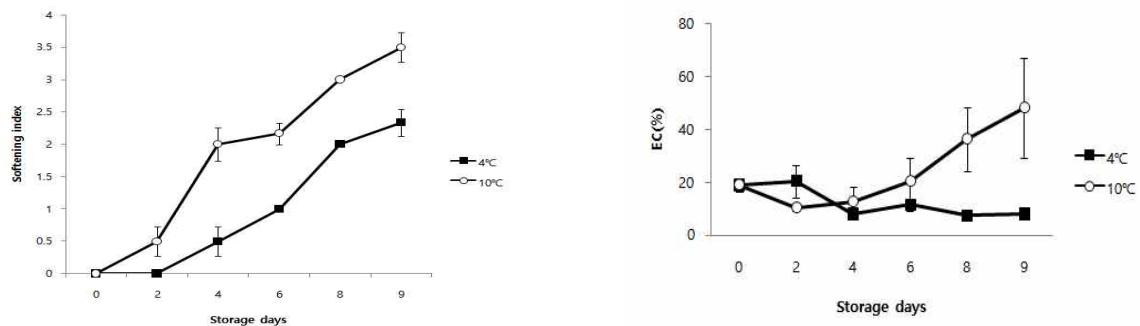


Fig. 19. lengthwise 물러짐(위), EC(아래)

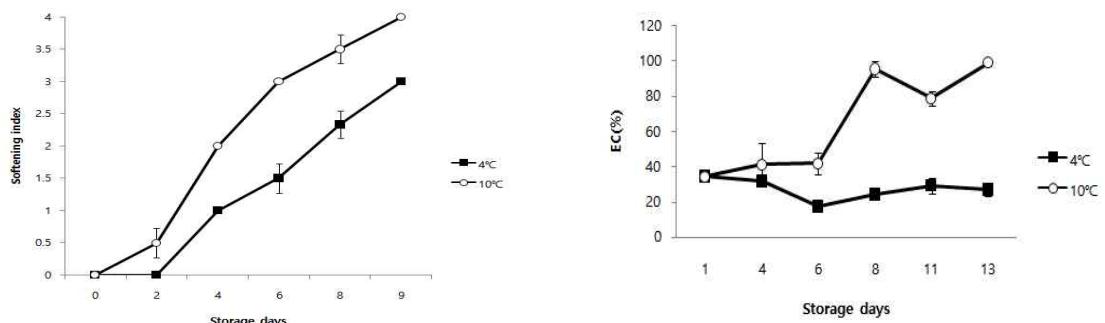


Fig. 20. widthwise 물러짐(위), EC(아래)

(2) 신선편이 고추의 유통기한 설정 연구

(가) 신선편이 고추 저장온도별 유통기한 설정 결과 요약

고추 슬라이스의 경우 절단면에 진액이 발생하여 품질을 쉽게 떨어지기 쉽다. 특히 10°C에 저장한 신선편이 고추는 저장 6일 이후 진액이 심하게 발생하였고, 이취, 물러짐 등도 심하게 발생하였다. 신선편이 슬라이스 고추의 저장온도별 유통기한은 여러 가지 품질지표 중 가장 먼저 품질한계점(COP)에 도달한 일반세균수 지표를 기준으로 안전계수(0.7)를 곱하여 산출하였다. 유통온도에 관계없이 신선편이 고추는 미생물 오염이 급격하게 증가하여 1.4일로 산출되었다. 추후 신선편이 고추(슬라이스형태)의 미생물 수를 감소시킬 수 있는 가공기술, 유통 중 일반세균수 오염도를 낮출 수 있는 기술 개발이 필요하다.



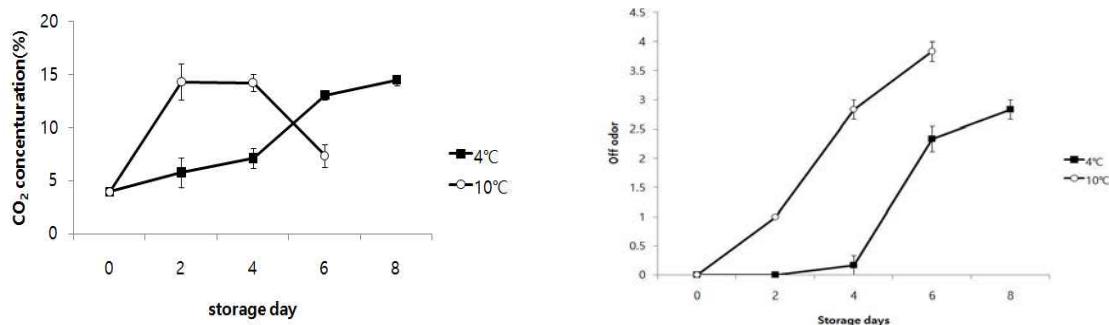
Fig. 21. 신선편이 고추 저장 6일 후 외관 변화

Table 4. 신선편이 고추 주요 결과 요약

	고추		
	저장온도(°C)	4	10
유통기한	1.4일	1.4일	
일반세균수	2일		2일
외관	6일		4일
이취	6일		4일
물러짐	8일		4일

(나) 포장 내 기체조성 및 이취 조사 결과

CO_2 변화량 및 이취(Off odor)조사 결과 10°C에 저장한 신선편이 고추의 경우 4일 이후 이취가 심하게 발생하였고, 이취가 발생하는 시점의 CO_2 발생량은 약 13~15%로 확인하였다. 신선편이 고추의 이취(Off odor)의 품질한계점(COP)은 2.5점을 기준으로 품질유지기간을 설정하였다. 10°C에서는 3.5일, 4°C는 6일차에 품질한계점(COP=2.5점)에 도달하였다.

Fig. 22. 포장 내 CO_2 변화량 및 신선편이 고추 이취 조사 결과(0=none, 4=severe)

(다) 전해질 용출량 및 물러짐 조사 결과

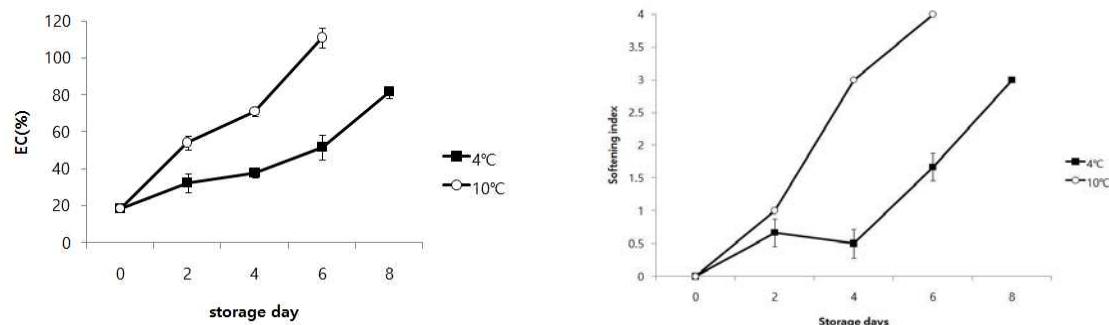


Fig. 23. 신선편이 고추 EC 및 물러짐 조사 결과

물러짐(softening index)은 5점 척도(0=none, 4=severe)로 조사하여 품질한계점(COP)을 2.5점으로 설정하여 품질유지기간을 측정하였다. 10°C의 경우 저장 3.5일, 4°C는 7일차에 물러짐 품질한계점에 도달하였다. 신선편이 고추 슬라이스는 절단면으로부터 진액이 발생하여 쉽게 물리지고 품질이 저해하여 추후 고추 슬라이스의 품질을 높이기 위한 적절 품종 선택 및 기술개발이 필요하다.

(라) 일반세균수 및 외관 조사 결과

신선편이 고추의 초기 미생물은 5.94 log CFU/g으로 조사되었고, 10°C 처리구는 저장 2일 차 9.12, 4°C 처리구는 저장 4일차에 9.12로 확인하였다. 조리용(ready to cook) 일반세균수 품질한계점은 9 log CFU/g로 설정하여 품질유지기간을 설정하였다.

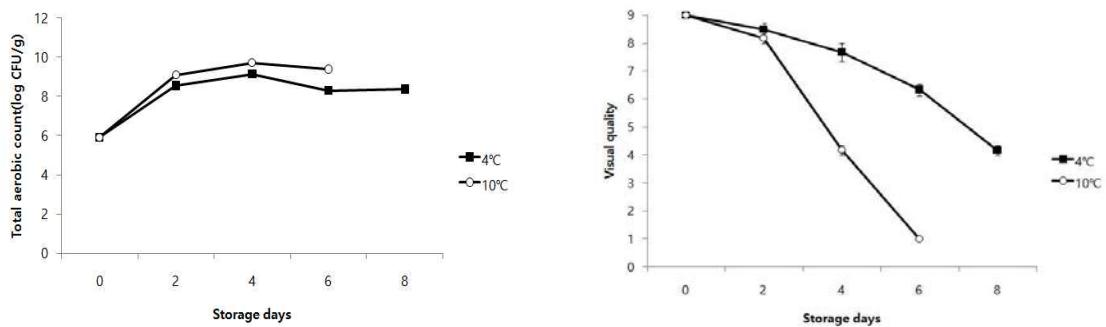


Fig. 24. 신선편이 고추 일반세균수(좌) 및 외관 조사 결과(9=fresh, 0=severe)

(3) 신선편이 마늘 유통기한 설정 연구

(가) 신선편이 마늘 저장온도별 유통기한 설정 결과 요약



Fig. 25. 신선편이 마늘 저장 9일 후 외관 변화

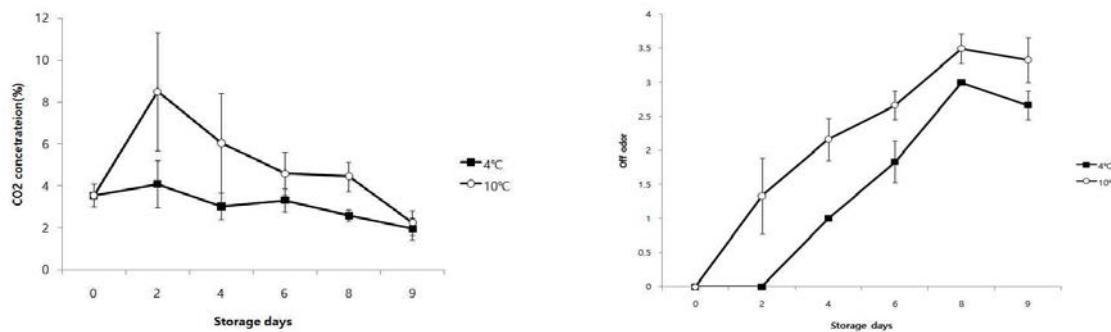
마늘 슬라이스의 저장온도별 유통기한은 여러 가지 품질지표 중 가정 먼저 품질한계점에도 달한 이취, 일반세균, 신선편 등은 기준으로 안전계수(0.7)를 적용하여 산출하였다. 10°C에 저장한 조리용 신선편이 슬라이스 마늘의 경우 2.8일, 4°C에서는 4.2일로 조사되었다.

Table 5. 신선편이 마늘 주요 연구 결과 요약

	마늘	
저장온도(°C)	4	10
유통기한	4.2일	2.8일
일반세균수	6일	6일
외관 품질	6일	4일
신선도	6일	4일
이취	8일	4일
물러짐	8일	8일

(나) 포장 내 기체조성 및 이취 조사 결과

신선편이 마늘의 이취(Off odor)의 품질한계점(COP)은 2.5점을 기준으로 품질유지기간을 설정하였다. 10°C에서는 6일, 4°C는 8일차에 품질한계점(COP=2.5점)에 도달하였다.

Fig. 26. 포장 내 CO_2 변화량 및 이취 조사 결과

(다) 전해질용출량 및 물러짐 조사 결과

신선편이 마늘의 물러짐 품질한계점은 2.5점을 기준으로 품질유지기간을 설정하였다. 10°C에서는 8일, 4°C에서는 총 저장기간 9일 동안 2.5점을 초과하는 물러짐은 발생하지 않았다.

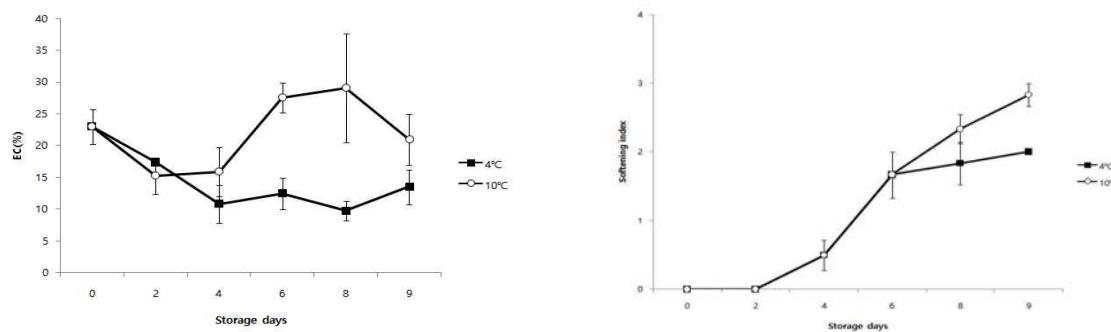


Fig. 27. 신선편이 마늘 EC 및 물러짐 조사 결과

(라) 일반세균수 및 외관 조사 결과

조리용 신선편이 마늘의 일반세균 품질한계점은 9 log CFU/g으로 설정하여 품질유지기간을 설정하였다. 10°C에서는 8일, 4°C에서는 9일로 조사되었고, 외관의 경우 10점 척도(9점 best, 0점 worst)를 적용하여 품질한계점을 5점으로 설정하여 조사하였다. 10°C는 8일, 4°C에서는 9일차에 외관상 품질한계점에 도달하였다.

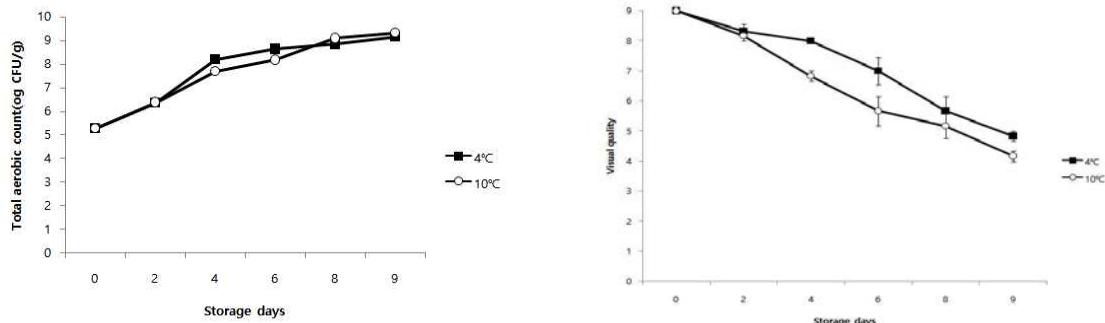


Fig. 28. 신선편이 마늘 일반세균수(좌) 및 외관(우) 조사 결과

(4) 신선편이 생강의 유통기한 설정 연구

(가) 신선편이 생강 저장 중 품질 및 미생물 오염도 조사

신선편이 생강의 경우 유통 중인 제품 수집하여 조사한 결과 외관에 갈변이 많이 발생하였고, 미생물 오염도 조사 결과 유통기한 설정의 어려움이 있어 갈변억제와 미생물 오염도를 낮출 수 있는 열수침지처리방법을 적용 후 유통기한을 설정하고 품질 한계 지표를 설정하였다.

(나) 신선편이 생강 열수 침지 처리 후 유통기한 설정 외관 변화



Fig. 29. 신선편이 생강 저장 10일 후 외관 변화

Table 6. 신선편이 생강 주요 결과 요약

	생강			
	Con	40	50	60
열수처리(°C)	Con	4.2일	4.2일	9.1일
유통기한	6일	6일	13일	13일
일반세균수	13일	17일	17일 이상	10일
이취	13일	17일	17일 이상	13일
갈변	13일	17일	17일 이상	13일
물러짐	13일	17일	17일 이상	13일
외관 품질	13일	17일	17일 이상	13일

(다) 포장내부 기체조성 및 이취

신선편이 생강의 열수침지 처리온도에 따른 저장 중 변화는 저장 5일까지 처리구 간 포장내부의 기체조성에 있어 유의한 차이는 나타나지 않았다. 저장 17일, 60°C 열수침지처리에서 평균 9%로 가장 낮은 산소농도를 보였고, 이외의 처리구는 전체적으로 저장일수가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 이산화탄소 농도는 저장 6일까지 처리구 간 차이가 없었으나 저장 후 10일에는 60°C 열수침지 처리구에서 포장 내 이산화탄소 농도가 4.97%로 급격하게 증가하였고, 저장 말기에는 4.77%를 나타내었다. 즉, 전체적으로 저장일수가 길어질수록 포장 내 산소농도는 낮아지고 이산화탄소농도는 증가하는 경향을 나타내었는데, 신선편이 생강에 40~60°C 열수침지처리가 포장 내 기체농도에 미치는 영향은 저장 6일까지는 나타나지 않았다. 60°C 열수침지 처리구에서 이산화탄소 농도가 저장 10일 이후 크게 증가하면서 관능평가 지표 중 이취 지수와 연관이 있을 것으로 판단된다. 앞선 연구결과에서 신선편이 농산물은 박피 및 절단 시 세포막의 투과성이 높아지고, 외피의 제거로 인하여 조직 속으로의 가스 확산이 높아짐에 따라 호흡량 증가에 영향을 미치며(Sapers G and Miller R. 1992), 열처리는 신선편이 농산물 가공 후 호흡량을 감소시키기도 하지만 지나친 온도에서의 열처리는 세포조직에 손상을 주어 미생물 증식에 영향을 미치고 기체조성에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Hong SI et al. 2004).

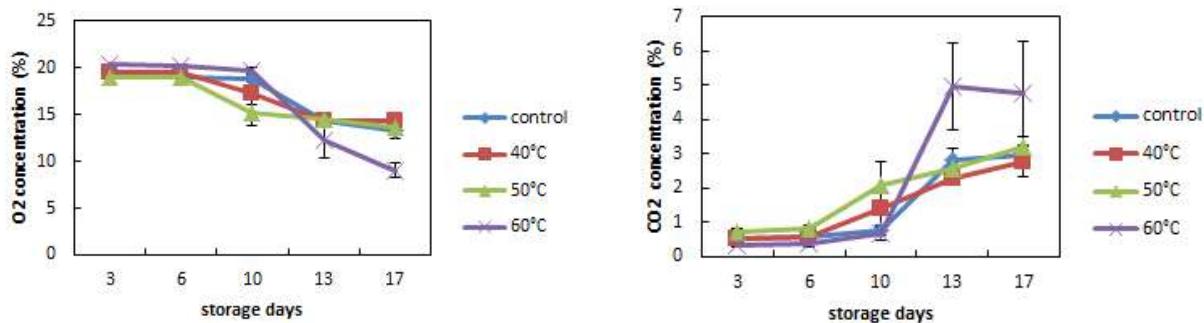


Fig. 30. 신선편이 생강 포장 내 기체 농도 조사 결과

(다) 표면 색도

신선편이 생강의 저장 중 색도의 변화는 매우 중요한 품질 요인 중의 하나이며, 박피 또는 절단 생강은 저장 유통 중에 갈변이 나타나면서 품질이 급격히 상실한다. 일반적으로 절단 신선편이 채소류에 대한 열처리는 관련 효소활성을 억제하여 갈변 등을 방지하는데 효과적인데, 55°C 중온에서의 열처리는 신선편이 연근 등의 변색을 억제하는데 효과적인 것으로 알려져 있다(Chang MS et al. 2012). 본 연구에서 열수침지 처리한 신선편이 생강의 색도 변화를 측정한 결과, 표면의 밝기를 의미하는 L값은 전반적으로 저장기간의 경과와 더불어 감소하였으나, 50, 60°C 열수침지 처리한 경우는 L값의 변화가 적었다. 저장 13일 후 대조구의 L값은 급격히 감소하여 59.55로 가장 낮았으며, 50°C 열수침지 처리구에서는 69.11로 감소폭이 가장 적었다. 이는 열처리에 따른 변색 억제 효과로 보이며 본 연구에 앞서 포장재질에 따른 열처리한 신선편이 연근에서도 유사한 결과를 확인한 바 있다(Chang MS et al. 2012). 열수침지 처리한 신선편이 생강의 a₁값(적색도)은 저장기간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 보였는데, 50°C 열수

침지처리구의 경우에는 저장 17일에도 초기 a값과 유사한 수준을 유지하였다. 즉, 저장 17일에 -5.13으로 측정되어 전체 처리구 중 가장 낮았으며, 대조구에서는 -0.20으로 가장 높게 나타났다. 황색도를 의미하는 b값은 신선편이 생강 저장 중 감소하는 경향을 보였으며, 저장 말일 50°C 열수침지 신선편이 생강은 26.68로 가장 적은 변화를 보였으며, 대조구는 24.57로 b값의 변화가 가장 크게 나타난 것으로 조사되었다. 색차(ΔE 값)에 있어서 대조구는 저장 말기에 19.31로 다른 처리구보다 높은 값을 나타냈으며, 50°C 열수침지 한 경우 8.90으로 가장 낮은 값을 보여 50°C 열수 처리가 갈변 억제 및 저장 중 신선편이 생강의 색차의 변화를 억제하고 고유의 색을 유지하는데 가장 효과적인 것으로 판단된다.

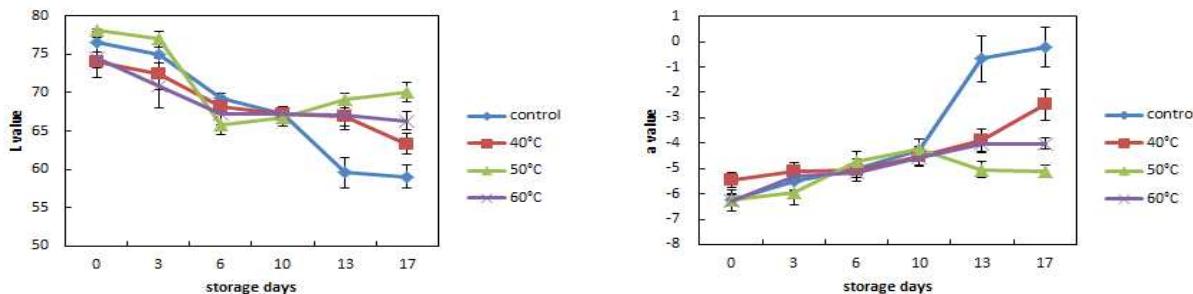


Fig. 31. 신선편이 생강 색도(L값, a값) 조사 결과

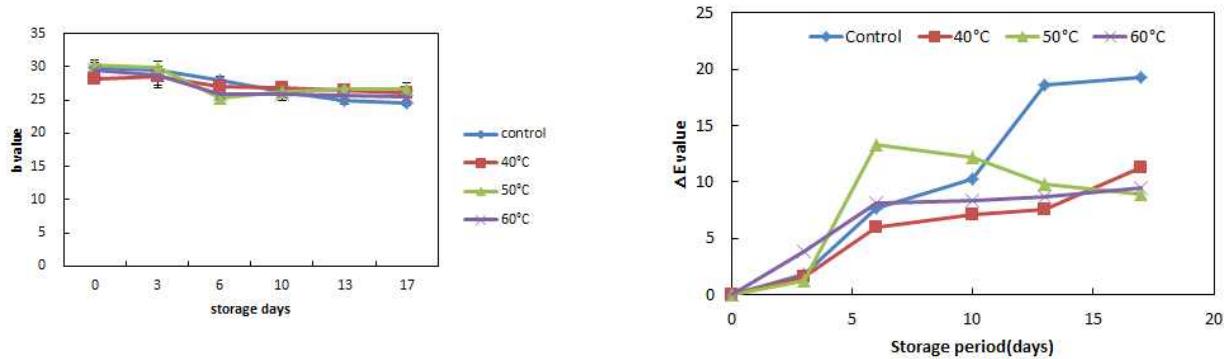


Fig. 32. 신선편이 생강 색도(b값), 색차 조사 결과

(라) 경도

신선편이 생강을 즉석 섭취용으로 사용하는 경우, 경도는 신선햄을 대표하는 품질지표 중 하나로 손꼽힌다. 하지만 신선편이 가공공정의 특성상 세척, 박피, 절단하는 과정에서 물러짐이 쉽게 발생한다. 특히, 지나치게 고온의 열수를 농산물 세척에 이용할 경우 조직의 연화가 빠르게 발생하여 경도의 수치가 낮아져 식미에 영향을 줄 수 있다. 본 실험의 경우, 처리 직후 경도는 대조구와 비교하여 40, 50 또는 60°C 열수침지 처리가 약간 낮은 경향을 보였고 처리 온도가 높아질수록 다소 낮게 유지되는 경향을 보였는데 저장 17일 동안 전체적으로 경도가 일정하게 유지되었다. 저장 17일에 대조구는 61.24N으로 가장 높은 경도를 유지하였고, 50°C 열수침지 처리의 경우는 56.39N으로 조사되었다. 초기 대조구의 경도 값이 54.27임을 감안할 경우 저장 기간 17일 동안 열수침지처리에 의한 조직의 연화 혹은 경도 값의 큰 변화는 나타나지 않아 60°C 이하의 열수침지 처리를 통한 상품성에 영향을 줄 만한 식미의 변화는 없을 것

으로 판단된다.

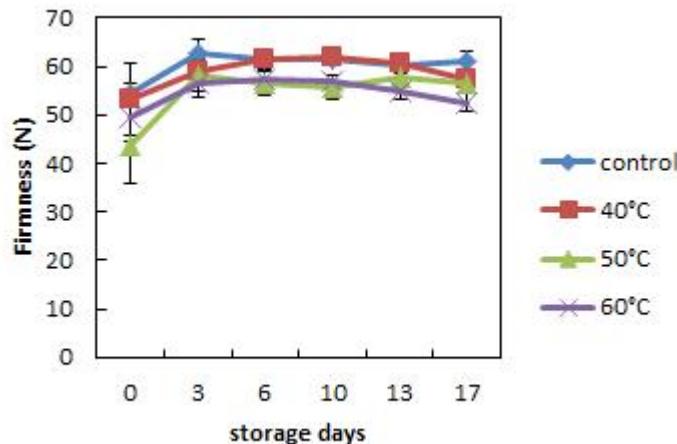


Fig. 33. 신선편이 생강 경도 변화 조사 결과

(마) 미생물 오염도 조사 결과

일반적으로 신선편이 농산물은 절단, 박피, 세척 등의 가공과정을 거치며 표면에 묻어있는 미생물이 과육 부위로 옮겨지면서 식물 세포 조직의 체액을 영양분으로 활용하여 급격히 증식함으로써 미생물에 의한 부패가 일반 농산물에 비해 촉진될 수 있다(O'connor-Shaw R et al. 1994). 최근 소비트렌드가 변화함에 따라 즉석섭취용 혹은 조리용 농산물의 사용이 증가하면서 이러한 농산물들의 미생물적 안전 기준에 관한 연구들이 보고되고 있으며, 선행연구 결과에 따르면 채소류의 가공형태에 따라 건채소류는 일반세균수 $6 \log \text{CFU/g}$ 이하를 안전 기준으로 제시하였지만 즉석섭취용(ready to eat) 신선품에 대한 안전기준은 제시하지 못한 바 있다(Gilbert R et al. 2000). 따라서 국내에도 신선편이 농산물의 안전성을 높이기 위하여 신선편이 생강의 저장 및 유통 중 미생물 오염도를 낮출 필요가 있는데, 본 연구에서는 다양한 온도에서 생강을 열수침지 처리하여 일반세균수와 효모 및 곰팡이 수를 분석한 결과는 다음과 같다(Table 2). 일반세균수는 대조구의 경우 저장 초기에 $5.22 \log \text{CFU/g}$ 에서 급격하게 증가하여 저장 13일째 $9.18 \log \text{CFU/g}$ 로 처리구 중 가장 높은 밀도를 나타내었다. 50°C 열수침지 처리의 경우는 처리 직후 초기 미생물이 $3.10 \log \text{CFU/g}$ 으로 조사되었고 저장 13일에 $8.98 \log \text{CFU/g}$ 로 조사되어 열수침지 처리는 신선편이 생강의 초기 미생물 오염도를 낮추는데 효과가 있는 것으로 판단되었다. 60°C 열수침지 처리의 경우 저장 초기 일반세균수는 $2.91 \log \text{CFU/g}$ 로 처리구 중 가장 낮은 밀도를 보였으나 저장 말기 $10.02 \log \text{CFU/g}$ 로 대조구와 유의한 차이가 없는 수준까지 증가하였다. 이는 열수 침지에 의해 처리 직후 초기 미생물 오염도는 줄어들었지만 60°C 에서 10분간의 열수 침지 처리로 인하여 세포 조직이 손상을 받아 저장 중반부 이후 부패가 오히려 촉진되었다고 판단되었다. 신선편이 생강의 열수침지 온도별 저장 중 효모(yeast)를 포함한 전체 곰팡이를 조사한 결과, 대조구는 저장 초기에 $2.13 \log \text{CFU/g}$ 으로 비교적 높은 밀도를 나타내었고, 40°C 처리의 경우는 $1.84 \log \text{CFU/g}$ 으로 다소 낮아지는 경향을 보였으며, $50, 60^{\circ}\text{C}$ 열수침지 처리의 경우는 처리 직후에는 효모 및 곰팡이는 발견되지 않았다. 하지만 저장 3일 이후 50 와 60°C 열수 침지 처리구에서도 효모 및 곰팡이 발견되기 시작하였

고, 저장 말기에는 대조구는 $2.60 \log \text{CFU/g}$, 50°C 처리에서는 $2.43 \log \text{CFU/g}$ 으로 조사되었다. 이상의 결과를 볼 때 신선편이 생강에 대한 50°C 혹은 60°C 열수침지처리는 저장 10일까지 초기미생물을 크게 줄일 수 있으며 전체적인 생강의 품질유지기간 연장에 효과가 있다고 판단된다.

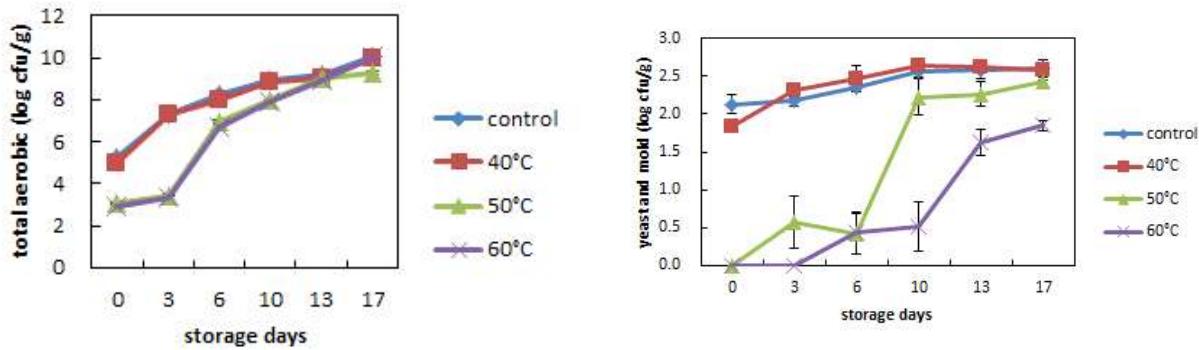


Fig. 34. 신선편이 생강 일반세균수 및 효모 및 곰팡이 수 조사 결과

(바) 관능적 품질 변화

① 종합 신선편 및 외관 품질 변화

전반적인 기호도를 나타내는 외관 품질은 저장기간 중 모든 처리구에서 감소하였으며, 저장 초기 대조구는 9점에서 저장 13일에 3.50점으로 급격한 감소를 보였고, 50°C 열수침지는 저장 3일에 7.75에서 저장 17일에 5.33점으로 감소폭이 가장 적었다. 이는 색변화와도 일치하는 결과로서 열수침지처리에 따라 갈변에 관여하는 효소반응이 억제되면서 전반적인 기호도에도 영향을 미친 것으로 생각된다. 상품성 한계점을 5점으로 설정하여 측정한 신선편이 생강의 종합신선편 항목은 대조구에서 저장 13일차 3.5점으로 상품성을 소실하였다. 반면, 50°C 열수처리 신선편이 생강의 경우 저장 말일에 상품성 한계점 이하로 조사되었다. 반면, 50°C 열수처리 신선편이 생강의 경우 저장 말기까지 상품성 한계점 이상의 점수를 유지하여 품질유지기간 연장에 가장 효과적인 처리구로 판단하였다.

② 이취 변화

이취는 포장 내 기체조성과도 관련이 있으며, 앞선 연구결과로는 신선편이 채소에서 이취 발생은 제품 포장 내부의 낮은 산소 및 높은 이산화탄소 농도에 의한 혐기적 호흡과정의 산물로 보고된 바 있다(Smyth AB et al. 1999, Watada AE et al. 1996.). 본 연구결과 이취발생 지수는 저장기간 중 모든 처리구에서 증가하였으며 특히 저장 13일에 대조구에서 급격하게 증가하여 2점을 나타내어 상품성을 상실하였다. 한편, 50°C 열수 침지 처리구에서는 저장 13일에 1.67로 처리구 간 가장 낮은 지수로 조사되어 신선편이 생강의 품질유지기간을 연장하는데 효과적인 처리로 판단되었다.

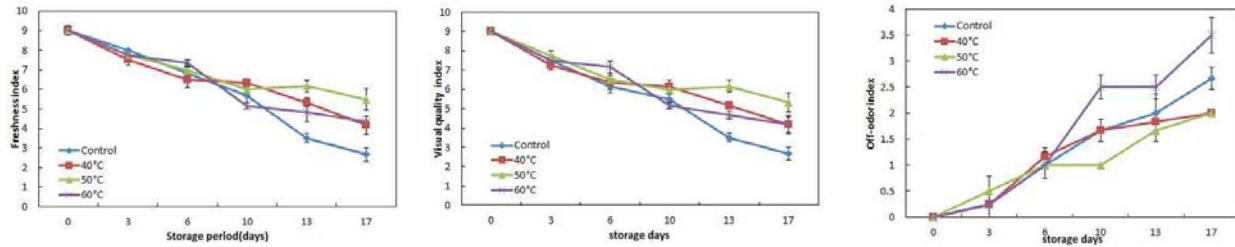


Fig. 35. 신선편이 생강 외관, 종합신선도, 이취 조사 결과

③ 물러짐 변화

물러짐 지수는 신선편이 생강 표면의 조직의 투명도 및 즙액 누출 정도를 부여하여 조사하였으며, 처리 직후 60°C 열수침지 처리에서 표면에서 일부 물러짐 및 진액 발생 등의 조직의 변화가 관찰되었고, 저장 17일에 2.50으로 가장 높은 물러짐 지수로 조사되어 대조구와 비교하여 유의한 차이는 없었다. 한편, 50°C 열수침지 처리구의 경우는 저장 17일간 물러짐 발생이 가장 적었다 저장 17일에 1.67로 다른 처리구와 비교하여 물러짐 지수가 가장 낮아 상대적으로 높은 신선도를 유지하였다.

④ 갈변도 변화

신선편이 생강 세척 및 절단 가공을 진행할 경우 절단면 표면이 산소와 접촉하면서 갈변하게 되는데, 이는 폐놀 물질이 polyphenol oxidase(PPO)에 의해 산화하면서 나타나며(Lee HR et al. 2014), 갈변 현상은 소비자의 신선편이 제품을 선택하는데 큰 장해요인으로 알려져 있다. 신선편이 농산물의 갈변을 억제하기 위해서 열처리(heat shock), 진공 포장 등 다양한 방법을 산업적으로 적용하는 연구가 진행된 바 있는데(Chang MS et al., 2012, Chung HS and Moon KD, 2011, Tsouvaltzis P et al. 2011), 본 연구에서 세척 과정 중 열수의 온도에 따른 갈변 현상의 억제 정도를 조사한 결과는 다음과 같다. 대조구의 갈변 지수 변화는 저장 10일 이후 급격히 증가하여 저장 17일에 갈변 지수 3.67로 상품성을 상실하였다. 반면, 50°C 열수침지 처리구에서는 조사기간 중 서서히 증가하여 저장 17일에 1.50으로 처리구 간 가장 낮은 지수로 조사되어 색도 조사 결과(Fig. 2, 3)와 일치하는 효과를 보였다. 그러나 이와 같은 50°C 열수침지 처리에 의한 갈변 억제가 PPO의 활성 억제에 의한 결과인지 본 연구에서는 확인하지 못하였으므로 추후 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

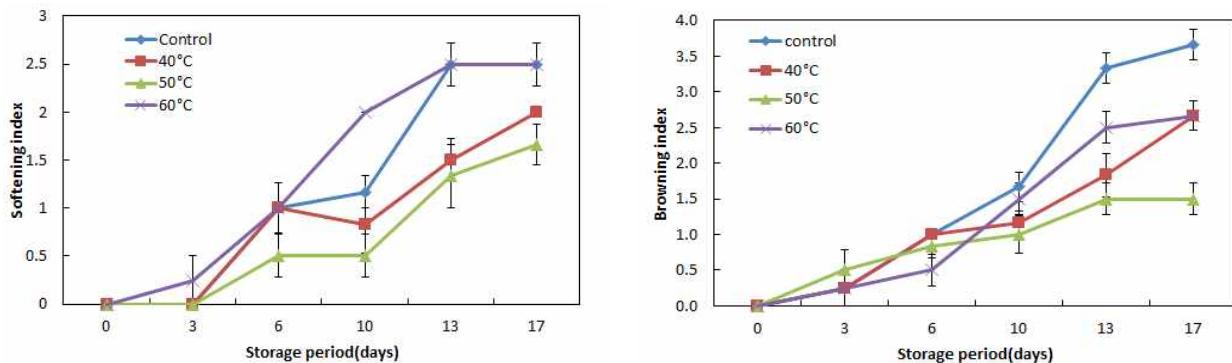


Fig. 36. 신선편이 생강 물러짐, 갈변도 조사 결과

(사) 총 페놀 함량 변화

총 페놀 함량 측정은 국내외에서 과일, 채소 및 그 가공품의 건강 기능적 품질 성분의 지표를 검정하는 방법으로 널리 이용되고 있다(Sato M et al. 1996). 선행 연구 결과로서 생강 잎의 추출물이 무와 마늘보다 약 1.5배 높은 함량으로 조사된 바 있다(Lopez-Galvez G et al. 1996). 한편, 절단한 신선편이 농산물에서 갈변은 페놀(phenol) 물질이 polyphenol oxidase(PPO)에 의해 산화하면서 나타나며 이는 포장백 내부의 O₂농도가 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Lee HR et al. 2014). 열수침지 온도에 따른 저장 중 신선편이 생강의 총 페놀 함량 조사 결과는 다음과 같다. 대조구는 저장 3일까지 열수침지 처리구와 큰 차이를 나타내지 않았으나 저장 6일 이후 그 함량이 급격히 감소하였다. 50°C 열수 처리의 경우 저장기간 중 큰 변화는 나타나지 않았으며, 60°C 열수 처리의 경우 처리 직후 다른 처리에 비하여 높은 수치를 보였으나 저장 10일이후 감소하는 경향을 보였다. 이는 포장 내 산소 농도의 변화와 일치하는 경향을 나타내었고, 효소적 갈변 효소인 polyphenol oxidase (PPO)에 의해 산화되어 생성되는 퀴논(quinone)이 갈변 현상으로 나타나게 되고 저장 중 호흡과 산화과정에서 다양한 페놀 화합물들이 2차 대사산물로 전환되어 결과적으로는 생강의 총 페놀 함량이 감소한 것으로 해석된다. Saltveit ME. 2000.에 따르면, 45°C 90초간 열처리를 할 경우 phenylalanine ammonia-lyase (PAL)의 증가를 억제하는 작용을 하며, 이는 농산물 가공 시 발생하는 물리적 상처의 발생 4시간 전과 발생 2시간 후에도 동일한 효과를 보여 갈변이 억제되는 결과를 얻었으며, 셀러리와 상추에서도 동일한 효과를 확인한 바 있다. 따라서 이러한 열처리 기술을 활용한다면 신선편이 농산물 가공 시 발생하는 갈변 현상에 의한 품질 저하를 막을 수 있을 것으로 생각된다.

(아) 전해질 용출량 변화

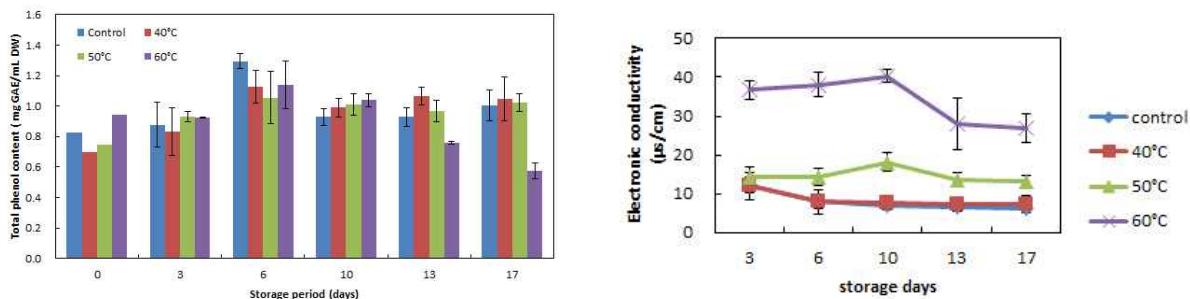


Fig. 37. 신선편이 생강 총 페놀 함량, 전해질 용출량 조사 결과

신선편이 농산물 가공 직후에 조직의 전해질 누출이 크게 증가되는 것은 절단에 따른 산화적 스트레스에 의한 막유동성(membrane fluidity)의 변화 때문으로 알려져 있으며(Hong JH and Gross KC, 1998), 저장기간이 경과할수록 조직의 노화가 진행되면서 세포막이 붕괴되어 전해질의 누출이 다시 증가한다고 알려져 있다(Kim JG et al. 2005, Luo Y et al. 2004). 열수 침지 처리 온도에 따른 저장 중 신선편이 생강의 전해질 용출량을 조사한 결과, 대조구와 40°C 열수 처리의 경우 저장기간 동안 유의한 차이는 나타나지 않았으며, 50°C 열수 처리의 경우 대

조구에 비하여 높은 수치로 조사되었으나 저장 기간 동안 일정하게 유지되는 것을 확인하였다. 반면, 60°C 열수 침지 처리의 경우 저장 초기부터 가장 높은 값을 나타내었고 저장 10일 이후 급격하게 감소하는 경향을 보였다. 이는 저장 13일차 생강의 관능평가 시 표면 진액 발생 등의 상품성을 저해하는 요소와도 관련이 있을 것으로 판단되며, 지나친 열수 처리는 오히려 품질의 상품성에 나쁜 영향을 줄 수 있을 것으로 판단되었다.

다. 신선편이 양상추, 무, 당근, 연근, 고구마의 유통기한 설정 연구

(1) 신선편이 양상추 유통기한 설정 연구

신선편이 양상추의 경우 부위에 따른 편차가 심하고 갈변이 가공 직후 쉽게 발생하여 품질 유지기간을 설정하는데 어려움이 있다고 판단하여 세척방법에 따른 품질유지기간을 설정하고 최적의 세척방법을 모색하고자 본 실험을 진행하였다.

Table. 7. 신선편이 양상추 주요 연구 결과 요약

	양상추					
열수처리(°C)	Con	NaOCl	열수	열수+AA	열수+키토산	키토산
유통기한	7일	9.8일	9.8일	7일	7일	4.9일
일반세균수	14일	14일	14일	14일	14일	14일
이취	14일	14일	14일	14일	14일	14일
표면갈변도	10일	14일 이상	14일 이상	10일	14일	7일
절단면갈변도	10일	14일 이상	14일 이상	10일	10일	7일
종합신선도	10일	14일	14일 이상	10일	10일	7일

(가) 포장 내 기체조성

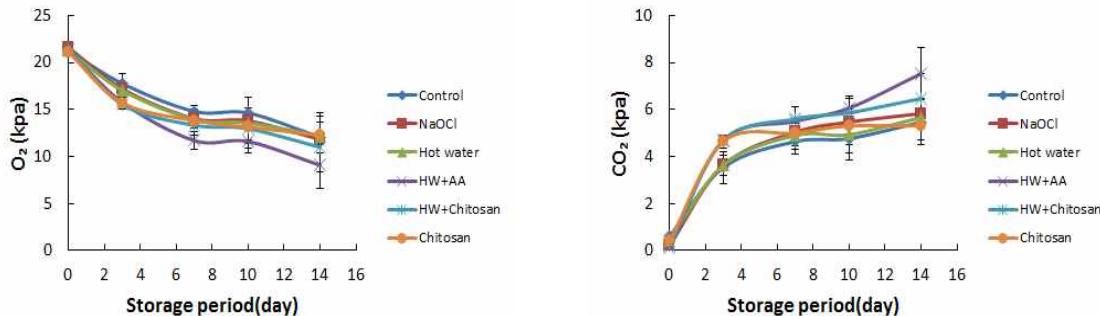


Fig. 38. 신선편이 양상추 포장 내 산소 및 이산화탄소농도

신선편이 양상추의 포장 내 기체농도 변화 조사 결과 포장 내 산소농도는 저장기간 동안 감소하였고 CO₂ 농도는 증가하는 양상을 보였으며, 저장 말기 CO₂ 농도는 HW+AA처리구에서 가장 높은 7.5%, Chitosan 처리구에서 가장 낮은 5.3%로 조사되었다.

(나) 일반세균수 및 대장균군 조사 결과

신선편이 양상추의 일반세균수 조사 결과 대조구 대비 세척처리를 진행하였을 때 초기미생물 감소를 확인하였고, 저장말기까지 모든 처리구에서 7log CFU/g 이하로 조사되었다. 대장균군의 경우 열수침지처리와 차아염소산나트륨 처리구에서 저장말기까지 가장 낮은 밀도로 확인하였다.

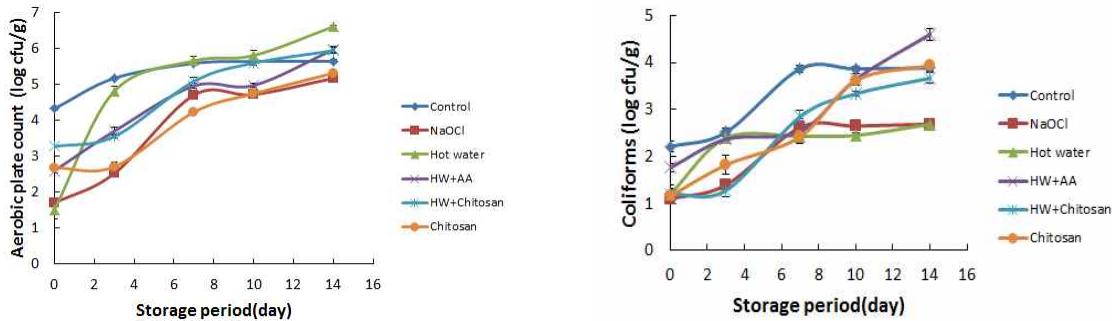


Fig. 39. 신선편이 양상추 일반세균수, 대장균군 조사 결과

(다) 효모 및 곰팡이 조사 결과 및 외관 조사 결과

신선편이 양상추의 효모 및 곰팡이 조사 결과 무처리구에서는 조사 초기부터 2.5 log CFU/g 이상의 밀도로 조사되었고, 열수침지 처리 및 차아염소산나트륨 처리구에서 가장 낮은 밀도로 조사되었다. 저장 기간 중 효모 및 곰팡이는 증가하는 양상을 보였으며 저장 말일까지 차아염소산 나트륨과 열수 침지처리에서 가장 낮은 수치로 조사되어 가장 효과적인 처리구로 판단하였다. 종합외관 조사 결과로는 열수 침지 처리 시 물러짐 혹은 외관의 변화가 빠를 것으로 예상하였으나 30초간 중온에서의 열처리는 외관의 품질 유지에 긍정적인 영향을 나타냈다. 저장 10일까지 7점 이상의 높은 점수를 유지하며 외관 품질이 상품성 있는 상태로 유지되었다. 반면, 갈변 억제 및 품질 향상의 식용 코팅제로 최근 실험재료로 활용되고 있는 키토산 처리구에서는 오히려 외관의 품질이 급격히 나빠져 양상추에는 적합하지 않은 처리구로 판단된다.

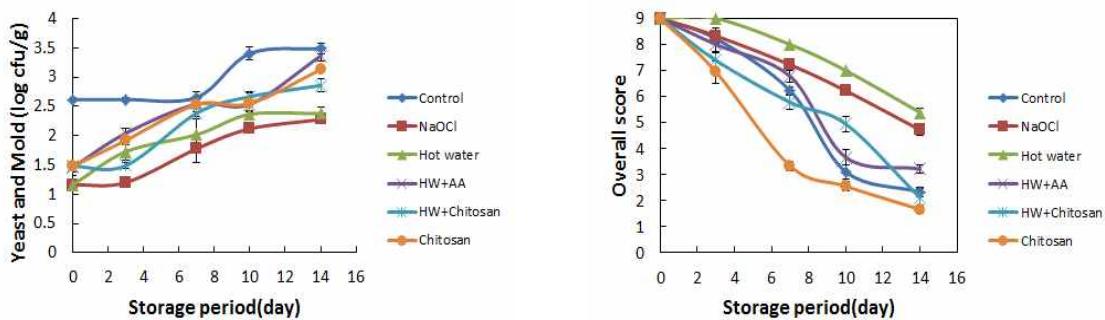


Fig. 40. 신선편이 양상추 효모 및 곰팡이 및 외관 조사 결과

(라) 신선편 및 이취 조사 결과

신선편이 양상추 신선편은 외관 품질과 비슷한 경향을 보이는 것으로 조사되었고, 신선편이

양상추의 품질을 가장 오래 유지할 수 있는 처리구로는 차아염소산나트륨과 열수침지 처리구로 판단되어진다. 또한 신선편이 양상추 밀봉 포장 시 품질에 영향을 주는 요인 중 하나로 이취가 있는데, 상품성 한계 기준을 2점으로 조사하였을 때, 모든 처리구에서 저장 말일까지 상품성에 영향을 줄만큼의 이취는 발생하지 않았다.

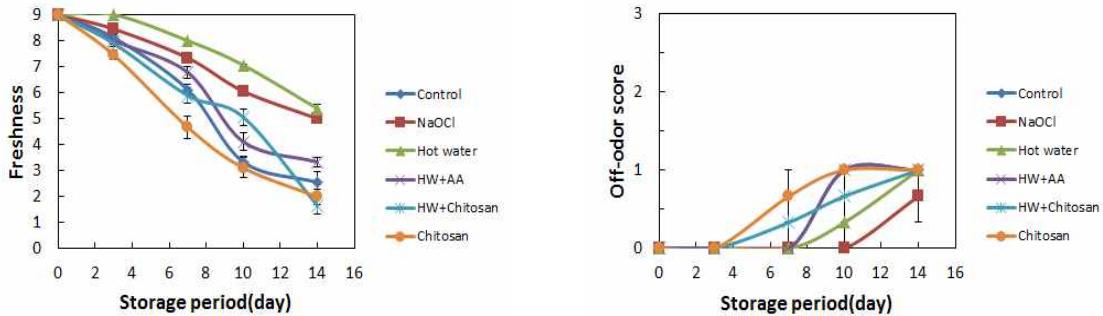


Fig. 41. 신선편이 양상추 신선도 및 이취 조사 결과

(마) 표면 갈변도, 절단면 갈변 조사 결과

신선편이 양상추의 품질유지기간 설정 시 가장 큰 품질요인은 갈변이다. 갈변은 주로 절단면과 절단 시 물리적 충격을 받은 표면에 생기기 쉽다. 본 실험은 양상추의 갈변을 억제할 수 있는 최적의 세척방법을 모색하고자 다양한 처리에 따른 갈변 억제 정도를 비교하였다. 표면 갈변도 조사 결과 열수침지 처리구가 저장 7일까지 갈변이 조사되지 않아 가장 우수한 처리구로 판단되어지며, 무처리의 경우 저장 3일차부터 갈변이 발견되었고, 약 12일 이후 상품성을 상실할만한 수준인 2점 이상의 갈변이 발생하였다. 차아염소산나트륨 처리와 열수 침지처리는 저장 말일인 14일까지 1점 이하의 표면 갈변도 지수로 조사되어 가장 우수한 처리구로 판단되어진다. 절단면에 발생한 갈변지수 조사 결과에서도 표면 갈변도와 유사한 경향을 나타내었고, 열수침지 처리가 절단면의 갈변억제에 효과가 있음을 확인하였다.

*본 실험의 경우 2016년 2월 양상추 원물의 품질이 우수한 개체를 선별하여 진행하였다.

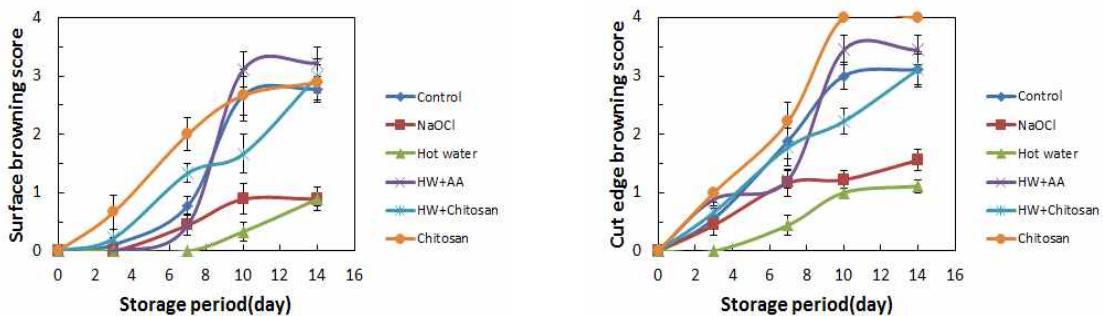


Fig. 42. 신선편이 양상추 갈변도 및 절단면 갈변 조사 결과

(바) 갈변, 색도(a^* 값) 조사 결과

신선편이 양상추의 갈변도를 흡광도로 분석한 결과는 다음과 같다. 표면 갈변 및 절단면 갈

변 조사결과와 유사한 양상을 보이며, 갈변의 지표로 활용되는 a^* 값을 조사한 결과도 열수 침지처리구에서 그 값이 가장 낮게 조사되어 가장 효과적인 처리구는 열수 침지처리로 갈변 항목의 다양한 조사 시 열수침지 처리가 신선편이 양상추의 갈변 억제에 효과적임을 확인하였다.

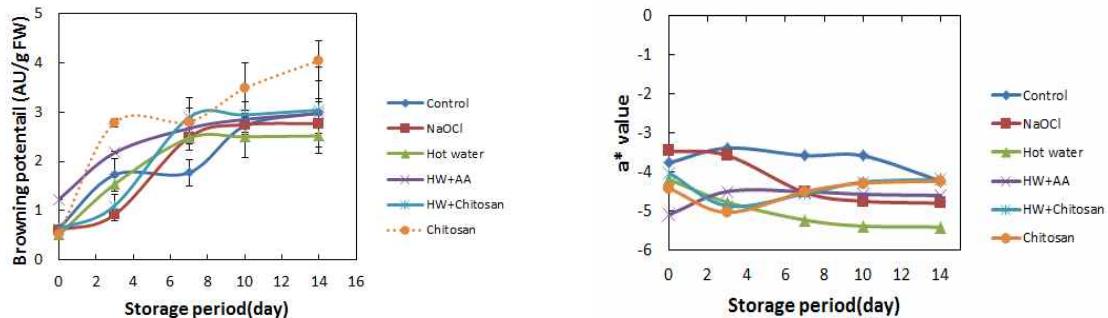


Fig. 43. 신선편이 양상추 갈변 및 색도 조사 결과

(2) 신선편이 무 유통기한 설정 연구

Table 8. 신선편이 무 유통기한 주요 결과 요약

신선편이 무		
저장온도(°C)	4	10
유통기한	9.1일	6.3일
일반세균수	13일	13일
이취	13일	13일
갈변	16일	9일
신선도	13일	9일

(가) 색차, L*, a*, b* 조사 결과

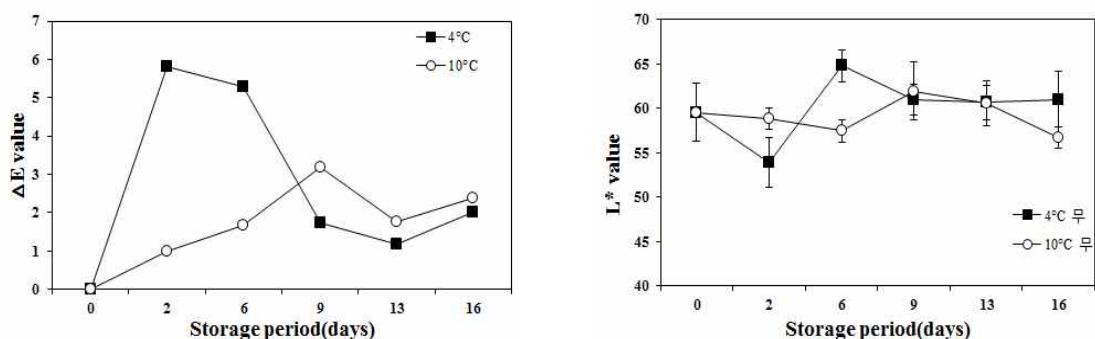


Fig. 44. 신선편이 무 색차 및 L값 조사 결과

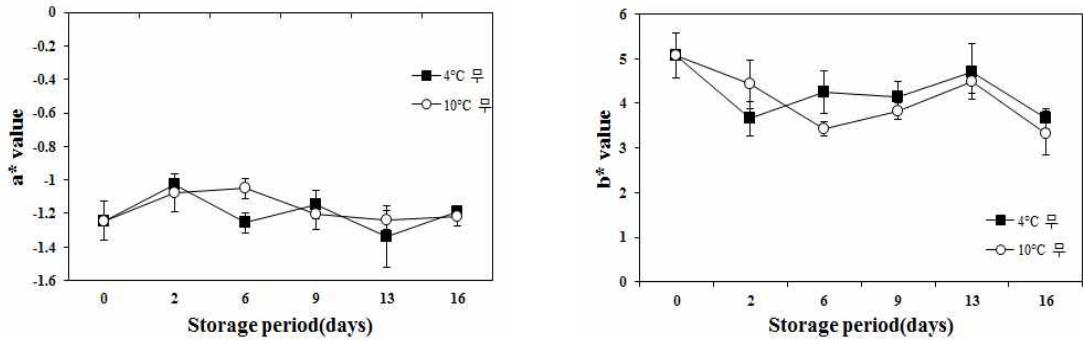


Fig. 45. 신선편이 무 a^* , b^* 조사 결과

(나) 경도, 일반세균수 조사 결과

신선편이 무의 경도 조사 결과 저장온도에 따른 차이는 나타나지 않았고 저장기간 중 조금 씩 감소하는 양상을 나타내었으나 저장 말일까지 식감에 영향을 줄만한 변화는 나타나지 않았다. 일반세균수 조사 결과 4°C 저장 시 10°C에 비하여 증가 속도가 낮음을 확인하였으나 저장 13일차 모든 처리구에서 7 log CFU/g 이상의 밀도로 조사되었다.

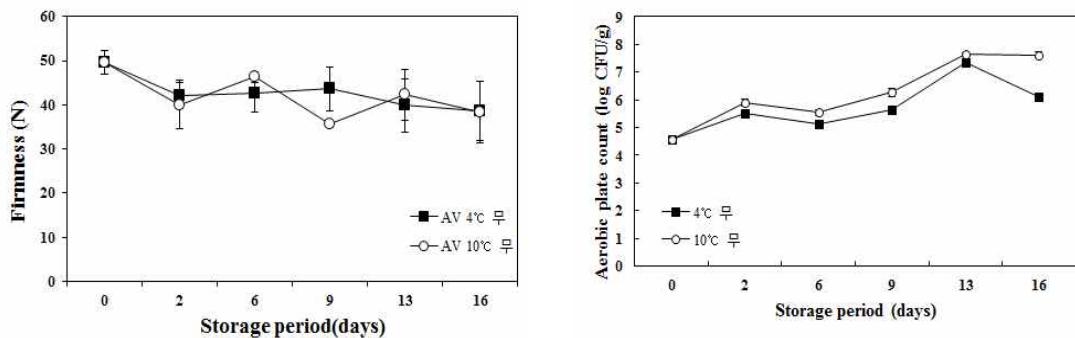


Fig. 46. 신선편이 무 경도 및 일반세균수 조사 결과

(다) 대장균군, 효모 및 곰팡이 조사 결과

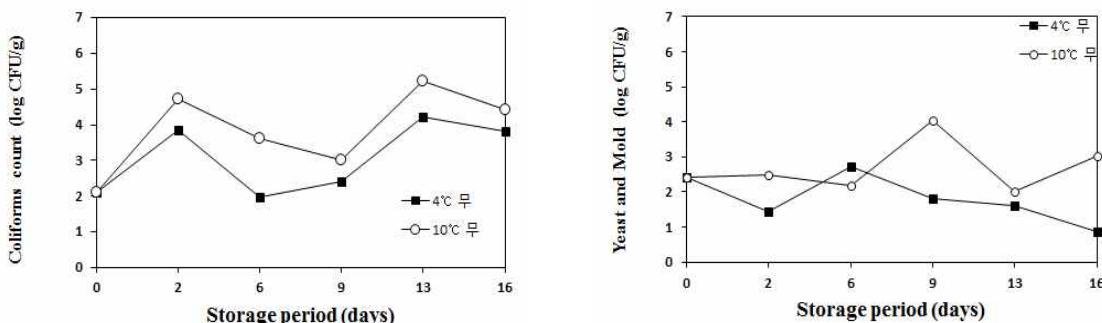


Fig. 47. 신선편이 무 대장균군 및 효모 및 곰팡이 조사 결과

신선편이 무의 대장균군 조사 결과 저장 일별로 차이는 있지만 저장 기간 중 증가하는 양

상으로 조사되었고 최대 5 log CFU/g 이상의 수치로 조사되어 추후 신선편이 무의 세척 및 살균 방법에 관한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 보여진다. 효모 및 곰팡이 조사 결과는 4°C 저장 시 저장 말기까지 초기 농도와 유사 혹은 이하의 밀도를 유지하여 신선편이 무 저장 및 유통시에는 4°C로 온도를 낮추는 것이 미생물 증식을 억제하는데 효과적임을 확인하였다.

(라) 신선편, 이취 조사 결과

신선편이 무의 신선편은 외관의 갈변, 표면 마름현상, 색의 변화 등을 육안으로 판단하여 점수화하였다. 6일차부터 진공풀림 현상이 발생하였고 갈변, 색의 변화, 표면 갈라짐 등이 발생하여 상품성에 영향을 주기 시작하였다. 저장 온도로 보면 4°C에서는 진공 풀림 현상 등이 10°C 저장에 비하여 느리게 발생하여 신선편이 무 저장 및 유통시에는 4°C로 유지함이 바람직 할 것으로 판단되어진다. 주로 진공포장으로 유통 중인 신선편의 무의 경우 이취는 중요한 품질지표 중 하나이다. 저장온도에 관계없이 저장 6일차에 이취가 발생하기 시작하였고 이후 조사기간에서는 10°C 저장 시에 더 높은 점수로 조사되어 저장온도가 이취발생 및 상품성유지에 영향을 줌을 확인하였다. 이취는 포장 내 기체농도와도 관련이 있으며 주로 호흡량 증가에 따른 진공풀림 현상이 발생하는 시점과 이취의 발생 시점이 비슷함을 확인하였다. 이취의 상품성 한계점은 2점으로 설정하였고 저장 13일차에 처리온도에 관계없이 모두 2점을 초과하였다.

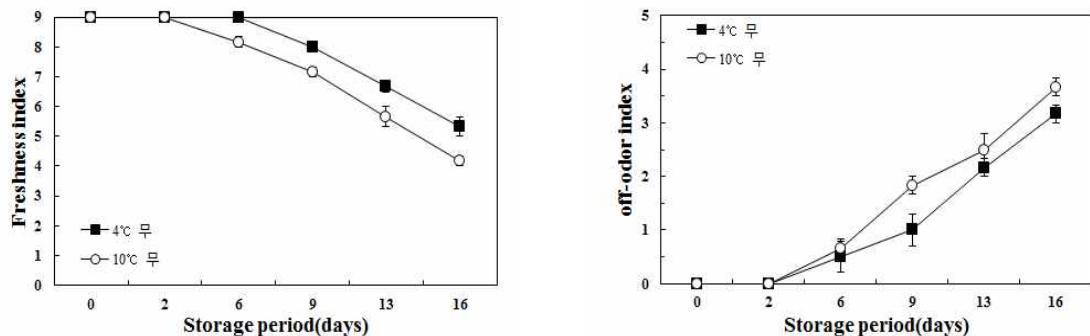


Fig. 48. 신선편이 무 신선편 및 이취 조사 결과

(마) 갈변 조사 결과 및 외관 사진

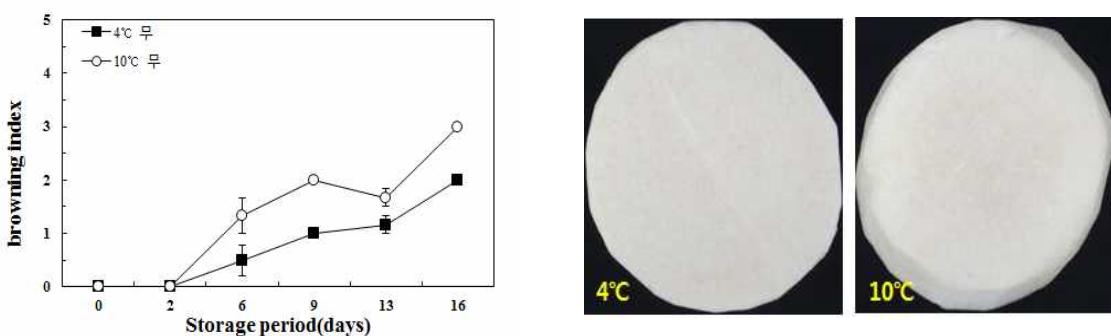
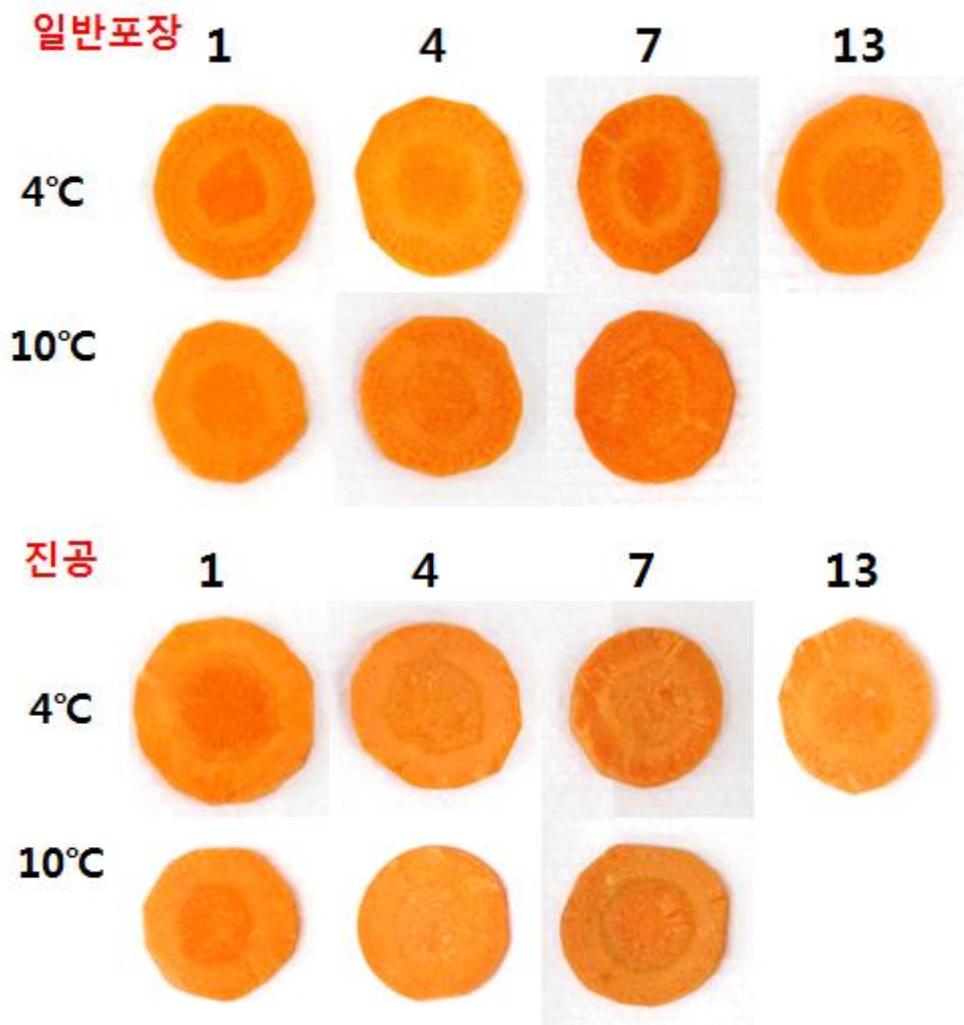


Fig. 49. 신선편이 무 갈변 및 외관

신선편이 무는 주로 원형 슬라이스 형태로 절단하여 진공포장으로 유통되고 있다. 하지만 세척, 박피, 절단 등의 과정을 거치면서 호흡량 증가로 인하여 쉽게 진공 풀림 현상이 발생하고 있으며 갈변 현상도 발생하게 된다. 표면의 갈변도를 조사한 결과는 다음과 같다. 저장 6일 차부터 표면의 색 변화가 감지되었으며, 10°C 저장 시 더 빠른 색 변화를 나타내었다. 특히, 10°C 저장 시 9일차에 상품성 한계점인 2점을 초과하여 갈변에 의한 품질변화가 신선편이 무의 중요한 품질지표 중 하나로 판단하였다. 4°C 저장 조건에서는 16일차에 한계점 이상의 점수로 조사되어 저장 온도 간 품질유지기간의 차이를 나타내었다.

(3) 신선편이 당근 유통기한 설정 연구

(가) 신선편이 당근 유통기한 설정 연구 요약



신선편이 당근의 경우 유통형태가 일반포장과 진공포장 두 가지 형태로 주로 유통되고 있다. 일반포장에 비하여 진공포장의 경우 유통기한이 더 길게 조사되었다. 일반포장의 경우 특히 절단면에 백화 현상이 심하게 발생하여 10°C 유통 시 유통기한이 2.1로 조사되어 추후에 신선편이 당근의 품질향상 및 품질유지를 위하여 백화현상을 억제할 수 있는 기술 개발이 필요하다.

Table 9. 신선편이 당근 주요 결과 요약

	일반포장		진공포장	
저장온도(°C)	4	10	4	10
유통기한	4.9일	2.1일	9.1일	4.9일
일반세균수	13일	13일	13일	13일
이취(2점)	13일	13일	13일	7일
백화(2점)	7일	3일	13일	13일
물러짐(7점)	13일	13일	13일	7일
경도(30미만)	13일	13일	13일	7일

(나) 신선편이 당근 포장형태에 따른 표면 색변화 조사 결과

신선편이 당근의 경우 진공포장과 일반포장(밀봉) 두 가지 형태로 주로 유통되고 있으나 신선편이 산업체에서 신선편이 당근 유통 시 이취 등의 문제로 인하여 적절한 포장형태를 선발해 달라는 요구도가 있어서 두 가지 형태에 대한 품질유지기간을 설정하였다. 일반포장의 경우 표면의 색변화가 급속하게 진행되어 저장 7일차 백화현상이 심하게 발생하였다. 진공포장의 경우 개봉 후 백화현상이 빠르게 진행되지만, 진공이 유지되는 시점까지는 색변화가 비교적 잘 유지됨을 확인하였다.

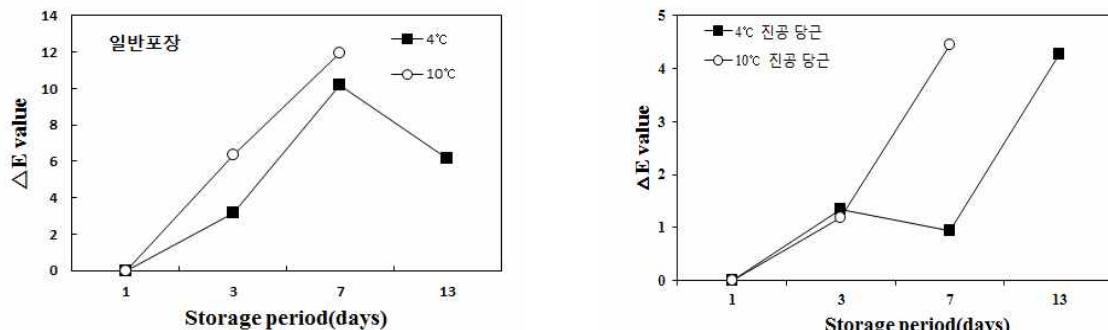


Fig. 50. 신선편이 당근 일반포장 색차 및 진공포장 색차 조사 결과

신선편이 당근은 일반포장의 경우 표면의 백화현상이 저장 7일차에 심하게 발생하였는데 L_a값 조사 결과와도 유사한 경향으로 나타났다. 진공포장의 경우 초기 당근 본래의 색을 비교적 잘 유지하는 것으로 조사되었다. 적색도를 의미하는 a₁₆값 조사 결과 역시 진공포장 시 초기의 값을 저장 말기까지 유지함을 확인하였고, 반면 일반포장의 경우는 색변화가 급격하게 진행됨을 확인하였다. b₁₆값도 유사한 경향을 나타내어 종합적으로 신선편이 당근의 색 변화에 대한 품질지표 조사 결과로는 진공포장이 유리한 것으로 판단되어진다.

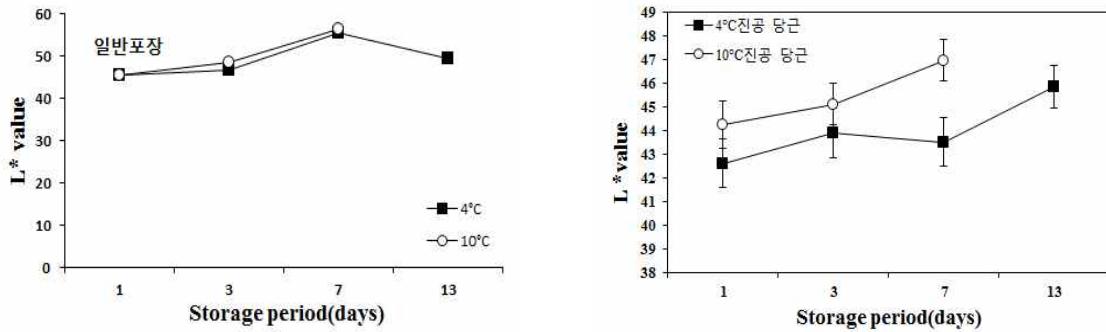


Fig. 51. 신선편이 당근 일반포장 및 진공포장 L*값 조사 결과

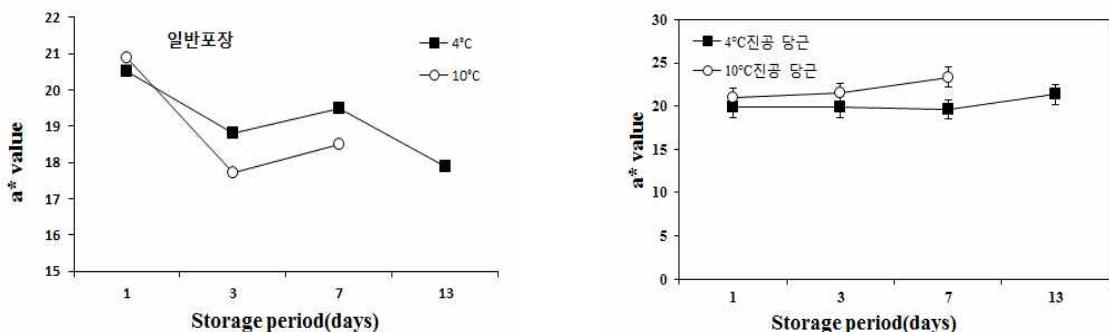


Fig. 52. 신선편이 당근 일반포장 및 진공포장 a*값 조사 결과

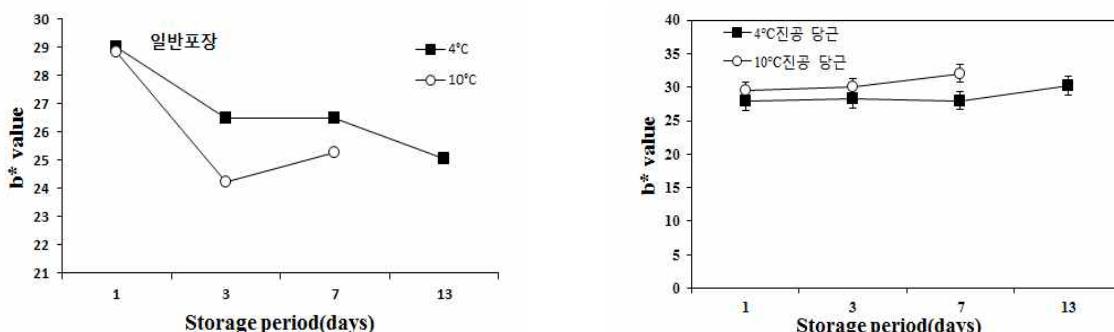


Fig. 53. 신선편이 당근 일반포장 및 진공포장 b*값 조사 결과

(다) 신선편이 당근 포장형태에 따른 경도 조사 결과

신선편이 당근의 경우 즉석섭취용과 조리용 두가지로 모두 사용되기 때문에 식감은 중요한 품질지표 중 하나이다. 경도 조사를 통하여 포장형태 및 저장 온도에 따른 신선편이 당근의 조직감 변화 조사 결과는 다음과 같다. 일반포장의 경우 표면의 마름현상과 호흡으로 인하여 중량이 감소됨에 따라 저장 중 약간 증가하는 양상으로 조사된 반면 진공포장의 경우 저장 중 경도가 감소하는 양상으로 조사가 되었다. 상품성 한계점은 손으로 눌렀을 때 뭉개짐이 쉽게 발생하는 정도 수준(30N)을 기준하여 설정하였다. 저장 7일차 진공포장 10°C 저장 조건의 신선편이 당근이 30N 이하로 조사되었고, 나머지 처리구는 저장 말일까지 30N 이상의 경도를 유지함을 확인하였다.

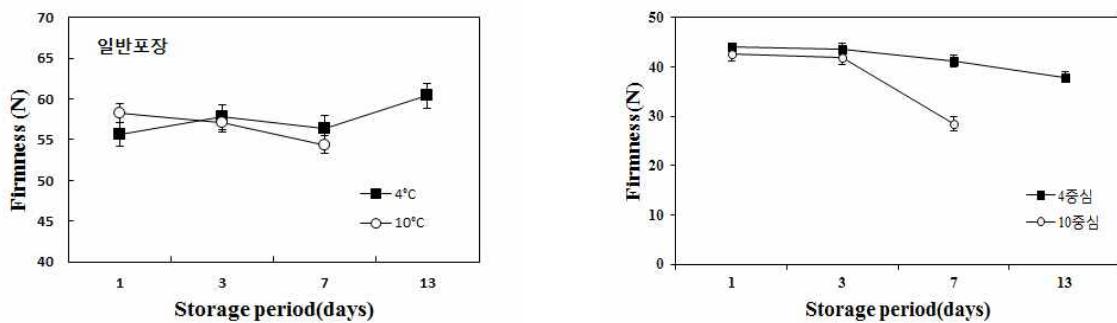


Fig. 54. 신선편이 당근 일반포장 및 진공포장 경도 조사 결과

(라) 신선편이 당근 일반세균수 조사 결과

포장형태 및 저장온도에 따른 일반세균수 조사 결과는 저장말일까지 모두 7 log CFU/g 이하로 조사되어 본 실험에서는 품질유지기간 설정에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단하였으나, 신선편이 당근의 경우 혐기성 균의 조사도 필요하다.

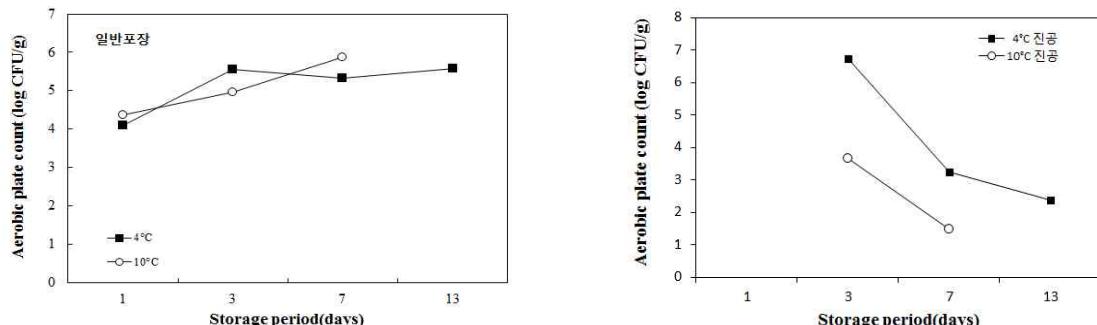


Fig. 55. 신선편이 당근 일반포장 및 진공포장 일반세균 조사 결과

(마) 신선편이 당근 백화 지수 조사 결과

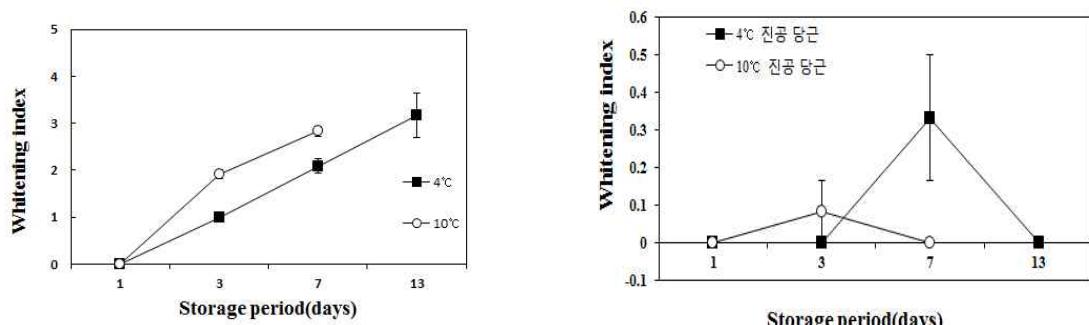


Fig. 56. 신선편이 당근 일반포장 및 진공포장 백화 조사 결과

신선편이 당근의 경우 절단면에 전분을 주성분으로 하는 하얀 막이 형성되는데 이를 백화

현상(Whitening)으로 칭하고 발생 정도를 포장형태 및 저장온도별로 조사하였다. 일반포장 시 백화현상은 급속히 증가하여 저장 3일 10°C 저장 조건에서 상품성 한계점인 2점을 초과하였고, 4°C 저장 시에도 일반포장의 경우는 저장 7일차에 상품성 한계점 2점을 초과하였다. 진공포장의 경우 포장을 개봉하기전까지는 백화현상이 발생하지 않았으며, 포장 직후 백화도를 조사한 결과 매우 미비한 수준으로 조사되었다.

(바) 신선편이 당근 이취 조사 결과

진공포장 시 신선편이 농산물에서 가장 많이 발생하는 품질변화 요인으로 이취를 꼽는다. 신선편이 당근의 경우에도 진공포장을 개봉할 시에 이취가 심하게 발생하였고, 특히 저장 7일 차 10°C에서 저장한 진공포장 당근의 경우 심한 이취가 발생함을 확인하였다. 색변화와 외관 항목에서는 진공포장이 유리하였지만, 이취 항목에서는 진공포장보다는 일반포장이 신선도 유지에 효과적이었다.

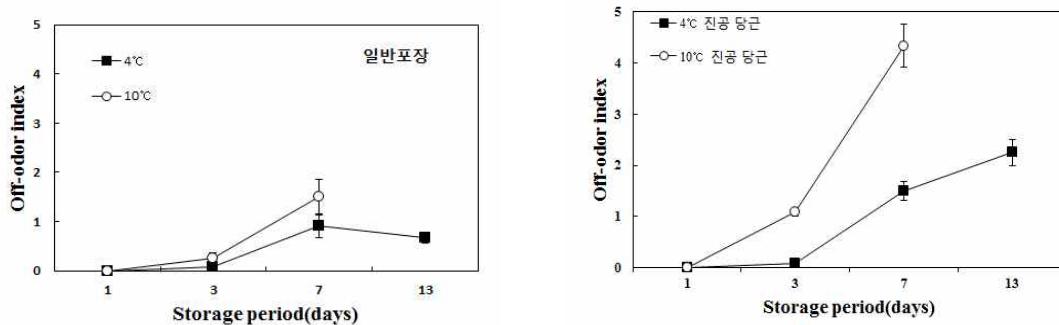


Fig. 57. 신선편이 당근 일반포장 및 진공포장 이취 조사 결과

(사) 신선편이 당근 신선도(물러짐) 조사 결과

신선편이 당근의 신선도를 물러짐이 발생한 조직 등을 기준하여 조사한 결과는 다음과 같다. 일반포장 시 저장 말일까지 상품성 한계점인 7점 이상의 점수로 조사되어 외관 상의 품질 변화는 크게 관찰되지 않았으나, 진공포장의 경우 10°C 저장 시 저장 7일차에 진공풀림, 물러짐 발생 등으로 인하여 상품성 한계점 이하의 점수로 조사되었다.

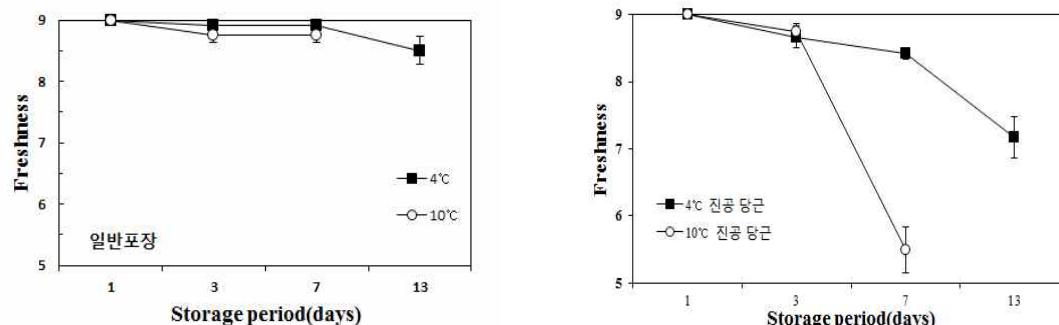


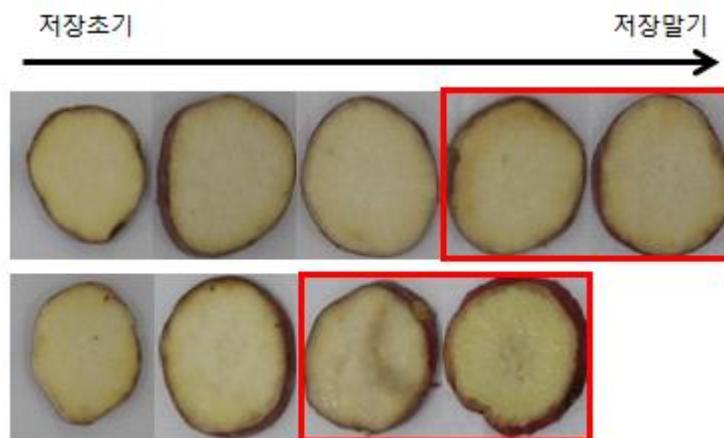
Fig. 58. 신선편이 당근 일반포장 및 진공포장 신선도(물러짐)

(4) 신선편이 고구마 유통기한 설정 연구

(가) 신선편이 고구마 유통기한 설정 연구 요약

Table 10. 신선편이 고구마 주요 결과 요약

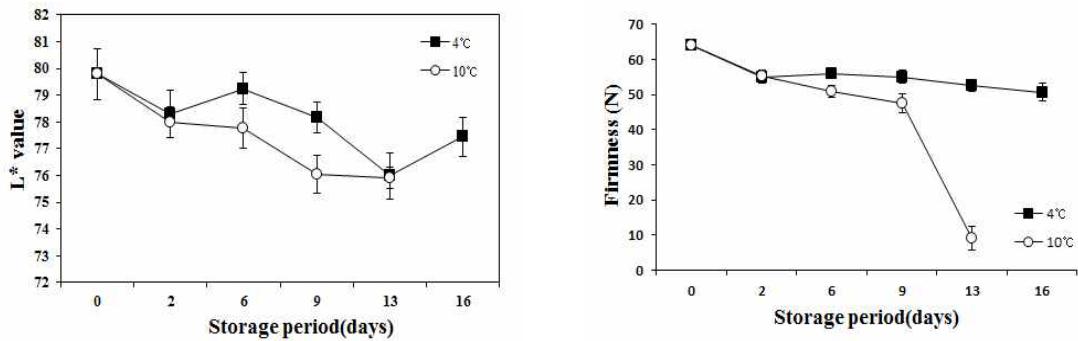
	고구마	
저장온도(°C)	4	10
유통기한	6.3일	4.2일
일반세균수	13일	13일
이취	16일	9일
갈변	9일	13일
신선도	13일	6일



신선편이 고구마 품질저하 징표로는 갈변, 외관 품질 등이 있다. 신선편이 가공업체에서는 고구마의 표면 갈변을 억제하기 위해 진공포장하여 유통하고 있으나 세척, 절단 후 호흡량이 증가함에 따라 쉽게 진공풀림 현상이 발생하여 외관적으로 품질이 저하되고 있으며, 진공이 풀림에 따라 표면의 갈변도 쉽게 발생하고 있어 추후 포장방법 개선, 갈변 억제 기술 개발이 필요하다. 본 실험 결과 신선편이 고구마의 유통기한은 4°C 유통 시 6.3일, 10°C 유통 시 4.2일로 조사되었다.

(나) 신선편이 고구마 L_a, 경도 조사 결과

신선편이 고구마의 품질 징표 중 색변화는 상품성을 결정짓는 중요한 징표 중 하나이다. 갈변 정도를 나타내는 L_a의 변화는 다음과 같다. 10°C에 저장할 경우 L_a가 급격하게 감소하였고, 이는 갈변 지수와도 일치하는 경향을 보였다. 신선편이 고구마의 경도 조사 결과로는 저장 2일까지 저장온도간 큰 차이는 보이지 않았으나 저장 6일 이후 10°C에서 물러짐이 발생하면서 경도가 낮아지기 시작하였고 저장 13일 큰 폭으로 감소하여 상품성을 상실하였다.

Fig. 59. 신선편이 고구마 L^* 및 경도 조사 결과

(다) 신선편이 고구마 일반세균수 및 대장균군 조사 결과

신선편이 고구마의 일반세균수 조사 결과 저장 초기 $5 \log \text{CFU/g}$ 이상으로 조사되어 초기 미생물 농도가 높아 즉석섭취용으로 활용 시에는 초기 미생물 농도를 낮출 수 있는 기술 개발이 필요할 것으로 보여진다. 본 실험의 재료는 조리용 신선편이 고구마를 활용하여 품질유지기간을 설정하고자 하였다. 10°C 저장한 신선편이 고구마의 경우 조리용임을 감안하여 $9 \log \text{CFU/g}$ 을 품질한계로 설정하였을 때 저장온도에 관계없이 저장 13일차에 품질한계선 이상의 일반세균이 조사되었다. 대장균군의 경우 저장 2일차에 증가하다가 일반세균수가 최대가 되는 13일차에 4°C 와 10°C 모두 감소하는 경향으로 조사되었다. 안전한 신선편이 농산물 가공 및 품질향상을 위해서 고구마처럼 전처리과정 전에 흙에 노출되는 감자, 무 등의 신선편이 농산물은 초기 미생물 농도를 낮출 수 있는 세척 및 살균 처리 기술 개발 및 산업체로의 적용이 필요하다.

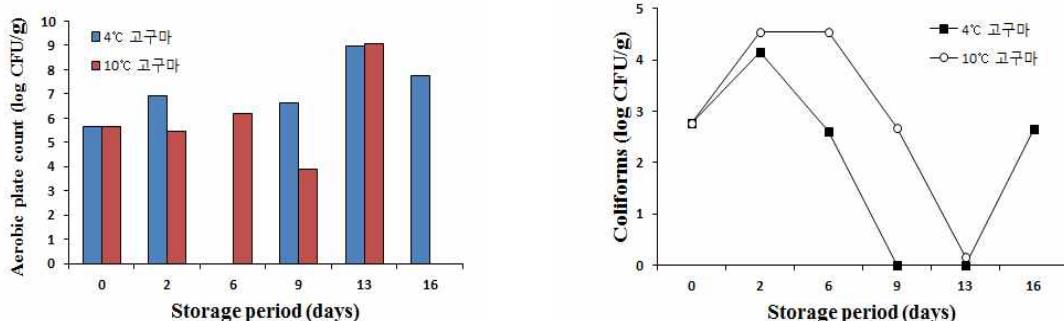


Fig. 60. 신선편이 고구마 일반세균수 및 대장균군 조사 결과

(라) 신선편이 고구마 효모 및 곰팡이, 신선통 조사 결과

신선편이 고구마의 효모 및 곰팡이 조사 결과 초기 농도가 약 $5 \log \text{CFU/g}$ 으로 조사기간 중 가장 높은 수치로 조사되었고 조사기간 중 $5 \log \text{CFU/g}$ 이하로 유지되는 경향을 보였다. 종합신선통 조사 결과로는 저장온도에 따른 차이가 뚜렷하였다. 4°C 저장 및 유통 시에는 13일 까지 신선통이 유지됨을 확인 할 수 있었으나, 반면 10°C 저장 및 유통 시에는 6일차에 상품성을 상실하는 것으로 조사되었다.

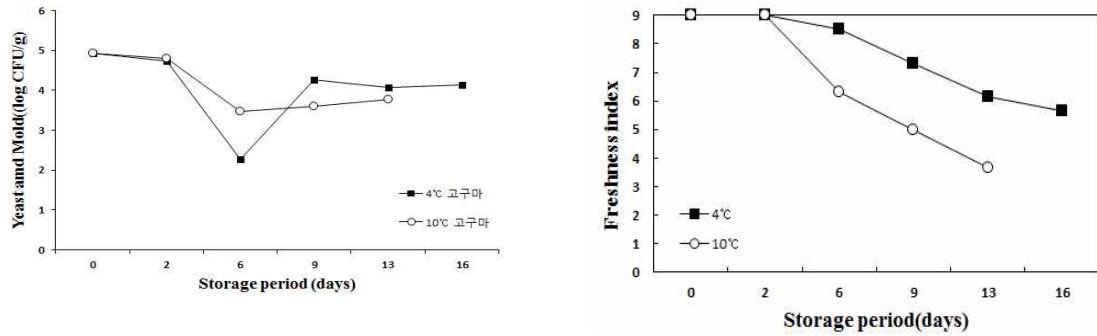


Fig. 61. 신선편이 고구마 효모 및 곰팡이 및 신선도 조사 결과

(마) 신선편이 고구마 이취, 갈변도 조사 결과

신선편이 고구마는 주로 진공포장하여 유통되고 있는데 포장을 개봉할 시에 발생하는 이취는 중요한 품질저하 지표 중 하나이다. 이취 조사 결과 저장 온도간 차이가 뚜렷하였으며, 10°C에 저장 및 유통시에는 9일에, 4°C로 저장 및 유통시에는 16일에 상품성을 상실하였다. 신선편이 고구마의 갈변은 진공풀림 현상과 함께 발생하는 것으로 조사되었고, 갈변의 정도는 저장온도에 관계없이 9일차에 심하게 발생하는 것으로 나타났다. 품질저하 지표로는 갈변과 외관 품질(신선도, 진공풀림 등)이 가장 중요한 지표로 설정하였다. 신선편이 고구마의 품질향상을 위해서는 갈변을 억제할 수 있는 기술 등의 개발이 시급하다.

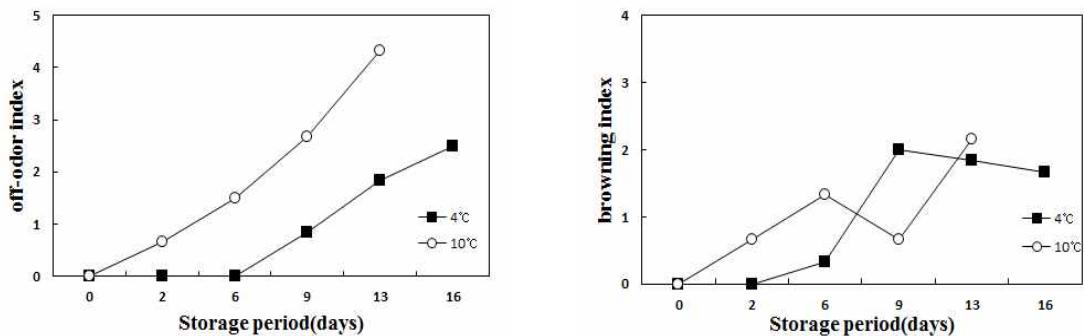


Fig. 62. 신선편이 고구마 이취 및 갈변도 조사 결과

제2절. 수출입 대응 조리용 신선편이 농산물의 유통기한 연장기술 개발

1. 연구수행방법

가. 시험재료 및 실험처리

1) 1년차 연구

조리용 신선편이 감자의 선도유지를 위한 수확후 처리 및 포장 기술을 확립하기 위해 전북부안에서 생산한 감자(수미 품종)를 5월에 구입하여 실험에 사용하였다. 실험재료는 무게가 160~180g의 감자를 선별하여 세척한 후 껍질을 제거하였다. 껍질을 제거한 감자는 깨끗한 물로 세척한 후 10°C 물에 15분간 침지한 후 대형 선풍기를 이용하여 15분간 건조하여 준비하였다. 기능성 필름의 선도유지 효과에 미치는 영향을 조사하기 위해 준비한 감자는 포장 필름에 각각 3개씩 넣고 진공 포장하였다. 이때 처리구는 대조구(나일론+폴리에틸렌), 폴리에틸렌(polyethylene, PE), 일라이트+PE(ILPE), 성광석+PE(SSPE), 일라이트+성광석+PE(ILSSPE) 필름이었으며, 진공 포장한 신선편이 감자는 10°C에 보관하면서 품질을 조사하였다.



Fig. 1. 신선편이 감자 제조공정

Table 1. 반응표면분석법을 이용한 조리용 신선편이 감자의 전처리 실험설계

Experiment No.	Coded value			Process variables (Box-Behnken Design)		
	X1	X2	X3	Temperature(°C)	Soaking time(min)	Drying time(min)
1	-1	-1	0	5	1	30
2	-1	1	0	5	60	30
3	1	-1	0	25	1	30
4	1	1	0	25	60	30
5	-1	0	-1	5	30	0
6	-1	0	1	5	30	60
7	1	0	-1	25	30	0
8	1	0	1	25	30	60
9	0	-1	-1	15	1	0
10	0	-1	1	15	1	60
11	0	1	-1	15	60	0
12	0	1	1	15	60	60
13	0	0	0	15	30	30
14	0	0	0	15	30	30
15	0	0	0	15	30	30

또한 조리용 신선편이 감자의 전처리 조건을 확립하고자 제조 시 침지용 물의 온도를 5, 15, 25°C로 조절하고 침지시간은 1, 30, 60분, 건조시간을 0, 30, 60분으로 설정하여 10°C에 12일간 보관하면서 얻은 품질별 결과를 이용하여 반응표면분석(response surface methodology, RSM)을 실시하였다.

신선편이 감자의 전처리 최적조건과 기능성 필름의 선도유지 효과 검증을 위해 반응표면분석에 의해 나타난 이취 개선 조건인 침지온도 15°C, 침지시간 38분, 송풍건조 59분 조건을 신선편이 감자 제조 시 적용하고 포장은 세척 직후 포장(CON1), 나일론+폴리에틸렌(CON2), PE, ILPE, SSPE, ILSSPE 필름에 진공 포장하고 10°C에 보관하면서 품질을 조사하였다.

2) 2년차 연구

조리용 신선편이 양파의 원료 저장방법에 따른 신선편이 양파 조제 시 선도유지에 미치는 영향을 조사하였다. 먼저 저장 기간이 신선편이 양파의 품질에 미치는 영향을 조사하기 위해 2014년 7월에 구입하여 0°C에 약 10개월간 저장한 양파(아스널 품종)와 2015년 구입하여 0°C에 1개월간 저장한 양파(터보 품종)를 사용하여 신선편이 양파를 조제하였다. 신선편이 양파 제조는 산업체에서 이용하는 방법에 따라 개체당 220~250g의 양파를 선별하여 뿌리 및 줄기부위를 제거하고 껍질을 제거한 후 10°C의 깨끗한 물로 1차 세척을 하였다. 세척한 양파는 차아염소산나트륨(NaOCl) 100ppm 용액(10°C)에 5분간 소독한 후 10°C의 물로 헹구어 2시간 정도 건조하였다. 건조한 양파의 일부를 slice 형태로 조제하여 통 양파는 3개를, slice 양파는 250g씩 폴리에틸렌+폴리프로필렌(PEPP, 두께 0.1mm, 내부 PE 및 외부 PP) 필름에 넣어 진공 포장을 하였다. 진공 포장한 조리용 신선편이 양파는 10°C에 16일간 보관하면서 품질을 조사하였다.

또한 원료 저장 방법에 따른 신선편이 양파의 품질변화를 조사하기 위해 2015년 구입하여 0°C에 저장하면서 무처리 및 비열플라즈마(1일 6시간 작동, 평균 오존 농도는 500 ppb 수준) 처리를 하고 3.5개월 후 신선편이 양파(통 양파 및 Dice)를 조제하여 통 양파는 3개씩, dice는 250g씩 PE 필름(50 μm)에 넣어 밀봉한 후 10°C에서 16일간 보관하면서 품질을 조사하였다.

조리용 신선편이 양파의 적정 포장방법과 유통온도를 알아보기 위해 0°C의 저온저장고에 2개월 저장한 양파(터보 품종)를 이용하여 신선편이 양파(통 양파)를 가공하였다. 포장방법으로는 밀봉(50 μm PE 필름) 및 진공(0.1mm PEPP 필름) 포장하였고 보관은 4°C 및 10°C에 21일간 보관하면서 품질을 조사하였다.

또한 조리용 신선편이 양파의 세척방법 연구는 신선편이 양파 가공 시 차아염소산나트륨의 살균농도(0, 25, 50, 100ppm)와 차아염소산나트륨 용액(0, 75, 150ppm)에 구연산 첨가(0.01%) 시 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 박피한 양파를 10°C의 물에 1차 세척하고 10°C의 물 또는 차아염소산나트륨 용액(25, 50, 100ppm)에 2분간 소독한 후 깨끗한 물에 헹구어 건조한 후 박피 양파 2개를 PE(50 μm) 필름에 밀봉하고 10°C에 17일간 보관하면서 품질을 조사하였다. 구연산의 처리효과는 신선편이 양파 제조 공정에 따랐으며, 다만 차아염소산나트륨 소독(0, 75, 150ppm) 시 구연산을 0.01% 첨가하여 양파를 2분간 살균하였다.

3) 3년차 연구

조리용 신선편이 당근 원료의 저장방법과 신선편이 당근의 선도유지를 위한 포장방법 및 유통조건 연구를 수행하였다. 당근은 2016년에 수확한 당근을 시장에서 구입하여 1°C에 보관하

면서 사용하였다. 조리용 신선편이 당근 원료의 수확 후 전처리 및 포장방법에 따른 저장 후 당근의 품질변화를 알아보기 위해 당근을 5kg씩 구분하고 전처리 방법으로 세척 또는 소독(차아염소산나트륨 100ppm 용액에 5분) 처리를 하였고, 세척 또는 소독하지 않은 당근을 대조구로 두었다. 포장은 대조구의 경우 세척 또는 소독하지 않은 당근 5kg을 종이박스, PE 필름($50\mu\text{m}$, $50\times60\text{cm}$), 미세천공 필름(PE+제오라이트5%, $30\mu\text{m}$, 타공 0.01mm 및 간격 0.01mm , $50\times60\text{cm}$)에 각각 포장하였고, 세척 당근과 소독 당근은 PE 필름($50\mu\text{m}$, $50\times60\text{cm}$), 미세천공 필름(PE+제오라이트5%, $30\mu\text{m}$, 타공 0.01mm 및 간격 0.01mm , $50\times60\text{cm}$)에 각각 5kg씩 포장하여 0°C 에 3개월간 보관하면서 포장 내 기체조성 변화, 생체중 변화 및 부패율, 당근의 색도 및 경도를 조사하였다. 또한 저장 3개월 후 처리구별로 당근 6kg을 선별하여 신선편이 당근(slice, 7mm 두께)을 제조(소독은 차아염소산나트륨 100ppm 용액에 5분)한 후 PE($50\mu\text{m}$, $24\times35\text{cm}$) 필름에 400g씩 넣어 밀봉하고 10°C 에 8주간 보관하면서 품질변화를 조사하였다.

조리용 신선편이 당근의 적절한 포장방법을 조사하기 위해 당근을 세척하고 줄기부위 및 잔뿌리를 제거한 후 slice(7mm 두께) 형태의 신선편이로 제조하고, 세척(10°C 의 깨끗한 물), 소독(10°C 의 차아염소산나트륨 100ppm용액에 5분), 행굼(10°C 의 깨끗한 물), 건조(2시간)의 과정을 거친 후 신선편이 당근 350g을 PE 필름에 밀봉($50\mu\text{m}$, $25\times35\text{cm}$)하거나 진공($80\mu\text{m}$, $20\times32\text{cm}$) 포장 및 미세천공 필름(PE+제오라이트 5% 함유, $30\mu\text{m}$, 타공간격 0.9mm, 타공사이즈 0.01mm , $25\times32\text{cm}$)에 밀봉하고 4°C 또는 10°C 에 4주간 보관하면서 품질을 조사하였다.

조리용 신선편이 당근의 형태 및 저장온도가 품질에 미치는 영향을 조사하기 위해 2차에 걸쳐 실험을 하였다. 1차 실험은 신선편이 형태로 통 당근, slice($5\sim7\text{mm}$ 두께), stick(당근을 8cm 정도 자른 후 8등분하여 가공)으로 제조하고 세척(10°C 의 깨끗한 물), 소독(10°C 의 차아염소산나트륨 100ppm용액에 5분), 행굼, 건조(2시간) 과정을 거친 후 통 당근은 PE 필름($50\mu\text{m}$, $25\times35\text{cm}$)에 3개씩, slice 및 stick은 PE 필름에 350g씩 넣어 밀봉하고 0 , 4 , 10 , 25°C 에 4주간 보관하면서 품질을 조사하였다. 2차 실험은 신선편이 형태로 통 당근과 slice를 제조하였고, 신선편이 당근은 0 , 5 , 10 , 15°C 에 8주간 보관하면서 품질을 조사하였다. 신선편이 당근의 포장용량이 품질에 미치는 영향을 조사하기 위해 0°C 에 저장 중이던 당근을 선별하여 줄기부위와 잔뿌리를 제거한 후 세척(0°C 물), 소독(10°C 의 차아염소산나트륨 100ppm용액에 5분), 행굼, 건조(2시간) 과정을 거쳐 신선편이 당근을 가공하고 소포장은 통 당근 3개를 PE 필름($50\mu\text{m}$, $25\times35\text{cm}$)에, 대용량 포장은 통 당근 10kg을 PE 필름($50\mu\text{m}$, $50\times60\text{cm}$)에 넣어 밀봉하여 4°C 및 10°C 에 8주간 보관하면서 품질을 조사하였다.

나. 품질조사 방법

1) 품질조사 측정 및 포장 내 기체 조성

색도 측정은 표준백판($L^*=97.3$, $a^*=0.08$, $b^*=1.74$)으로 보정한 색차계(Chromameter CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)을 사용하여 신선편이 농산물의 표면색을 무작위로 6회 측정하고 그 결과를 각각 L^* (명도), a^* (적색도), b^* (황색도) 값으로 나타내었다. 또한 신선편이 양파는 저장기간 중 변색된 색의 값을 저장 1일째 값을 기준으로 색차($\Delta E=(\Delta L^2+\Delta a^2+\Delta b^2)^{0.5}$)로 표시(Sun 등 2011)하였고, 당근은 white index(WI= $100-[(100-L^*)^2+a^*{}^2+b^*{}^2]^{0.5}$) 값을 표기(Bolin & Huxsoll, 1991)하였다. 신선편이의 경도는 Texture Analyzer TA plus(LLOYD Instruments, 5mm probe 이용)하여 측정하였다. 산도 및 pH 조사는 신선편이를 깨끗한 칼로 잘게 조각을 내고 4겹의 거즈로 쌓고 착즙기를 이용하여 약 20 ml의 즙액을 채취하였다. 채취한 즙액 2 ml

는 멸균수 18 mL에 희석하고 pH meter(TitriLine easy, Schott)를 이용하여 pH 8.24까지 도달하는데 필요한 0.1 N NaOH의 양을 측정하여 산도를 계산하였다. pH는 나머지 양파 즙액을 이용하여 측정하였다. 또한 신선편이 저장기간 중 포장 내부의 기체조성(O_2 , CO_2)은 PE 필름에 밀봉 포장한 처리구만 조사하였으며, PE 필름에 septum을 부착한 후 기체분석기(CheckMate 3, PBI Dansensor, Denmark)를 이용하여 측정하였다.

2) 미생물 분석

미생물은 호기성 총 세균 수, 대장균군수, 및 곰팡이수, 또는 젖산균을 조사하였다. 미생물 분석은 멸균한 식칼을 이용하여 처리별 신선편이 농산물 3개를 각각 4등분하고 각각 1/4 조각을 다시 잘게 썰어 혼합 시료를 만들고 그 중 20 g을 채취하여 filter bag(BACct)에 넣고 멸균 수 180 mL를 추가하였다. 각각의 미생물 분석 시료는 균질기(Interscience Bag Mixer® 400, Pro Scientific Co., USA)에서 2분간 균질화하였다. 균질화한 시료의 희석액은 필터를 통해 시험관(Falcon tube, 50 mL용)에 분주하고 10배씩 단계적으로 희석한 후 적정 희석액 1mL를 Petrifilm(3M, Aerobic, E.coli/Coliform, Yeast/Mold count plates)에 각각 도말하였다. Aerobic 및 E.coli/Coliform count plates는 35°C에서 2일간 배양하였고, Yeast/Mold count plates는 25°C에서 5일간 배양하여 균수를 조사하였다.

3) 관능적 품질 평가

관능적 품질평가는 Das 등(2010)과 같이 4명의 훈련된 평가원들이 시료 포장을 개봉한 즉시 이취를 평가하였으며, 이어 전체 외관 품질, 물러짐 및 변색 정도를 조사하였다. 이취, 물러짐 및 변색 발생 정도는 5단계의 점수를 부여(0; 없음, 1; 약간, 2; 보통, 3; 심함, 4; 매우 심함)하였으며, 점수 2를 초과하는 것은 상품성이 없는 것으로 간주하였다. 또한 전체 외관 품질도 5단계의 점수를 부여(1; 매우 나쁨, 2; 나쁨, 3; 보통, 4; 좋음, 5; 매우 좋음)하고 점수 3점을 상품성 한계로 간주하였다(Kim 등, 2014).

2. 연구결과

가. 1년차 연구결과

1) 기능성 필름 적용 신선편이 감자의 선도유지 효과

조리용 신선편이 감자를 제조하여 기능성 필름에 포장하고 보관 기간 중 품질변화 및 호기성 세균의 밀도변화는 그림 2 및 3과 같다. 신선편이 감자의 경도는 대조구(나일론+폴리에틸렌) 및 PE 처리구와 비해 기능성 필름 처리구의 경도가 다소 증가하는 경향이었고, 색도 L_☆은 대조구와 PE 처리구는 3.2에서 각각 1.09와 1.22로 감소하였으며, ILPE 처리구는 1.57, ILSSPE는 1.64로 대조구에 비해 기능성 필름 처리 시 L_☆의 감소가 적었다(Fig. 2).

신선편이 감자의 포장 내 CO_2 발생은 대조구가 초기에 비해 저장 7일 후 4.2배 증가한데 비해 SSPE와 ILSSPE는 2.1배 증가하여 기능성 필름 처리 시 CO_2 가 적게 발생하였다. 호기성 세균의 밀도 변화는 처리구간에 큰 차이는 없었으나, 기능성 필름 처리구의 초기 미생물 밀도가 다소 낮았다(Fig. 3). 또한 외관 품질은 대조구의 경우 저장 7일 후 신선편이 감자 표면에 갈변되었으나, ILSSPE 처리구의 신선편이 감자의 외관은 우수하였다(Fig. 4).

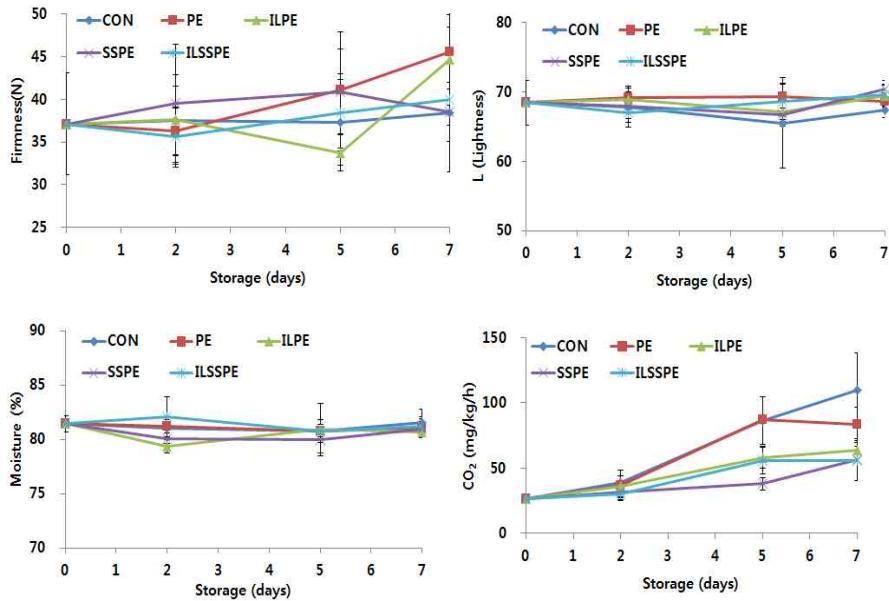


Fig. 2. 기능성 필름 적용에 따른 신선편이 감자의 저장 중 품질 변화.
CON; nylon+polyethylene, PE; polyethylene, ILPE; illite+polyethylene,
SSPE; starstone+polyethylene, ILSSPE; illite+starstone+polyethylene.

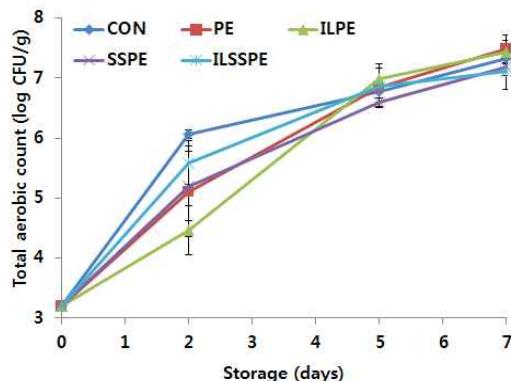


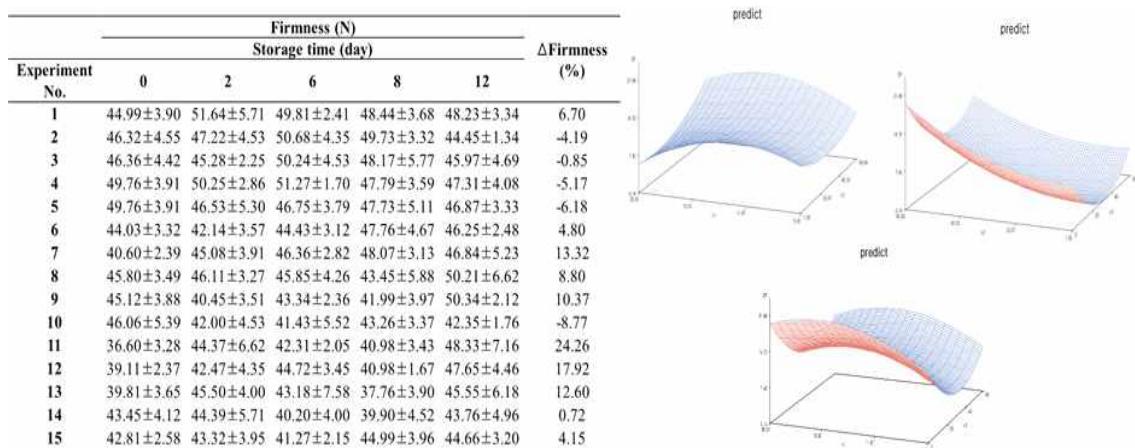
Fig. 3. 기능성 필름 적용에 따른 신선편이 감자의 저장 중 호기성 세균 밀도 변화. CON; nylon+polyethylene, PE; polyethylene,
ILPE; illite+polyethylene, SSPE; starstone+polyethylene, ILSSPE;
illite+starstone+polyethylene.



Fig. 4. 기능성 필름 적용에 따른 저장 7일 후 신선편이 감자의 외관

2) 반응표면분석(Response surface methodology)을 활용한 신선편이 감자의 전처리 조건 조리용 신선편이 감자의 선도유지를 위한 최적의 제조 공정을 알아보기 위해 반응표면분석을 실시한 결과는 표 8과 같다. 신선편이 감자의 저장 중 물러짐 개선을 위해서는 신선편이 감자 제조 공정 시 침지용 물의 온도를 5°C로 하여 28분간 침지하고 31분 송풍 건조 시 저장 12일 후 경도변화량 예측치가 0.67%로 가장 우수하였다.

Table 2. 신선편이 감자의 저장 중 경도변화와 반응표면분석 결과



또한 저장 중 갈변 억제를 위해서는 침지용 물의 온도를 15°C로 조절하여 56분간 침지하고 송풍 건조 시간을 15분으로 하였을 때 저장 12일 후 L_{ab} 변화량 예측치가 5.07로 가장 낮았다. 저장 중 미생물 변식 억제를 위해서는 침지온도 15°C, 침지시간 42분, 송풍 건조 시간 57분으로 신선편이 제조 시 저장 12일 후 미생물 변화량 예측치가 4.12 log cfu/g으로 가장 낮았다. 조리용 신선편이 감자의 저장 중 이취 개선을 위한 최적 공정은 침지온도 15°C, 침지시간 38분, 송풍 건조 시간 59분이었으며, 저장 12일 후 이취 변화량 예측치는 1.78점으로 가장 낮았다.

Table 3. 신선편이 감자의 저장 중 색도 변화와 반응표면분석 결과

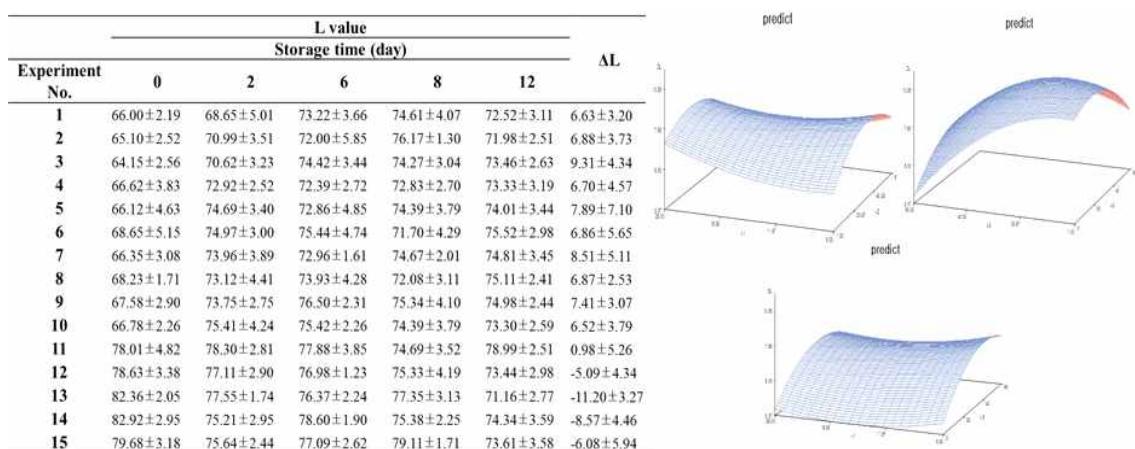


Table 4. 신선편이 감자의 저장 중 수분함량 변화와 반응표면분석 결과

Experiment No.	Moisture (%)					$\Delta\text{Moisture}$ (%)
	0	2	6	8	12	
1	75.62±0.90	77.51±1.04	75.15±0.98	77.07±1.76	76.36±1.25	0.94
2	77.31±3.87	76.90±2.69	74.73±1.63	75.36±1.96	75.55±2.98	-2.29
3	76.30±1.97	78.01±2.97	73.99±0.73	75.64±1.68	77.09±1.52	0.98
4	74.85±1.57	75.63±0.43	74.86±1.42	75.47±1.53	77.02±2.40	2.71
5	74.63±1.32	74.81±0.64	75.31±2.15	73.70±2.10	75.00±0.97	0.49
6	76.00±1.55	77.68±4.52	76.21±1.49	77.51±2.52	74.31±1.61	-2.32
7	74.86±0.61	76.18±1.09	77.66±2.44	76.65±1.51	76.31±6.18	1.47
8	74.75±1.83	74.81±0.95	76.68±0.80	77.54±3.59	77.70±0.76	3.80
9	76.21±0.58	73.30±2.40	75.10±0.80	75.73±1.74	73.78±1.26	-3.32
10	74.57±1.50	74.53±0.58	77.04±5.08	74.21±3.22	75.85±2.34	1.65
11	75.58±2.18	75.40±2.99	76.41±1.11	76.70±1.16	75.61±2.27	0.03
12	76.00±1.21	76.43±1.14	74.81±0.61	76.50±1.54	75.25±1.24	-1.03
13	76.68±2.13	74.87±2.03	76.84±3.64	77.80±1.43	74.27±1.61	-3.31
14	74.98±2.30	76.28±1.82	75.62±3.15	74.06±1.01	75.57±1.64	0.80
15	75.16±1.43	73.96±2.07	77.01±1.55	76.40±0.86	75.51±1.36	0.42

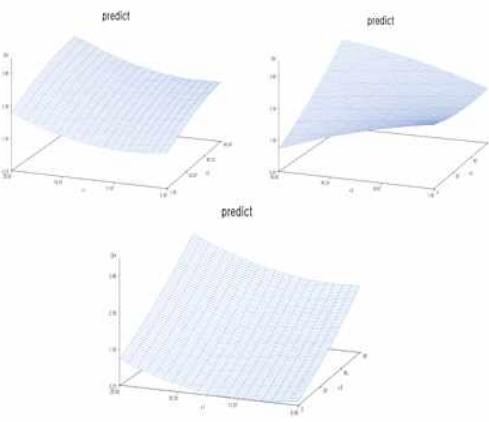


Table 5. 신선편이 감자의 저장 중 이산화탄소 발생량 변화와 반응표면분석 결과

Experiment No.	CO ₂ (mg/kg/h)					ΔCO_2 (%)
	0	2	6	8	12	
1	28.71±6.50	43.54±12.37	67.73±2.97	84.16±8.43	126.23±17.95	77.21
2	44.45±1.91	51.71±11.94	113.37±9.77	105.87±6.93	189.89±14.92	76.52
3	39.01±0.60	48.11±5.06	78.51±10.31	86.43±11.15	143.92±22.18	72.71
4	54.27±10.37	49.17±4.76	84.68±10.22	113.48±17.42	164.40±17.98	66.27
5	23.70±4.90	49.04±4.05	66.99±4.64	94.76±7.55	158.76±7.34	84.98
6	16.74±4.33	35.47±4.80	62.14±5.16	69.18±3.42	107.99±12.24	84.09
7	27.03±1.69	26.90±5.38	50.61±1.97	67.63±1.78	94.91±12.65	71.33
8	30.43±17.46	35.52±5.42	41.43±6.83	48.85±10.51	72.33±5.80	58.96
9	26.32±5.05	35.67±1.36	50.62±8.91	54.48±5.47	88.13±17.23	69.23
10	27.86±6.17	39.58±1.77	60.05±3.68	62.72±12.64	96.71±15.53	70.11
11	25.06±3.40	34.76±2.59	55.36±11.00	58.87±9.09	101.73±2.37	75.37
12	26.32±3.70	36.30±7.41	61.82±11.71	62.41±5.25	107.79±9.81	75.55
13	17.62±4.80	32.12±1.48	53.50±4.32	63.75±1.27	84.79±3.36	79.35
14	19.77±5.02	36.57±2.71	53.64±4.64	52.14±5.67	86.55±5.93	77.23
15	22.46±3.88	31.37±0.59	43.13±7.80	53.39±8.21	91.73±10.80	75.59

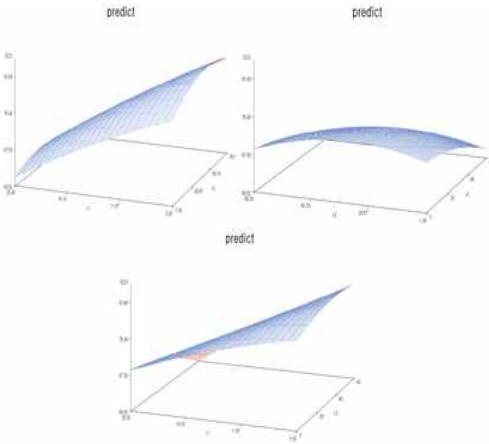


Table 6. 신선편이 감자의 저장 중 호기성 세균 밀도변화와 반응표면분석 결과

Experiment No.	Aerobic plate count (log CFU/g)					ΔAC (log CFU/g)
	0	2	6	8	12	
1	2.16±0.46	4.73±0.28	6.73±0.07	7.27±0.18	8.09±0.08	5.93
2	2.50±0.14	3.70±0.16	6.12±0.20	6.79±0.24	7.21±0.39	4.71
3	2.25±0.15	3.69±0.27	5.86±0.47	6.14±0.23	7.09±0.53	4.84
4	2.36±0.45	4.36±0.11	7.07±0.24	7.22±0.32	7.62±0.41	5.26
5	2.40±0.08	3.21±0.23	6.72±0.61	6.59±0.52	6.71±0.44	4.32
6	3.06±0.29	4.94±0.46	6.99±0.01	7.61±0.21	7.97±0.27	4.91
7	2.77±0.31	4.67±0.17	6.60±0.51	7.15±0.61	7.83±0.25	5.06
8	2.87±0.48	4.49±0.12	6.42±0.21	7.29±0.20	7.75±0.62	4.87
9	2.27±0.16	3.75±0.26	5.56±0.25	5.86±0.49	6.00±0.58	3.73
10	2.43±0.22	3.38±0.30	5.12±0.88	6.55±0.88	6.77±0.42	4.34
11	2.36±0.11	4.24±0.55	6.59±0.36	6.59±0.09	7.59±0.38	5.23
12	2.52±0.17	3.45±0.37	5.65±0.28	6.31±0.42	6.46±0.05	3.94
13	3.23±0.61	4.18±0.36	6.40±0.29	6.49±0.02	7.57±0.37	4.33
14	2.78±0.25	3.93±0.53	6.62±0.65	6.77±0.10	7.34±0.40	4.56
15	2.56±0.13	3.33±0.19	6.48±0.34	6.54±0.04	7.41±0.18	4.85

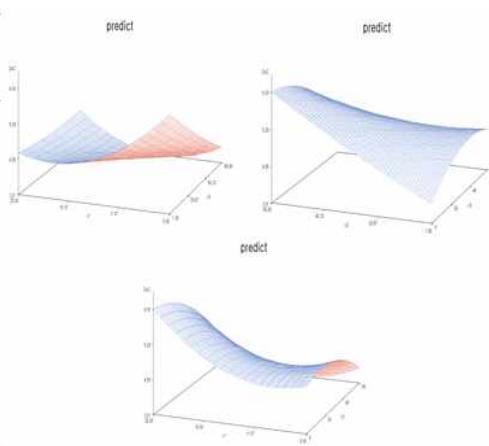


Table 7. 신선편이 감자의 저장 중 이취 변화와 반응표면분석 결과

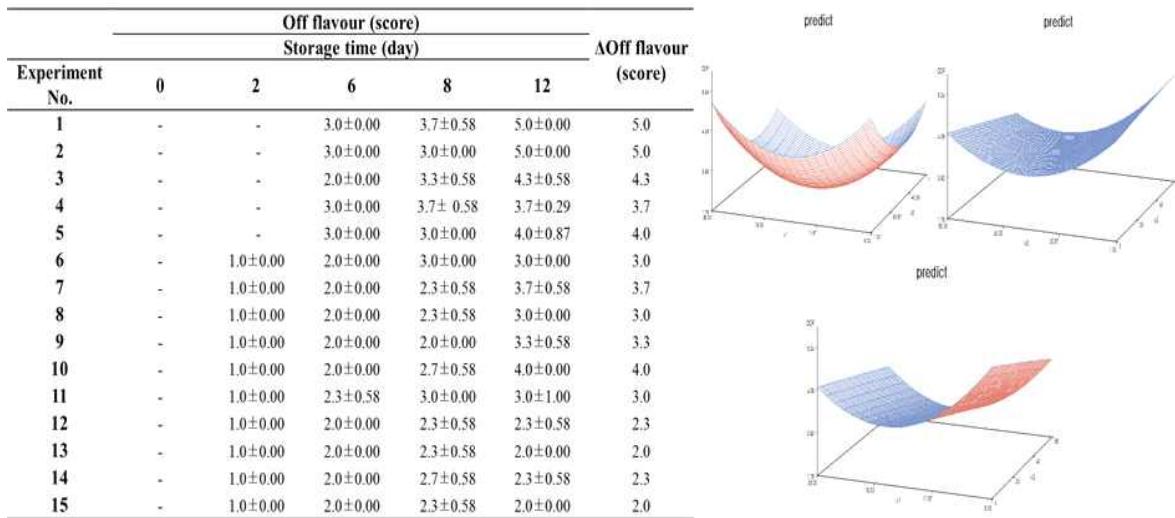


Table 8. 반응표면분석에 의한 신선편이 감자 제조 공정 최적 조건과 예측치

	Temperature (°C)	Soaking time (min)	Drying time (min)	Estimated response
Δ Firmness (%)	5.05	27.70	31.11	0.67
ΔL	15.23	56.31	15.48	5.07
Δ Moisture (%)	13.05	51.88	10.12	0.76
Δ CO ₂ (%)	23.65	34.69	44.46	68.42
Δ AC(log CFU/g)	14.99	42.00	57.63	4.12
Δ Off flavour(score)	15.8	38.4	58.7	1.78

3) 신선편이 감자의 최적 전처리 조건 및 기능성 필름의 선도유지 효과 실증

반응표면분석을 통해 나타난 이취 개선 조건인 침지온도 15°C, 침지시간 38분, 송풍건조 59분 조건으로 신선편이 감자를 제조한 후 포장을 세척 직후 포장(CON1), 나일론+폴리에틸렌(CON2), PE, ILPE, SSPE, ILSSPE 필름에 진공포장하고 10°C에 보관하면서 품질을 조사하였다. 신선편이 감자의 경도를 조사한 결과, 대조구1과 PE 처리구에서는 저장 중 경도 변화는 없었으나, 저장 초기 경도(40.17 N)에 비해 ILPE는 46.99(N), SSPE는 44.58(N), ILSSPE는 43.25(N)까지 증가하였다(Fig. 5). 또한 색도 변화를 살펴본 바, 대조구 1과 2에서는 저장 중 L 값이 서서히 감소하였으나, 기능성 필름 처리구에서는 저장 12일까지 69.98~70.32 정도로 큰 변화 없었다. ΔE 값은 대조구에 비하여 PE, 기능성 필름 처리구에서 낮게 나타났다. 수분 함량 변화는 77~80% 정도로 처리 간에 큰 변화는 없었으며, CO₂ 발생은 저장 초기(39.03 mg/kg/h)에 비해 저장 12일에 SSPE 처리구(268.33 mg/kg/h)에서 가장 높았다(Fig. 5).

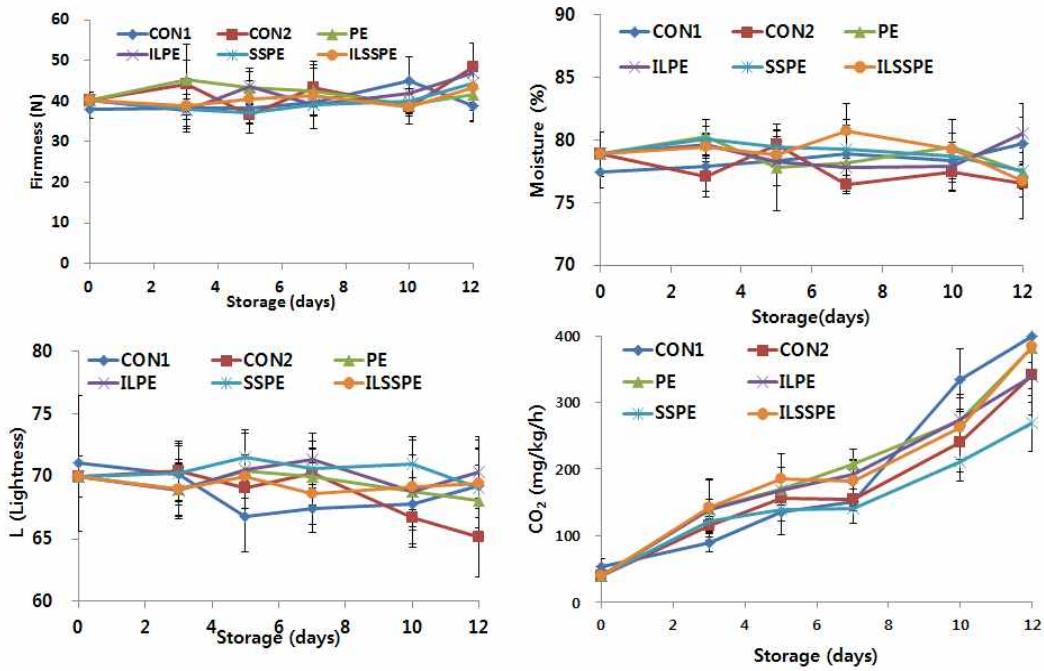


Fig. 5. 기능성 필름 및 전처리 최적조건 적용에 따른 신선편이 감자의 저장 중 품질 특성

호기성 세균의 밀도는 저장 12일 후 SSPE 및 PE 처리구에서 각각 $6.4, 6.44 \log \text{cfu/g}$ 으로 다른 처리에 비해 다소 높았으며, 대장균군의 밀도는 대조구 및 ILSSPE 처리구보다 SSPE 처리구에서 $5.38 \log \text{cfu/g}$ 으로 낮게 나타났다(Fig. 6). 신선편이 감자의 색도 변화(ΔE)를 조사한 결과, 대조구 1 및 대조구 2는 각각 5.79, 7.18이었으며, PE는 3.92, ILPE는 3.66, SSPE는 4.25, ILSSPE는 3.93으로 낮았다(Table 9). 또한 저장 12일 후 외관 품질을 비교한 결과, 대조구 2(일반 진공포장, NY+PE)의 감자는 물이 생기면서 물러졌는데 반하여 SSPE 처리구 감자는 외관품질이 높게 나타났다(Fig. 7).

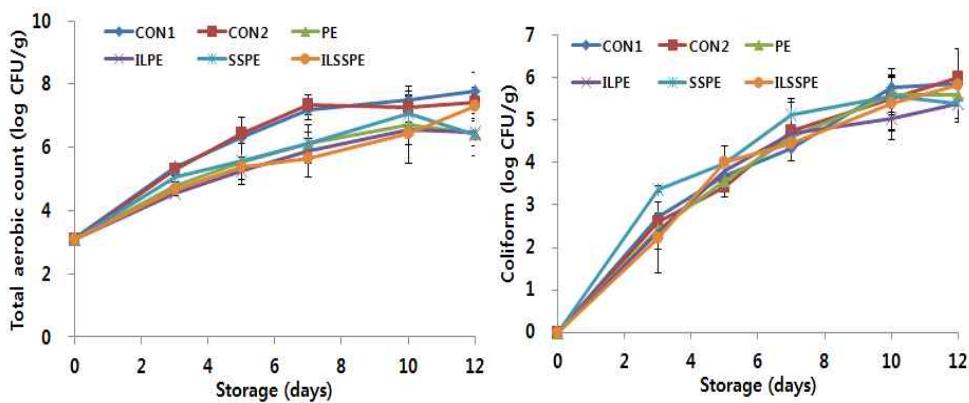


Fig. 6. 기능성 필름 및 전처리 최적조건 적용에 따른 신선편이 감자의 저장 중 미생물 변화. CON1; nylon+PE, CON2; NY+PE 진공, PE; polyethylene, ILPE; illite+polyethylene, SSPE; starstone+polyethylene, ILSSPE; illite+starstone+polyethylene.

Table 9. 기능성 필름 및 전처리 최적조건 적용에 따른 신선편이 감자의 저장 중 색도 변화

	Color variation	
	ΔL	ΔE
CON1	-1.83 ± 5.44	5.79 ± 3.59
CON2	-4.87 ± 3.46	7.18 ± 3.41
PE	-1.93 ± 3.17	3.92 ± 2.94
ILPE	0.34 ± 3.52	3.66 ± 2.55
SSPE	-0.91 ± 3.78	4.25 ± 2.11
ILSSPE	-0.54 ± 3.56	3.93 ± 2.15



Fig. 7. 기능성 필름 및 전처리 최적조건 적용에 따른 신선편이 감자의 저장 12일 후 외관 비교

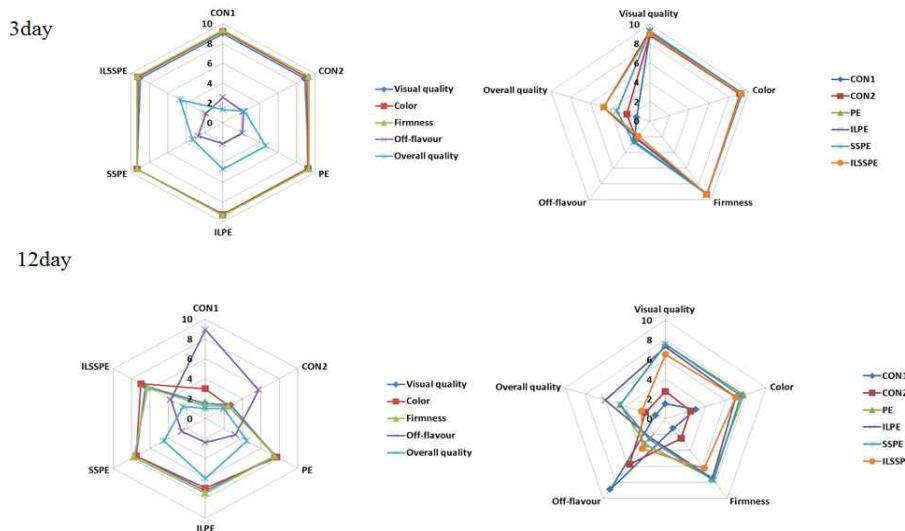


Fig. 8. 기능성 필름 및 전처리 최적조건 적용에 따른 신선편이 감자의 관능적 품질 변화

신선편이 감자의 관능 평가 결과, SSPE와 ILPE 처리구의 이취 발생량이 가장 낮은 것으로 평가되었으며(Fig. 8), 이상의 결과를 종합해보면 SSPE 기능성 필름 처리구(성광석 함유)가 CO_2 발생량, 미생물 안전성, 이취 및 외관 평가에서 가장 높게 평가되어 신선편이 감자의 저장 중 선도유지를 위한 최적의 필름으로 판단되었다.

나. 2년차 연구결과

1) 원료 저장 기간에 따른 신선편이 양파의 품질특성

저장 기간이 다른 양파를 신선편이 당근으로 제조한 후 10°C에 15일간 보관하면서 품질을 조사한 결과, 색도 변화(ΔE)는 처리구간에 큰 차이는 없었으나, 단기 저장 후 절단 형태(Dice)로 제조한 신선편이 양파의 경우 보관 3일 후 ΔE 값이 현저히 증가하였다. 경도는 장기간 저장한 양파 원료를 사용 시 단기간 저장한 양파의 신선편이 양파보다 현저히 낮은 경도 값을 나타내었으며, 신선편이 형태별로 비교 시 박피 통양파보다 절단 형태의 신선편이가 낮은 경도 값을 보였다(Fig. 9).

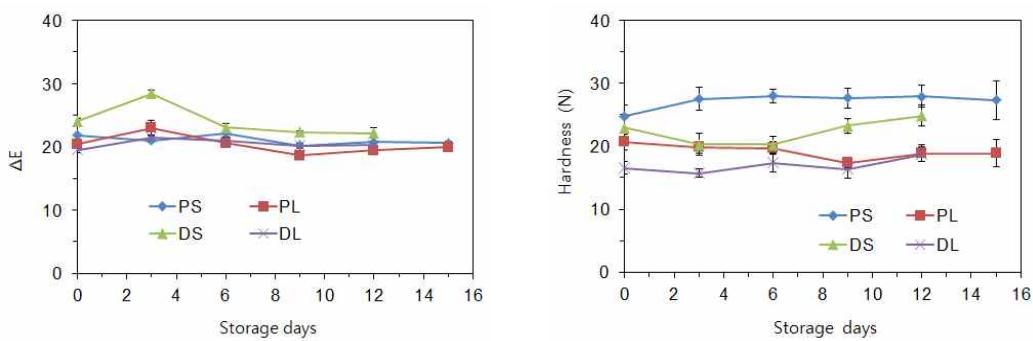


Fig. 9. 원료 저장기간에 따른 신선편이 양파 형태별 색도(좌)와 경도(우) 변화.
PS; 단기저장 박피 양파, PL; 장기저장 박피 양파, DS; 단기저장 절단 양파,
DL; 장기저장 절단 양파.

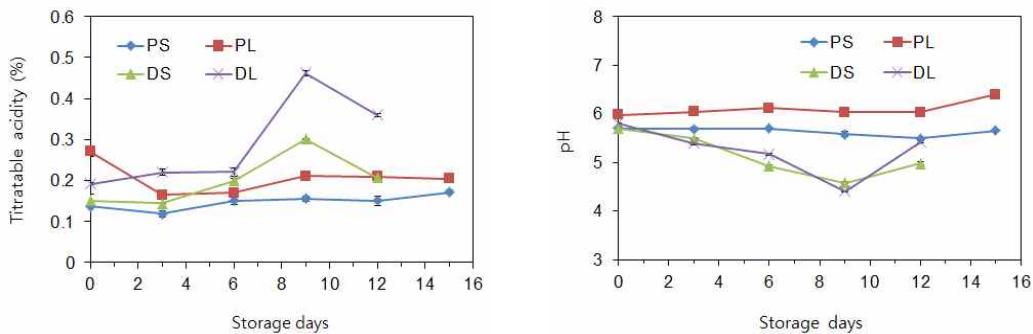


Fig. 10. 원료 저장기간에 따른 신선편이 양파 형태별 산도(좌)와 pH(우) 변화.
PS; 단기저장 박피 양파, PL; 장기저장 박피 양파, DS; 단기저장 절단 양파,
DL; 장기저장 절단 양파.

신선편이 양파의 보관 중 산도는 단기저장 양파 처리구(PS, DS)보다 장기저장 양파 처리구(PL, DL)의 초기 산도가 높았고, 신선편이 형태별 비교 시 절단 양파 처리구(DS, DL)가 박피 양파 처리구(PS, PL)보다 저장 9일째 현저히 높은 산도 값을 나타내었으며, 저장 12일째에는 감소하는 경향이었다(Fig. 10). 보관 중 신선편이 양파의 pH는 단기저장 박피 양파 처리구(PS)에

비해 장기저장 박피 양파 처리구(PL)가 높은 pH 값을 나타내었으며, 절단 양파 처리구(DS, DL)는 저장 9일까지 pH가 절차 감소하다가 저장 12일째 증가하였다(Fig. 10).

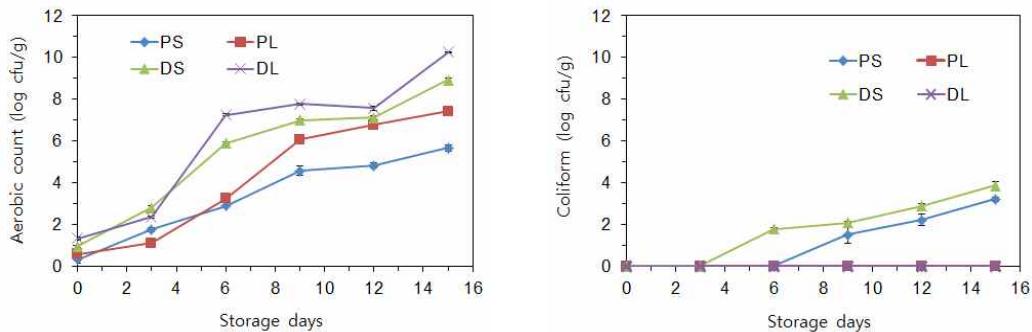


Fig. 11. 원료 저장기간에 따른 신선편이 양파 형태별 미생물 밀도 변화. 좌; 호기성 총 세균, 우; 대장균군. PS: 단기저장 박피 양파, PL: 장기저장 박피 양파, DS: 단기저장 절단 양파, DL: 장기저장 절단 양파.

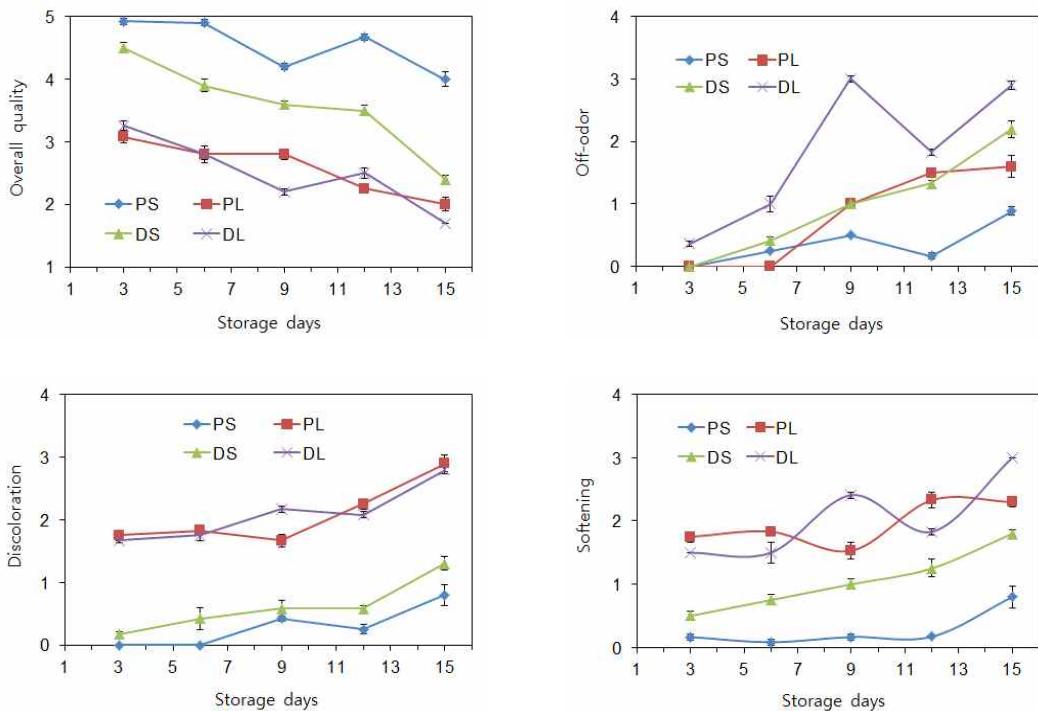


Fig. 12. 원료 저장기간에 따른 신선편이 형태별 관능적 품질변화. 좌측 위; 외관, 우측 위; 이취, 좌측 아래; 변색, 우측 아래; 물러짐. PS: 단기저장 박피 양파, PL: 장기저장 박피 양파, DS: 단기저장 절단 양파, DL: 장기저장 절단 양파.

신선편이 양파 보관 중 호기성 세균의 밀도는 모든 처리구에서 저장 기간이 경과함에 따라 세균밀도는 증가하였고, 절단 양파 처리구(DS, DL)는 박피 양파 처리구(PS, PL)보다 저장 중 세균 증식이 빨라 현저히 높은 밀도를 나타내었음. 신선편이 형태별 각각 비교 시 저장 6일 이

후부터 장기저장 양파 처리구(PL, DL)의 총 세균 밀도가 단기저장 양파 처리구(PS, DS)보다 각각 높은 밀도를 보였다(Fig. 11). 대장균군의 밀도 변화를 살펴보면, 장기 저장 양파 처리구(PL, DL)에서는 대장균군(Coliform)이 검출되지 않았고, 단기저장 양파 처리구(PS, DS)에서 저장 6일부터 검출되었으며, 박피 양파 처리구(PS)보다는 절단 양파 처리구(DS)에서 높은 밀도를 보였다(Fig. 11).

신선편이 양파의 관능적 품질을 조사한 결과, 장기저장 양파 처리구(PL, DL)는 단기저장 양파 처리구(PS, DS)의 외관 품질보다 현저히 낮았으며, 단기저장 박피 양파 처리구(PS)의 외관 품질이 저장 15일까지 가장 우수하였다(Fig. 12). 또한, 이취는 신선편이 저장 기간 중 장기저장 절단 양파 처리구(DL)에서 초기부터 높은 이취 값을 보였고, 신선편이 형태를 고려할 때 절단 양파가 높은 이취 값을 나타내었다(Fig. 12). 장기저장 양파 처리구(PL, DL)가 변색 및 물러짐 값이 높았고, 단기저장 박피 양파 처리구(PS)가 저장 중 가장 양호하였다(Fig. 12).

2) 원료 저장방법에 따른 신선편이 양파의 품질특성

양파 저장(0°C) 시 비열 플라즈마 발생장치를 하루에 6시간(O_3 농도; 500ppb) 3.5개월 동안 작동하고 신선편이 양파(박피, dice)를 제조하여 10°C 에 보관하면서 품질을 조사하였다. 산도는 원료 저장방법에는 두드러진 차이가 없었으며, 박피 양파 처리구(No-P, Pl-P)의 저장 초기 산도가 다소 높았으나 통계적인 유의성은 없었다(Fig. 13). 또한, pH는 원료 저장방법에는 두드러진 차이가 없었으며, 신선편이 형태 간에는 다소 차이를 보여 박피 양파 처리구(No-P, Pl-P)의 초기 pH가 다소 높았다(Fig. 13).

신선편이 양파 저장 초기 O_2 농도는 No-D > Pl-D > No-P, Pl-P 순이었으며, 저장 5일까지 O_2 농도는 급속히 낮아졌다. 신선편이 형태별로 비교 시 저장 9일 이후부터는 플라즈마 처리 신선편이 양파 처리구(Pl-P, Pl-D)의 O_2 농도가 관행저장 신선편이 양파 처리구(No-P, No-D)보다 낮았다. CO_2 농도는 보관 초기에 No-P > Pl-P > Pl-D > No-P 순이었으며, 저장 5일까지 농도가 증가하였고, 신선편이 형태별 비교 시 저장 9일 이후부터는 플라즈마 처리한 신선편이 양파 처리구(Pl-P, Pl-D)의 CO_2 농도가 관행저장 처리구의 신선편이 양파 처리구(No-P, No-D)보다 높았다(Fig. 14).

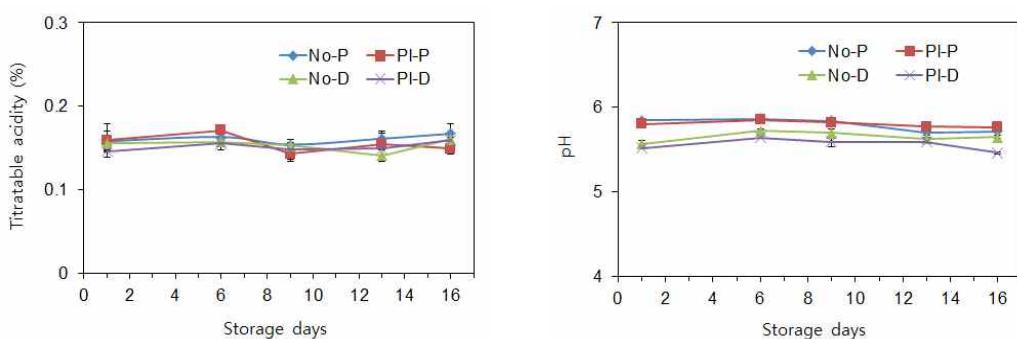


Fig. 13. 원료 저장방법에 따른 신선편이 형태별 산도(좌)와 pH(우) 변화.
No-P; 관행저장 박피 양파, Pl-P; 플라즈마 처리 박피 양파, No-P; 관행저장 절단 양파, Pl-D; 플라즈마 처리 절단 양파.

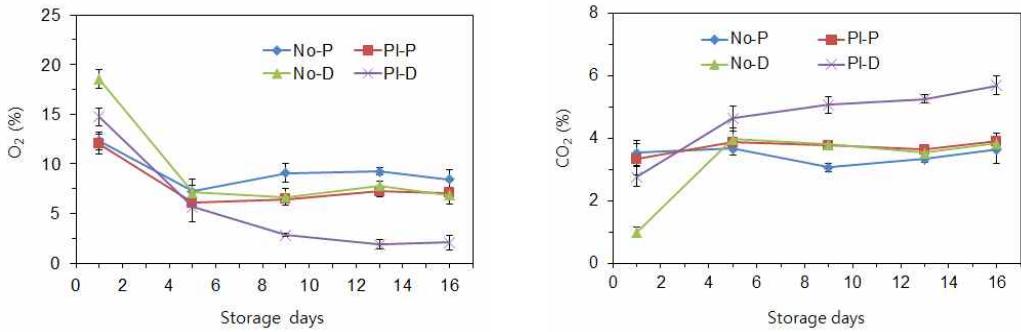


Fig. 14. 원료 저장방법에 따른 신선편이 형태별 포장 내 기체조성 변화. 좌; O₂, 우; CO₂. No-P; 관행저장 박피 양파, Pl-P; 플라즈마 처리 박피 양파, No-P; 관행저장 절단 양파, Pl-D; 플라즈마 처리 절단 양파.

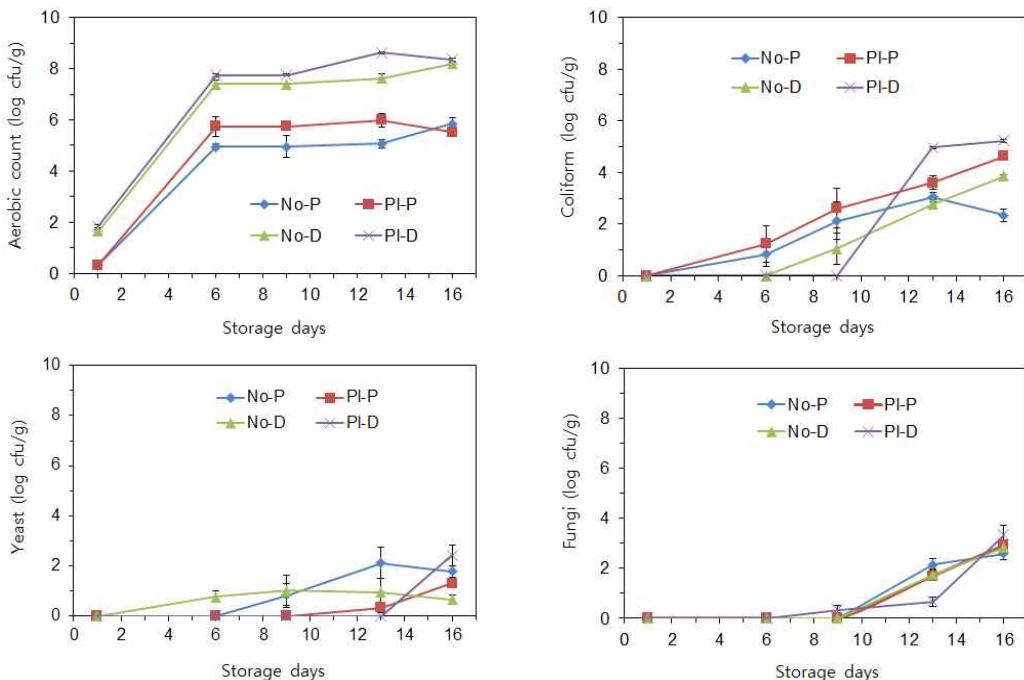


Fig. 15. 원료 저장방법에 따른 신선편이 형태별 미생물 밀도변화. 좌측 위; 호기성 세균, 우측 위; 대장균군, 좌측 아래; 효모, 우측 아래; 곰팡이. No-P; 관행저장 박피 양파, Pl-P; 플라즈마 처리 박피 양파, No-P; 관행저장 절단 양파, Pl-D; 플라즈마 처리 절단 양파.

신선편이 양파의 미생물 밀도변화를 조사한 결과, 모든 처리구에서 저장 6일까지 호기성 세균 밀도가 빠르게 증가하였고, 절단(Dice) 형태 신선편이 양파 처리구(No-D, Pl-D)는 박피(Peeled) 형태보다 현저히 높은 밀도를 유지하였다. 저장 6일 이후부터 플라즈마 처리 양파의 신선편이 처리구(Pl-P, Pl-D)는 관행저장 양파의 신선편이 처리구(No-P, No-D)보다 높은 세균 밀도가 검출되었다. 대장균군의 밀도는 저장 9일까지 박피 형태의 신선편이 처리구(No-P, Pl-P)가 높은 밀도를 보였고, 저장 13일 이후 플라즈마 처리 양파의 신선편이 처리구(Pl-P,

Pl-D)는 관행저장 양파의 신선편이 처리구보다 높은 밀도를 나타내었다. 효모는 관행저장 양파의 신선편이 처리구(No-D)에서 6일부터 검출되었으며, 플라즈마 처리 양파의 신선편이 처리구(Pl-P)에서는 저장 13일부터 검출되었다. 곰팡이는 9일부터 검출되기 시작하여 보관시간이 지나면서 점차 증가하였으며, 저장 16일에는 2 log cfu/g 이상의 밀도를 나타내었다(Fig. 15).

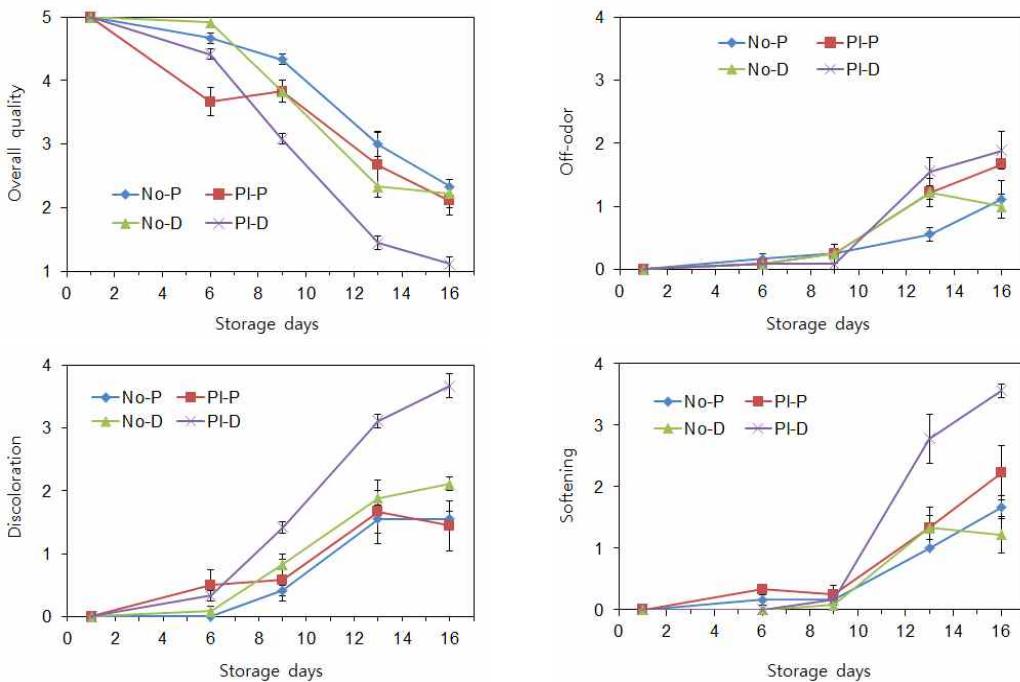


Fig. 16. 원료 저장방법에 따른 신선편이 형태별 관능 품질. 좌측 위; 외관, 우측 위; 이취, 좌측 아래; 변색, 우측 아래; 물러짐. No-P; 관행저장 박피 양파, Pl-P; 플라즈마 처리 박피 양파, No-D; 관행저장 절단 양파, Pl-D; 플라즈마 처리 절단 양파.

신선편이 당근의 관능 품질을 조사한 결과, 저장 6일에 외관품질은 No-D > No-P > Pl-D > Pl-P 순으로 우수하였고, 외관품질의 한계값(3)을 고려 시 No-P는 13일, Pl-P는 11.5일, No-D는 11일, Pl-D는 9일로 저장 중 플라즈마 처리는 신선편이 양파의 외관 품질을 저하되었다. 이취는 저장 13일째부터 두드러지게 발생하였고, 플라즈마 처리 양파의 신선편이 양파(Pl-P, Pl-D)가 같은 형태의 관행저장 양파보다 이취 발생이 많았다. 변색은 저장 6일째 플라즈마 처리 양파의 신선편이 처리구(Pl-P, Pl-D)가 관행 저장 양파의 신선편이 처리구보다 변색 정도가 높았고, 특히 Pl-D 처리구는 저장 9일 이후 변색 정도가 급속히 증가하였다. 물러짐은 저장 13일째 플라즈마 처리 양파의 신선편이 처리구(Pl-P 또는 Pl-D)가 관행 저장 양파의 신선편이 처리구(No-P 또는 No-D)보다 물러짐 정도가 높았으며, Pl-D 처리구는 물러짐 정도가 급속히 증가하였다(Fig. 16).

3) 신선편이 양파의 포장방법과 유통온도에 따른 품질특성

신선편이 양파의 포장방법과 저장온도별 표면색의 변화는 포장방법이나 저장온도는 신선편이 양파의 색도(L^* , a^* , b^*) 변화에 미치는 영향은 없었으며, 다만 PE/PP에 진공 포장하여 10°C에서 저장했을 때 저장 5일부터 17일까지 다른 처리구에 비해 현저히 높은 색차값(ΔE)을 나타

내었다(Fig. 17). 신선편이 양파의 경도는 저장 1일 및 5일째 PE-4°C 처리구가 다른 처리구에 비해 경도가 높았으나, 저장 9일째에는 처리구간 차이가 없었다(Fig. 17).

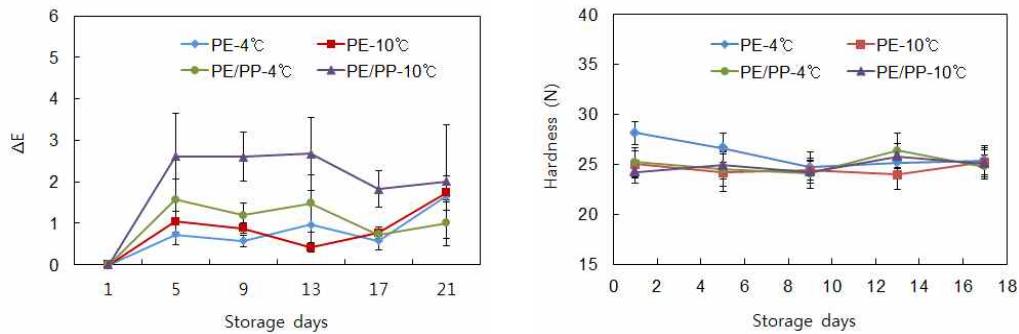


Fig. 17. 신선편이 양파의 포장방법 및 저장온도에 따른 저장 중 색도(좌) 및 경도(우) 변화. PE-4°C; 밀봉포장-4°C, PE-10°C; 밀봉포장-10°C, PE/PP-4°C; 진공포장-4°C, PE/PP-10°C; 진공포장-10°C.

저장 기간 중 신선편이 양파의 생리대사 속도는 산도 및 pH의 증감과 밀접한 관계가 있다고 알려져 있다(Berno 등, 2014), 신선편이 양파의 포장방법 및 저장온도에 따른 산도 및 pH 변화는 조사하였다(Table 10). 신선편이 양파의 산도는 PE/PP-4°C 처리구를 제외한 모든 처리구에서 저장시간이 지나면서 다소 증가하였으며, pH는 PE-4°C 및 PE-10°C 처리구에서 저장시간이 지나면서 다소 낮아지는 경향이었다. 이와는 반대로 PE/PP-10°C 처리구는 시간이 지나면서 pH가 증가하는 경향이었다. Berno 등(2014)은 신선편이 양파를 15°C에 저장했을 때 생리대사가 활발해지면서 산도는 증가하고 pH는 감소하였다고 보고하였는데, 본 연구에서 PE 필름에 신선편이 양파를 밀봉하여 저장했을 때 산도 및 pH는 이와 유사한 경향을 보였다.

Table 10. 신선편이 양파의 포장방법 및 저장온도에 따른 저장 중 산도와 pH 변화

포장 방법	저장 온도(°C)	저장 일수별 산도(%)						저장 일수별 pH					
		1일	5일	9일	13일	17일	21일	1일	5일	9일	13일	17일	21일
PE	4	0.17 ^{a2)}	0.17 ^a	0.16 ^a	0.16 ^b	0.188 ^a	0.19 ^a	5.65 ^a	5.66 ^b	5.75 ^b	5.77 ^b	5.55 ^c	5.58 ^c
	10	0.16 ^a	0.16 ^a	0.17 ^a	0.17 ^b	0.17 ^a	0.18 ^{ab}	5.78 ^a	5.72 ^b	5.73 ^b	5.66 ^b	5.52 ^c	5.43 ^c
PE/PP ¹⁾	4	0.17 ^a	0.16 ^a	0.17 ^a	0.19 ^a	0.17 ^a	0.17 ^b	5.73 ^a	5.73 ^b	5.75 ^b	5.74 ^b	5.78 ^b	5.86 ^b
	10	0.15 ^a	0.16 ^a	0.15 ^a	0.16 ^b	0.16 ^a	0.16 ^{bc}	5.67 ^a	5.95 ^a	6.07 ^a	6.22 ^a	6.33 ^a	6.34 ^a

¹⁾ 신선편이 양파는 73 cmHg 압력에서 2분간 진공 포장함.

²⁾ 같은 문자는 통계적 유의성 없음(Tukey-Kramer HSD 분석)

신선편이 양파를 PE 필름에 밀봉 포장하여 저장하였을 때 포장 내 기체조성(O_2 및 CO_2) 변화는 Fig. 18과 같다. 신선편이 양파의 저장 온도는 포장 내 기체조성에 큰 영향을 미쳤으며, 4°C보다 10°C에 저장 했을 때 높은 CO_2 농도 및 낮은 O_2 농도를 나타내었다. O_2 농도는 4°C에서 저장 초기 15.89%였으나 저장 기간이 지나면서 감소하여 저장 21일째에는 12.67%로 나타내었다. 10°C에서는 저장 초기 10.83%로 저장 9일째(12.97%)까지 감소하다가 저장 13일째 10.87%로 다소 증가하였으나 저장 21일째에 6%로 크게 감소하였다. CO_2 농도는 4°C에서 저장 초기 2.53%를 나타내었으며, 저장 9일(3.3%)까지 증가하다가 저장 21일째에 2.7%로 저장 초기의 농도와 유사하였다. 10°C에서는 저장 초기 3.83%로 저장 13일(3.27%)까지 다소 감소하다가 저장 21일에는 4.27%로 증가하였다. Berno 등(2014)의 연구에서 신선편이 양파를 15°C에 저장 했을 때 0°C에 저장했을 때 보다 호흡률이 8배 높았고, 더욱이 저온에 저장했을 때 저장 1일째 평균 호흡률이 12%까지 감소하였으며, 저장 온도가 높을수록 신선편이 양파의 생리대사가 촉진되어 품질을 저하시켰다. 본 연구에서도 4°C에 저장했을 때보다 10°C에 저장했을 때 기체조성 변화가 심하였으며, PE 필름에 밀봉하여 10°C에 저장한 신선편이 양파의 외관 품질이 가장 낮게 평가되었다(Fig. 20).

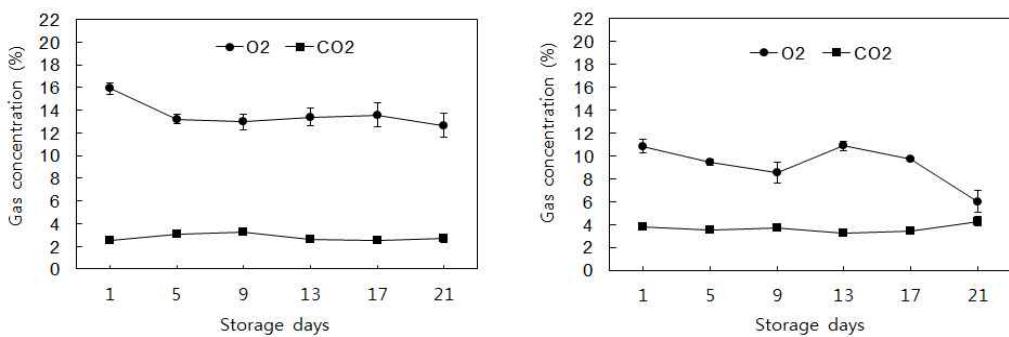


Fig. 18. PE 필름에 포장한 신선편이 양파의 저장온도에 따른 포장 내 기체 조성 변화. 좌측; 4°C, 우측; 10°C에 보관

신선편이 양파를 PE 필름에 밀봉 포장 및 PE/PP 필름에 진공 포장하여 4°C 및 10°C에 저장하였을 때 총 세균수의 변화는 Fig. 19와 같다. 신선편이 양파를 PE 필름에 포장하여 4°C에 저장 유통 시 총 세균수는 저장 1일째에 1.82 ± 0.14 log cfu/g, 저장 21일에 5.81 ± 0.42 log cfu/g로 증가하였으며, 10°C에 저장 유통하였을 때 총 세균수는 저장 1일에 2.81 ± 0.37 log cfu/g에서 저장 21일에 6.34 ± 0.14 log cfu/g로 증가하여 4°C보다 높은 밀도를 나타내었다. 또한, 신선편이 양파를 PE/PP에 진공 포장하여 4°C에 저장했을 때 저장 1일에 2.45 ± 0.38 log cfu/g에서 저장 21일에 5.96 ± 0.62 log cfu/g로 증가하였고, 10°C에서는 저장 1일에 3.31 ± 0.14 log cfu/g에서 저장 21일에 7.92 ± 0.21 log cfu/g로 증가하여 총 세균의 밀도는 포장방법(PE 밀봉 포장 또는 PE/PP 진공 포장)보다는 저장온도에 더 큰 영향을 받았다. 즉, 신선편이 양파는 10°C에서 보다 4°C에 저장 유통할 때 총 세균의 밀도를 낮게 유지할 수 있음을 알 수 있었다. Kim 등(2011)의 연구에서는 신선편이 양파를 가공하였을 때 초기 총 균수는 2.87 log cfu/g 수준이었으며, 신선편이 양파를 4°C에 저장했을 때 저장 10일째에 3.69 log cfu/g, 10°C에서는 저장 10일째에 6 log cfu/g 수준으로 증가하여 본 연구도 이와 비슷한 경향을 나타내었다. 진공포장은 저장 초기 포장 내 산소 공급을 억제하여 신선편이 양파의 화학적 또는 생화학적 변화 억제(Denoya

등, 2015)하고 호기성 미생물의 증식을 억제할 것으로 기대하였으나 본 연구에서는 진공 포장에 의한 세균의 증식 억제 효과는 낮았다.

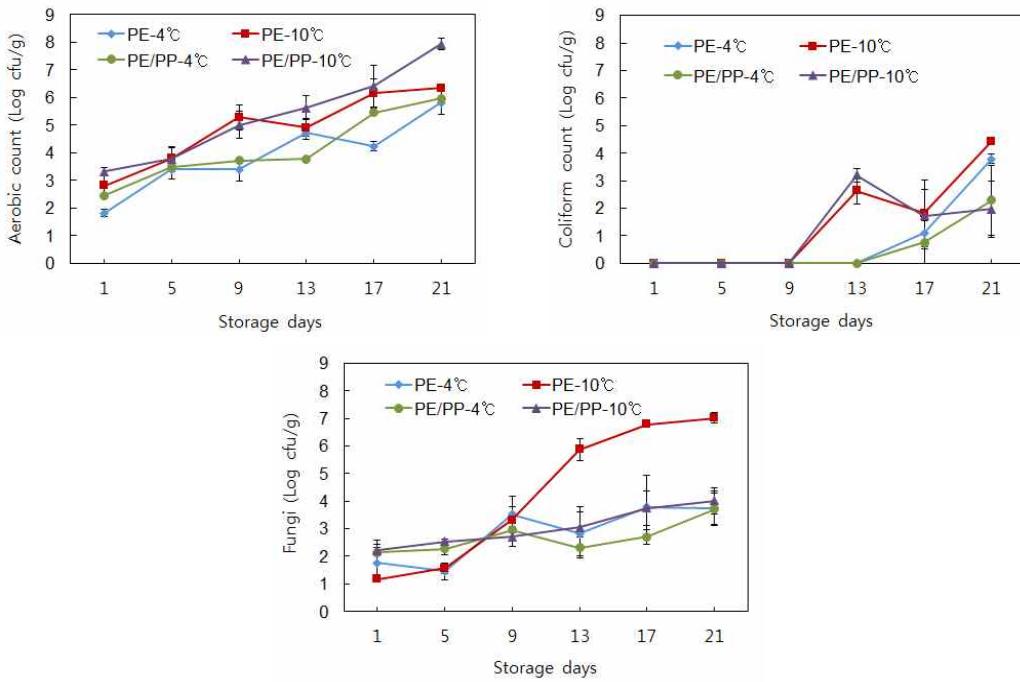


Fig. 19. 신선편이 양파의 포장방법 및 저장온도에 따른 저장 중 미생물 밀도 변화. 좌; 호기성 세균, 중간; 대장균군, 우; 곰팡이.

대장균군은 신선편이 양파를 10°C에 저장 유통 시 저장 13일부터 검출(Fig. 19, PE-10°C 및 PE/PP-10°C)되었으며, 가장 높은 밀도는 PE-4°C 처리구에서 저장 21일에 3.75 log cfu/g, PE-10°C에서는 4.43 log cfu/g, PE/PP-4°C에서는 2.29 log cfu/g를, PE/PP-10°C에서는 저장 13일에 3.2 log cfu/g을 나타내었다. 그러나 대장균(*E. coli*)은 조사기간 중 검출(검출한계 1 log cfu/g)되지 않았으며, 이는 다른 연구자들이 보고(Lee & Lim, 2008, Lee & Kim, 2009)한 바와 같이 신선편이 양파 가공 시 차아염소산나트륨의 사용에 따른 것으로 판단된다. 신선편이 양파 저장 중 곰팡이는 효모(yeast)를 포함한 전체 곰팡이를 조사한 결과, 저장 초기(1일)의 곰팡이 밀도는 PE film에 밀봉 포장한 경우 각각 1.17 log(10°C 저장), 1.76 log(4°C 저장)로 PE/PP film으로 진공 포장한 신선편이 양파의 곰팡이 밀도(4°C 저장 시 2.14 log, 10°C 저장 시 2.21 log)보다 다소 낮았으나 5%의 유의수준에서 유의적인 차이는 없었다(Fig. 19). 그러나 PE film에 밀봉 포장하여 10°C에 저장했을 때 저장 13일부터 밀도가 급격히 증가(5.88 log)하여 저장 21일에는 7.02 log를 보여 다른 처리에 비해 현저히 높은 밀도를 보였다($p<0.05$). 이와 같은 결과는 신선편이 양파 유통 중에 발생하는 곰팡이는 호기성 곰팡이로 저장 13일 이후 포장 내 산소 농도의 감소와 함께 이산화탄소의 농도가 증가(Fig. 19)하여 곰팡이의 생장단계가 영양생장에서 생식생장으로 전환되어 포자가 형성하여 높은 밀도가 검출된 것으로 판단된다.

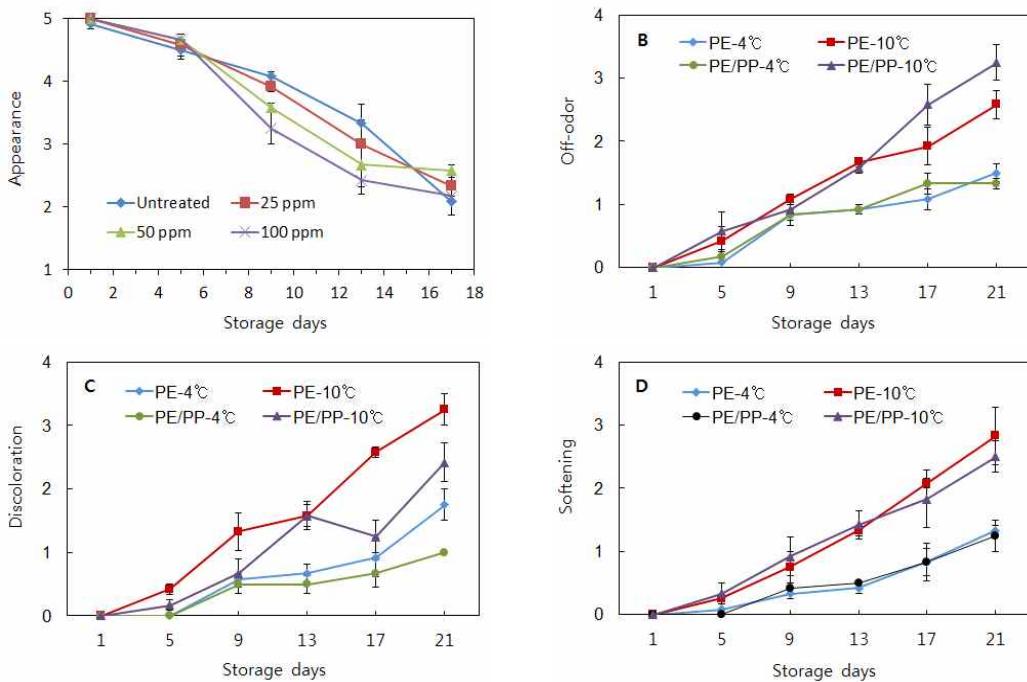


Fig. 20. 신선편이 양파의 포장방법 및 저장온도에 따른 관능적 품질. 좌측 위; 외관, 우측 위; 이취, 좌측 아래; 변색, 우측 아래; 물러짐.

신선편이 양파를 PE 필름에 밀봉 포장하거나 PE/PP 필름에 진공 포장하여 4°C 및 10°C에 저장 유통 시 외관, 이취, 변색, 및 물러짐 정도는 Fig. 20과 같다. 신선편이 양파는 저장기간이 경과됨에 따라 외관 품질은 모든 처리구에서 점차 낮게 평가되었는데, 특히 저장 13일 이후부터는 신선편이 양파의 포장 방법 및 유통 온도에 따라 현저한 차이를 나타내었다($p<0.05$). 외관 품질의 한계를 3점으로 보았을 때 PE-4°C에서는 17일까지, PE-10°C 및 PE/PP-10°C에서는 9일까지, PE/PP-4°C에서는 21일까지 한계 값 이하로 평가되었다. 이취 발생은 신선편이 양파의 유통 온도에 따라 차이가 있었는데, 4°C에서보다 10°C에 저장 유통 시 저장 9일 이후 이취 발생 정도가 높게 나타났다. 이취 발생 한계 값 2점을 기준으로 하였을 때 PE-10°C에서는 17일까지, PE/PP-10°C에서는 13일까지 2점 이하로 평가되었으며, PE-4°C 및 PE/PP-4°C에서는 저장 21일까지 각각 1.5 및 1.3점으로 평가되었다. 신선편이 양파의 변색 정도를 조사한 결과, 신선편이 양파의 변색은 유통 온도에 따라 큰 차이를 보였으며, 저장 5일 이후부터 4°C에서보다 10°C에서 높게 평가되었다. 처리별 신선편이 양파의 변색 정도를 살펴보면, PE-10°C에서는 13일 이후부터, PE/PP-10°C에서는 17일 이후부터 한계 기준 값 2점보다 높게 평가되었고, PE-4°C 및 PE/PP-4°C에서는 저장 21일에 각각 1.3 및 1.2점으로 평가되었다(Fig. 20). 신선편이 양파의 저장 온도는 관능적 품질에 큰 영향을 주었으며, 동일한 저장 온도에서는 진공 포장한 신선편이 양파의 품질이 더 양호하였다. 본 연구 결과로 볼 때 신선편이 양파의 관능적 품질평가 중 중요한 평가 항목은 외관 품질로 판단되었으며, 외관 품질은 실제 구매자나 소비자가 상품의 구매 의사를 결정할 때 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Hong 등, 2000). 본 연구를 종합해 볼 때 신선편이 양파를 PE/PP 필름에 진공 포장하고 4°C에 저장 유통하는 것이 유통기한 연장 및 품질유지에 가장 효과적인 것으로 판단된다.

4) 신선편이 양파 제조 시 살균방법

가) 차아염소산나트륨 소독 농도에 따른 신선편이 양파의 품질변화

조리용 신선편이 제조 시 차아염소산나트륨 농도별로 소독하여 유통 중 양파의 품질을 조사한 결과, 색도 변화는 처리구 간에 큰 차이는 없었으며, 저장 9일째 색도(ΔE) 값이 감소하다가 저장 17일째에는 증가하였다(Fig. 21). 경도는 무처리구의 경우 저장 13일까지 증가하다가 저장 17일에는 감소하였고, 차아염소산나트륨 소독 처리구는 저장 시간이 경과하면서 증감을 반복하다가 저장 17일에는 다소 감소하는 경향이었다(Fig. 21).

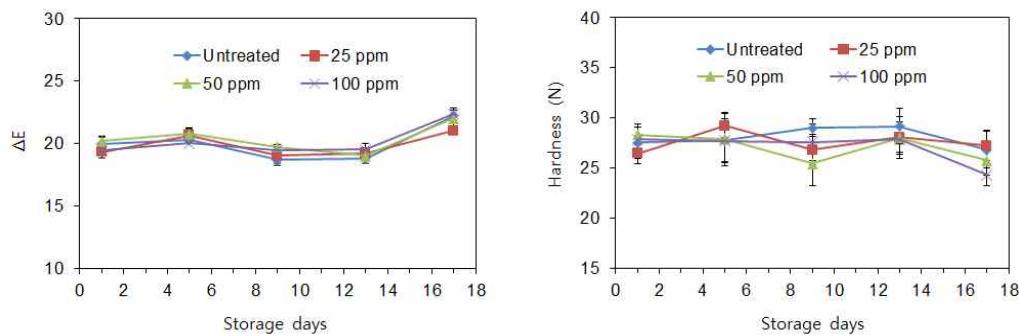


Fig. 21. 차아염소산나트륨 소독에 따른 신선편이 양파 저장 중 색도(좌) 및 경도(우) 변화. Untreated; 물, 25ppm; 차아염소산나트륨 25ppm 용액, 50ppm; 차아염소산나트륨 50ppm 용액, 100ppm; 차아염소산나트륨 100ppm 용액에 5분 침지.

신선편이 양파의 산도는 저장 기간이 경과하면서 점차 증가하는 경향으로 차아염소산나트륨의 농도 간에는 뚜렷한 차이가 없었다. 반면, pH는 저장 기간이 경과하면서 점차 감소하는 경향이었다(Fig. 22).

신선편이 양파의 포장 내 기체조성 변화를 조사한 결과는 Fig. 23과 같다. CO_2 농도는 전체적으로 저장 시간이 경과하면서 높아지는 경향이었으며, 차아염소산나트륨 처리구가 무처리에 비해 저장 기간 동안 CO_2 농도가 높은 경향이었다.

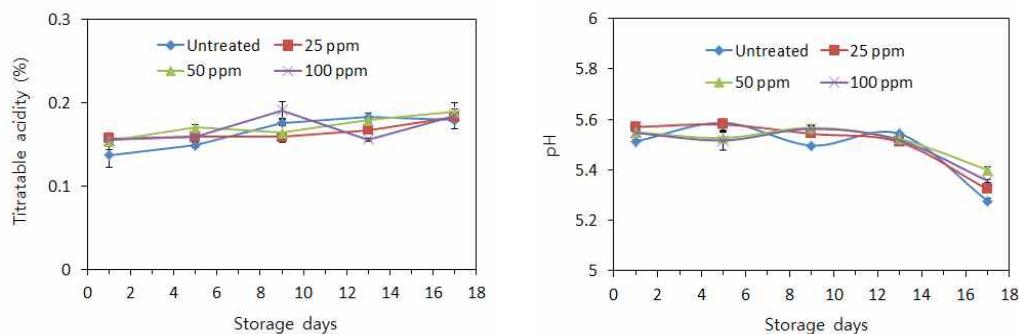


Fig. 22. 차아염소산나트륨 살균 소독에 따른 신선편이 양파 저장 중 산도(좌) 및 pH(우) 변화. Untreated; 물, 25ppm; 차아염소산나트륨 25ppm 용액, 50ppm; 차아염소산나트륨 50ppm 용액, 100ppm; 차아염소산나트륨 100ppm 용액에 5분 침지.

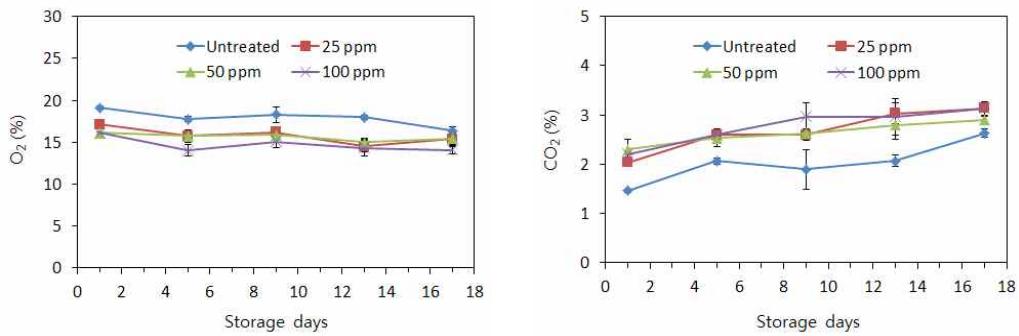


Fig. 23. 차아염소산나트륨 살균 소독에 따른 신선편이 양파 저장 중 포장 내 기체조성 변화. 좌; O₂, 우; CO₂, Untreated; 물, 25ppm; 차아염소산나트륨 25ppm 용액, 50ppm; 차아염소산나트륨 50ppm 용액, 100ppm; 차아염소산나트륨 100ppm 용액에 5분 침지.

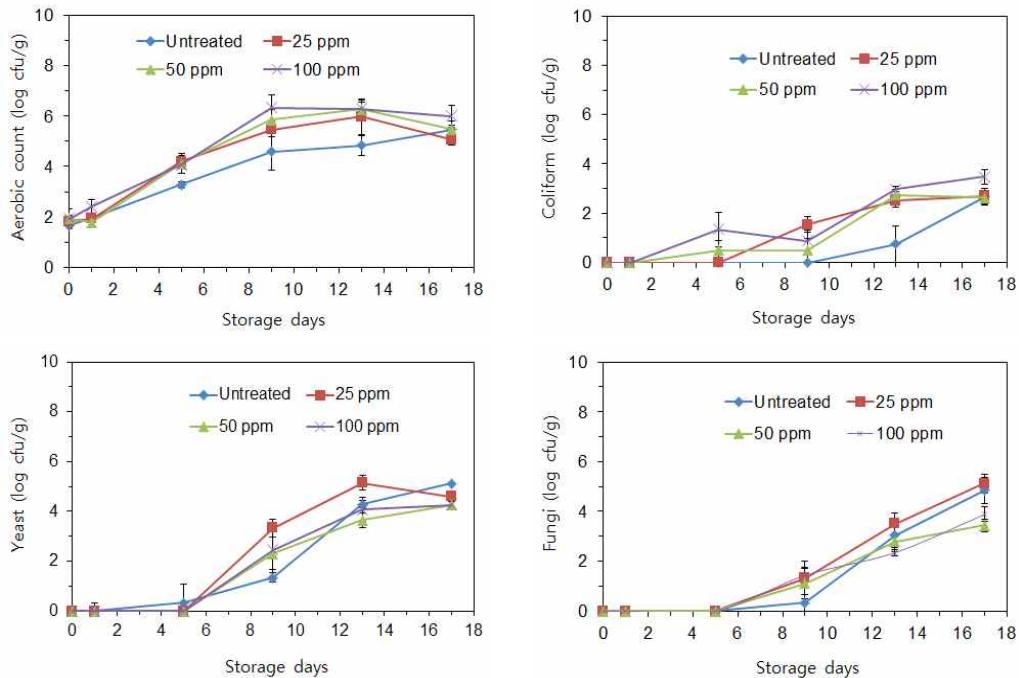


Fig. 24. 차아염소산나트륨 살균 소독에 따른 신선편이 양파 저장 중 미생물 밀도 변화. 좌측 위; 호기성 세균, 좌측 아래; 젖산균, 우측 위; 대장균군, 우측 아래; 곰팡이.

조리용 신선편이 양파를 제조할 때 차아염소산나트륨의 농도를 달리하여 살균 소독하였을 때 미생물 밀도 변화는 Fig. 24와 같다. 물로 세척한 신선편이 양파의 초기 호기성 세균의 밀도는 1.67 log cfu/g으로 저장 시간이 경과하면서 밀도는 증가하여 저장 5일째 3.28, 9일째 4.59, 저장 13일째 4.83, 저장 17일에는 5.46 log cfu/g을 나타내었다. 차아염소산나트륨 용액으로 살균 소독한 처리구는 초기 호기성 세균 밀도가 1.83±0.08~1.94±0.38이었으나, 저장 5일에 4.06±0.33~4.2±0.23으로 급격히 증가하였고, 저장 9일에는 100ppm 살균 소독 처리구의 경우

6.32 ± 0.52 log cfu/g으로 물로 세척한 무처리구보다 높은 세균 증식을 보였다. 또한 대장균군의 밀도를 조사한 결과, 차아염소산나트륨 용액으로 살균 소독한 처리구(50ppm 및 100ppm)에서는 저장 5일부터 대장균군이 검출되었으며, 저장 13일째 $2.51 \pm 0.26 \sim 2.98 \pm 0.11$ log로 무처리구의 0.75 ± 0.75 log보다 높았다. 젖산균과 곰팡이는 저장 9일부터 검출이 되었으며, 저장 17일에 젖산균은 $4.26 \pm 0.15 \sim 5.13 \pm 0.14$, 곰팡이는 $3.45 \pm 0.25 \sim 5.12 \pm 0.38$ log의 밀도를 보였다.

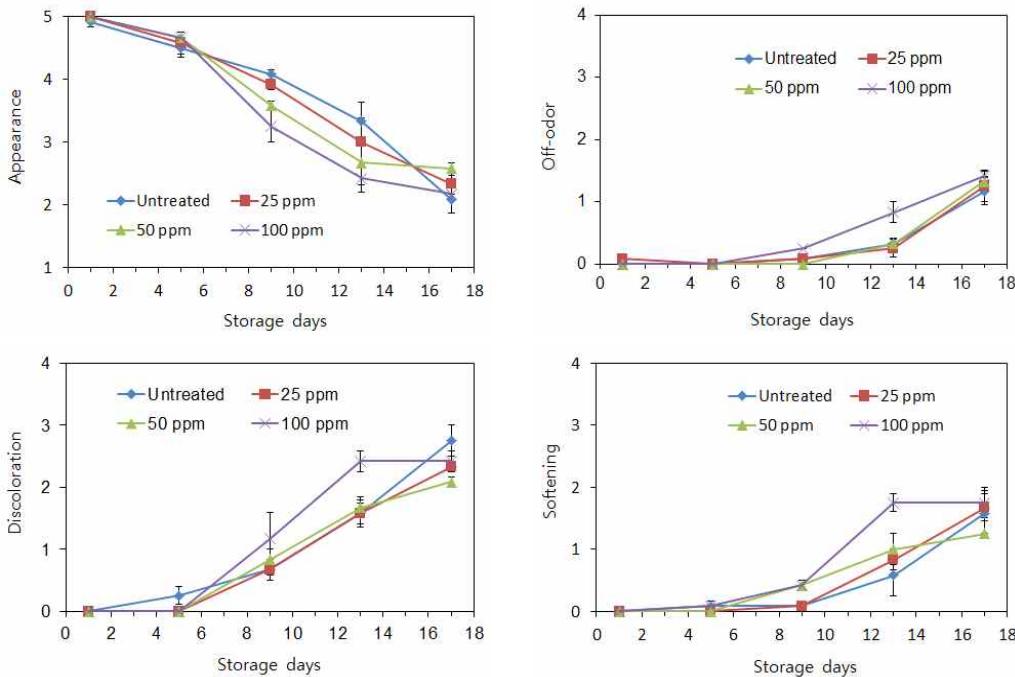


Fig. 25. 차아염소산나트륨 살균 소독에 따른 신선편이 양파 저장 중 관능적 품질 변화. 좌측 위; 외관, 좌측 아래; 변색, 우측 위; 이취, 우측 아래; 물러짐.

조리용 신선편이 양파의 저장 중 외관 품질은 차아염소산 나트륨 살균 처리구의 저장 9일 및 13일째 외관이 무처리보다 낫게 평가되었고, 외관 품질의 한계값(3)을 고려 시 100ppm 농도로 살균 소독 시 약 10일, 50ppm 농도일 경우 12일, 25ppm의 경우 13일에 한계값에 도달하여 무처리구(약 14일)에 비해 낫은 한계값을 나타내었다(Fig. 25). 모든 처리구에서 이취는 저장 기간 중 한계값(2) 이하로 나타났으며, 차아염소산나트륨 용액의 농도 100ppm으로 살균 소독 시 저장 9일부터 이취가 발생하여 다른 처리구보다 빠르게 나타났다. 조리용 신선편이 양파의 표면 변색과 물러짐 정도는 차아염소산나트륨 농도가 높은 처리구(100ppm, 50ppm)에서 저장 9일부터 다소 높게 나타났다(Fig. 25).

나) 차아염소산나트륨 살균소독 시 구연산 처리에 따른 조리용 신선편이 양파의 품질변화

조리용 신선편이 양파 가공할 때 차아염소산나트륨 살균 소독액(무처리, 75ppm, 150ppm)에 구연산을 첨가(0.01%)하여 소독 시 신선편이 양파의 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 신선편이 양파의 산도와 pH는 처리 간에는 큰 차이가 없었으며, 저장 기간이 경과하면서 다소 증가하는 경향이었다(Fig. 26).

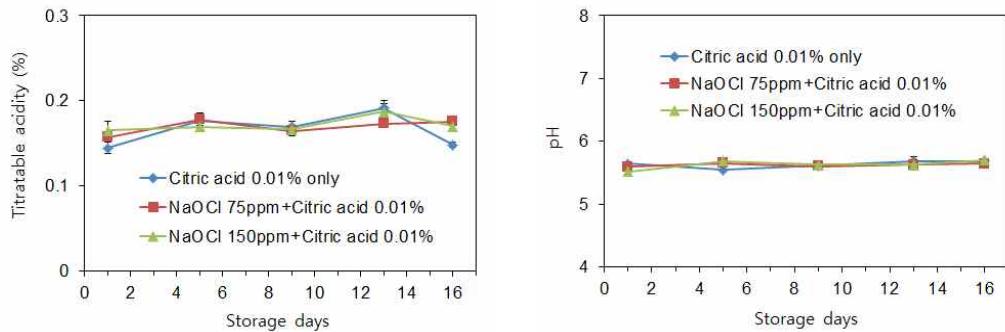


Fig. 26. 차아염소산나트륨(NaOCl) 살균 소독 시 구연산 첨가에 따른 신선편이 양파 저장 중 산도(좌) 및 pH(우) 변화.

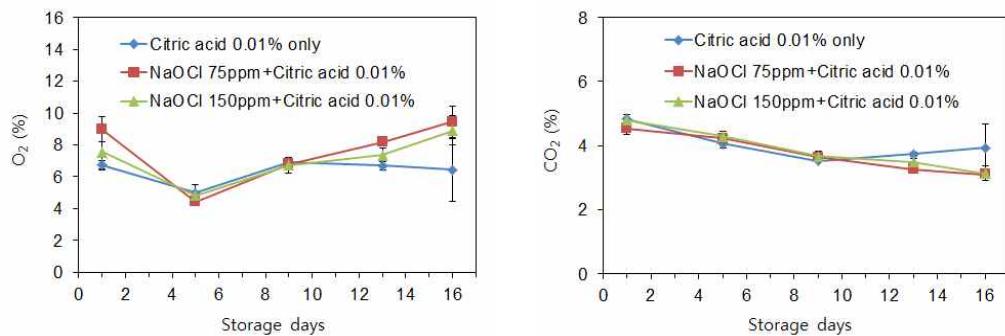


Fig. 27. 차아염소산나트륨(NaOCl) 살균 소독 시 구연산 첨가에 따른 신선편이 양파 저장 중 포장 내 기체조성 변화. 좌; O₂, 우; CO₂.

신선편이 양파 저장 중 포장 내 기체조성을 살펴보면, O₂ 및 CO₂ 농도는 처리구 간에는 큰 차이가 없었으나, O₂ 농도는 저장 초기 6.72~7.55%에서 저장 5일째 4.44~4.99%로 다소 감소하다가 저장 9일에 6.72~6.92%로 다시 증가하였다(Fig. 27). CO₂ 농도는 저장 시간이 경과하면서 모든 처리구의 농도가 감소하였으며, 저장 초기에 CO₂ 농도는 4.53~4.83%에서 저장 16일 후 구연산 단독 처리구는 3.93%, 구연산을 첨가한 차아염소산나트륨(75, 150ppm) 처리구는 3.1%로 다소 낮은 농도를 나타내었다(Fig. 27).

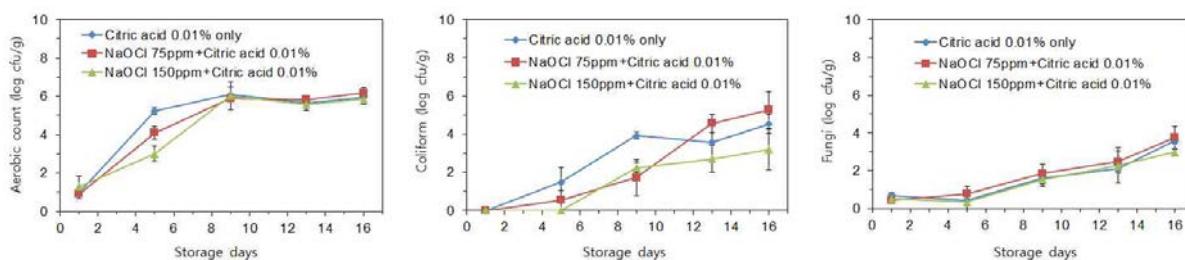


Fig. 28. 차아염소산나트륨(NaOCl) 살균 소독 시 구연산 첨가에 따른 신선편이 양파 저장 중 미생물 밀도 변화. 좌측 위; 호기성 세균, 우측 위; 대장균균, 아래; 곰팡이

차아염소산나트륨 살균 시 구연산 첨가가 신선편이 양파의 미생물 밀도변화에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 28과 같다. 저장 5일째 구연산 단독 처리구에서는 5.23 log cfu/g이었으며, 차아염소산나트륨 75ppm 처리구는 4.1 log cfu/g, 100ppm 처리구는 3.01 log cfu/g를 나타내었으나 저장 9일부터는 처리별 큰 차이는 없었다. 대장균군은 저장 5일째부터 검출되었으며, 저장 9일째에는 차아염소산나트륨 살균 소독 처리구(75ppm은 1.71, 100ppm은 2.24 log cfu/g) 보다 구연산 단독 처리구의 대장균군의 밀도(3.92 log cfu/g)가 현저히 높았다(Fig. 28). 또한 젖산균을 포함한 곰팡이 밀도는 저장 초기 0.41~0.67 log cfu/g였으나 저장 16일 후 2.97~3.56 log cfu/g이었으며, 신선편이 양파 저장 기간 중 처리 간에는 큰 차이가 없었다.

신선편이 양파의 관능적 품질을 조사한 결과, 외관은 저장 9일까지 모든 처리구가 양호하였으며, 이취는 저장 16일까지 모든 처리구가 한계값(2점) 이하를 나타내었다(Fig. 29). 신선편이 양파의 표면 색깔은 저장 9일부터 현저하게 나타났으며, 한계값(2점)을 고려 시 저장 16일째 구연산 단독 처리구에서 2.78점을 보였다. 신선편이 양파의 물러짐 증상은 저장 9일부터 관찰되기 시작하여, 저장 16일에 구연산 단독 처리구는 2.22점, 차아염소산나트륨 75ppm은 1점, 150ppm은 1.22점을 나타내었다(Fig. 29). 이상의 결과를 종합해볼 때 차아염소산나트륨을 이용하여 소독 할 때 구연산을 첨가(0.01%)하면 유통 중 신선편이 양파의 품질 유지에 효과적이라 판단된다.

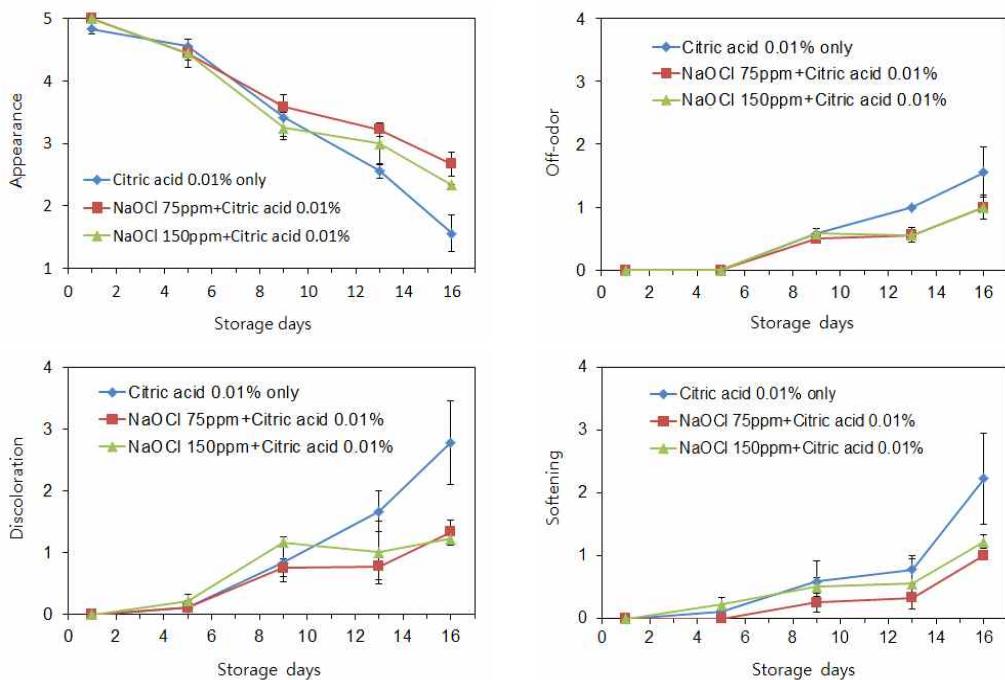


Fig. 29. 차아염소산나트륨(NaOCl) 살균 소독 시 구연산 첨가에 따른 신선편이 양파 저장 중 관능적 품질 변화. 좌측 위; 외관, 우측 위; 이취, 좌측 아래; 변색, 우측 아래; 물러짐.

다. 3년차 연구결과

- 1) 신선편이 당근 원료의 전처리 및 포장방법이 저장 중 당근 품질에 미치는 영향 시중에서 구입한 당근을 저장하기 전에 깨끗한 물로 세척하거나 차아염소산나트륨 용액으

로 소독하고 PE 및 미세천공 PE필름에 포장한 후 저온(0°C) 보관하면서 생체중 변화, 부패율, 색도 및 경도 변화 등 품질을 조사하였으며, 대조구로는 세척하지 않은 당근을 종이박스, PE 또는 미세천공 PE 필름에 포장 보관하면서 품질을 조사하였다. 저장 3개월 후 부패율을 조사한 결과, 대조구(무 세척-종이박스)는 30.7%, 무 세척-PE필름 처리구는 26.9%, 무 세척-미세천공필름 처리구는 65.2%의 부패율을 나타내었으나, 세척하거나 소독한 후 PE필름 또는 미세천공 PE 필름에 포장한 처리구에서는 부패가 발생하지 않았다(Fig. 30).

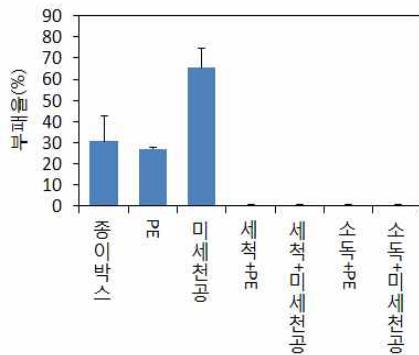


Fig. 30. 당근의 수확 후 전처리 및 포장방법에 따른 저장 중 부패율.

당근 수확 후 전처리 및 포장방법별 저온 저장기간 중 생체중 변화를 조사한 결과, 당근을 세척하지 않고 종이박스에 저장 했을 때 저장 1개월 후 7.36%, 2개월 후 15.95%, 저장 3개월 후 26.3%의 생체중 감소율을 나타내었으며, PE 또는 미세천공 PE 필름으로 포장하여 보관한 당근은 생체중 변화가 적었는데 저장 3개월 후 PE필름 포장 시 0.06~0.5%, 미세천공 PE 필름 포장 시 4.5~4.96%의 생체중 감소율을 나타내었다(Fig. 31).

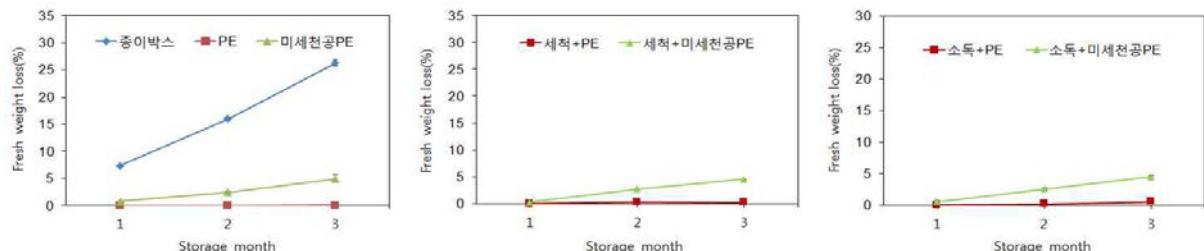


Fig. 31. 당근 수확 후 전처리 및 포장방법에 따른 저장 중 생체중 감소율. 종이박스; 무 세척+종이박스 포장, PE; 무세척+PE필름 포장, 미세천공; 무 세척+미세천공PE필름 포장, 세척+PE; 세척+PE필름 포장, 세척+미세천공; 세척+미세천공PE필름 포장, 소독+PE; 차아염소산나트륨 소독+PE필름 포장, 소독+미세천공; 차아염소산나트륨 소독+미세천공 PE필름 포장.

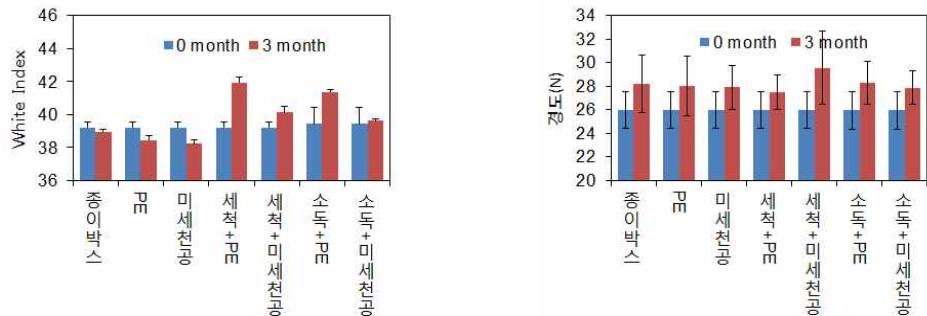


Fig. 32. 당근 수확 후 전처리 및 포장방법에 따른 당근의 색도(white index, 좌) 및 경도(우) 변화

당근 수확 후 전처리 및 포장방법에 따른 당근 표면의 색도 변화를 조사한 결과, L^* , a^* , b^* 값은 저장 시보다 다소 감소하는 경향이었다. 저장 3개월 후 white index는 세척 또는 소독한 당근이 높게 나타나 백화가 진행됨을 알 수 있었으며, 특히 세척 또는 차아염소산나트륨으로 소독한 후 PE 필름으로 포장한 처리구의 당근에서 뚜렷한 white index 값이 증가하였다 (Fig. 32). 또한 경도는 저장 3개월 후 모든 처리구에서 다소 증가하는 경향이었다(Fig. 32).

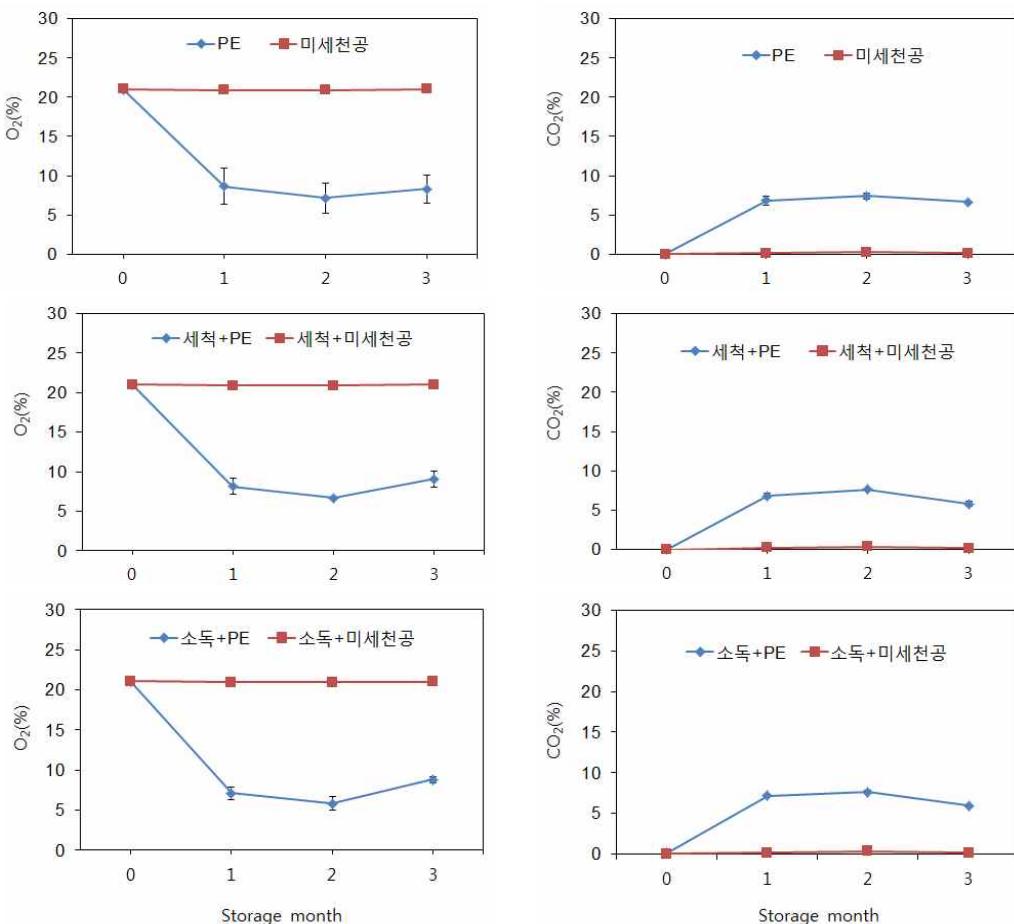


Fig. 33. 당근 수확후 전처리 및 포장방법에 따른 포장 내 기체 조성 변화.

포장 내 기체조성 변화는 PE 필름 및 미세천공 PE 필름 포장 처리구를 대상으로 조사하였으며, 포장내 기체 조성은 전처리보다는 포장방법에 따른 영향이 높았다. PE 필름 포장 시 저장 1개월 후 O₂ 농도는 급속히 감소하여 3개월까지 비슷한 농도를 유지하였으며, CO₂ 농도는 1개월에 급속히 증가하였고 저장 기간 중 5.8~7.6% 수준을 나타내었다(Fig. 33).

2) 당근 수확 후 전처리 및 포장방법에 따른 신선편이 당근 가공 시 품질변화

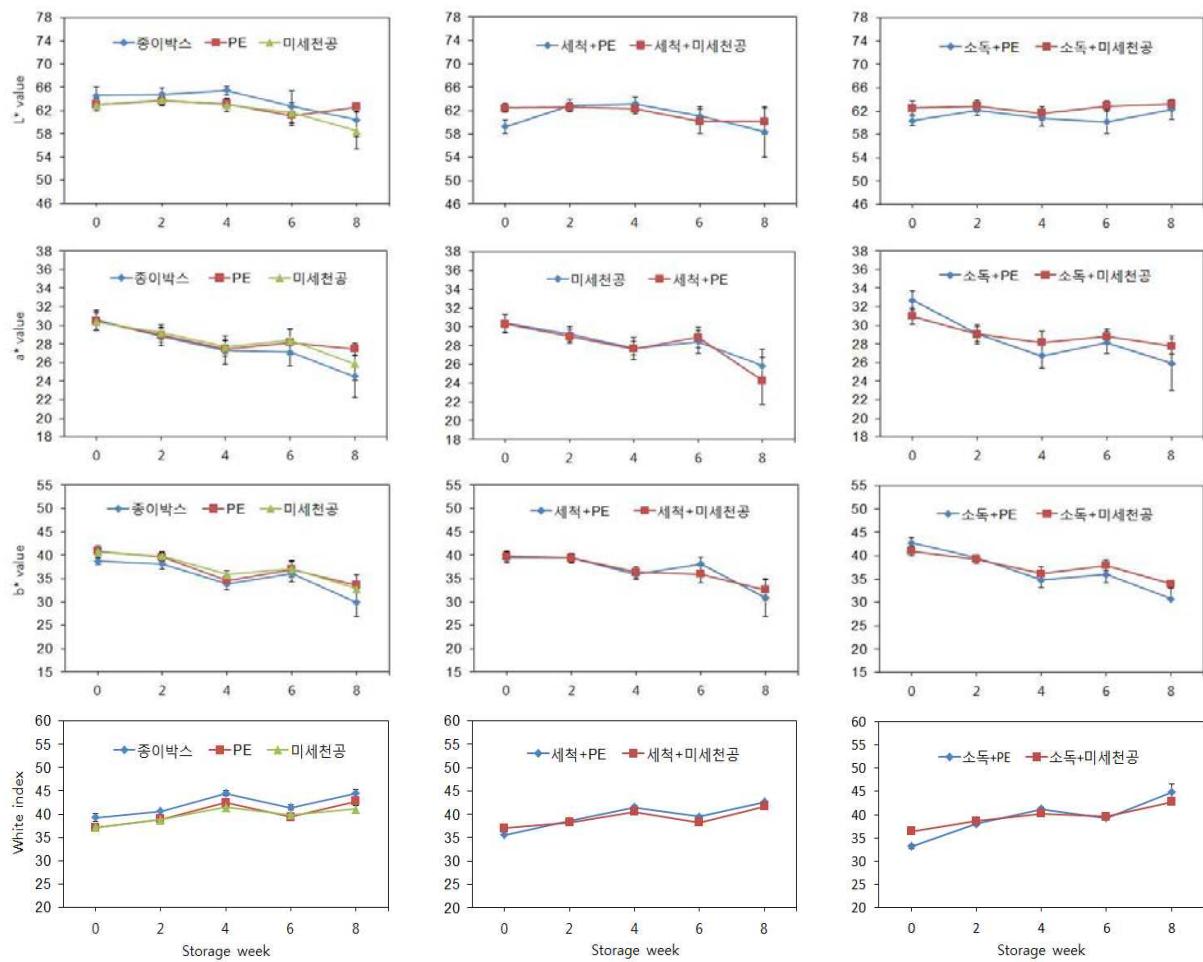


Fig. 34. 수확 후 전처리 및 포장방법에 따른 신선편이 당근의 저장 중 색도 변화. 종이박스; 무 세척+종이박스 포장, PE; 무 세척+PE 필름 포장, 미세천공; 무 세척+미세천공PE필름 포장, 세척+PE; 물 세척+PE필름 포장, 세척+미세천공; 물 세척+미세천공PE필름 포장, 소독+PE; 차아염소산나트륨 소독+PE필름 포장, 소독+미세천공; 차아염소산나트륨+미세천공PE필름 포장.

당근을 져온 저장 전에 전처리(물 세척 또는 차아염소산나트륨 소독)하여 PE 또는 미세천공 PE 필름에 포장하여 3개월 져온(0°C) 저장한 후 신선편이 당근(slice, 두께 7mm 정도)을 제조하여 10°C에 보관하면서 품질을 조사하였다. 신선편이 당근 저장 중 색도 변화는 차아염소산나트륨으로 소독하고 저장했던 원료의 처리구를 제외한 모든 처리구의 L*값은 저장시간이 지

나면서 감소하는 경향이었으며, 소독+PE 및 소독+미세천공PE필름 처리구의 신선편이 당근은 8주 후 다소 증가한 L^* 값을 보였다(Fig. 34). 또한, a^* 및 b^* 값은 모든 처리구에서 보관 기간이 경과하면서 감소하는 경향이었으며, white index 값은 보관 기간이 지나면서 점차 증가하여 백화가 진행되었다(Fig. 34).

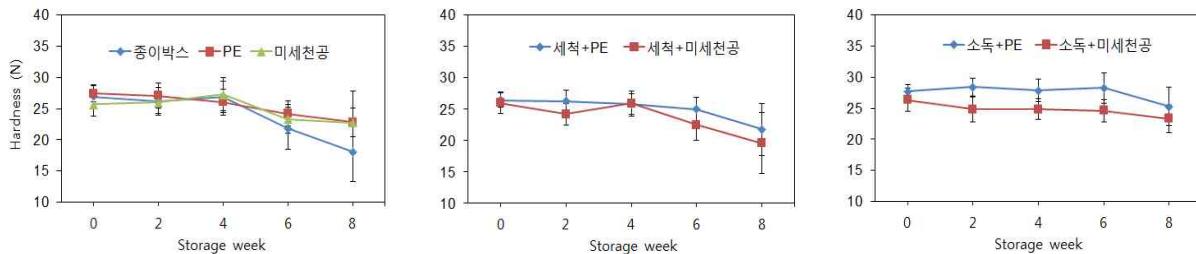


Fig. 35. 수확 후 전처리 및 포장방법에 따른 신선편이 당근의 저장 중 경도 변화.

신선편이 당근의 경도는 모든 처리구에서 신선편이 당근의 저장 기간이 경과하면서 감소하는 경향이었으나, 소독하여 저장했던 원료의 신선편이 당근의 경도는 감소폭이 가장 적은 경향을 나타내었다(Fig. 35).

신선편이 당근 저장 중 호기성 미생물의 밀도를 조사한 결과, 신선편이 제조직후 3.35~4.53 log cfu/g으로 다소 차이를 보였으며, 당근을 세척하지 않고 PE필름으로 포장 저장했던 원료를 사용 시 3.35 log cfu/g으로 가장 낮은 밀도를 나타내었다. 저장 2개월 후 호기성 세균의 밀도는 4.98~5.60 log cfu/g으로 증가하였으며, 종이박스에 포장했던 원료를 사용한 신선편이 당근은 8주, PE 필름 및 미세천공 PE 필름으로 포장 저장했던 원료의 신선편이 당근은 6주, 세척+PE 및 세척+미세천공PE 필름은 8주 후 밀도가 7 log를 상회하였다. 반면, 차아염소산나트륨을 이용하여 소독했던 당근을 원료로 신선편이 당근을 제조 시 호기성 미생물 밀도 증식은 다른 처리구에 비해 다소 지연되었으며, 8주 후 밀도는 6.11~6.94 log를 나타내었다(Fig. 36).

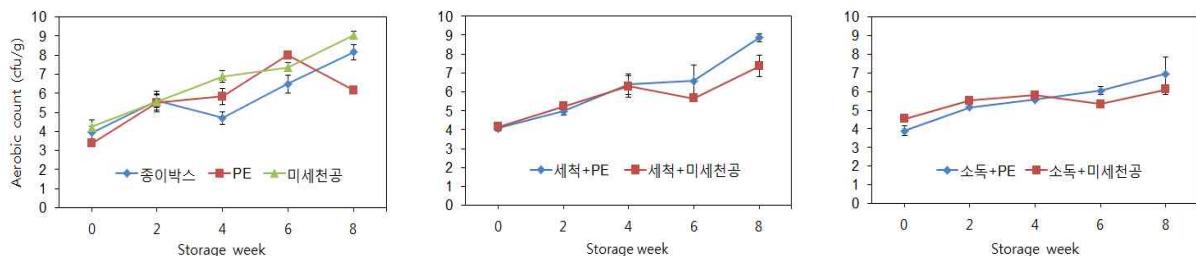


Fig. 36. 수확 후 전처리 및 포장방법에 따른 신선편이 당근의 저장 중 호기성 세균의 밀도변화.

대장균군은 신선편이 제조직후 0.81~1.68 log이었으며, 차아염소산나트륨으로 소독한 후 저장했던 원료의 대장균군의 밀도가 가장 낮았다. 당근을 세척하지 않고 포장(종이박스, PE 필름, 미세천공 PE 필름)하여 3개월 저장했던 원료의 신선편이 당근은 저장 기간이 경과하면서 대장균군의 밀도가 증가하였으며, 저장 2주째에 2 log를 상회하였다. 특히 세척하지 않은 당근을 미세천공 PE 필름에 3개월 저장 후 신선편이 가공한 처리구는 6주까지 밀도가 증가하여 7

\log 를 상회하였다. 반면, 당근을 세척 또는 소독한 후 포장하여 저장했던 원료의 신선편이 당근은 6주까지 비교적 낮은 밀도를 나타내었다(Fig. 37).

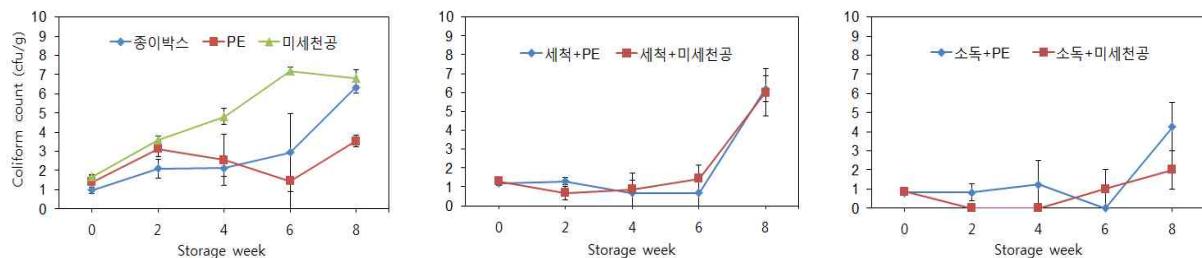


Fig. 37. 수확 후 전처리 및 포장방법에 따른 신선편이 당근의 저장 중 대장균군의 밀도변화.

또한, 곰팡이의 밀도를 조사한 결과, 다른 처리구에 비해 당근을 차아염소산나트륨으로 소독하여 저장했던 원료로 신선편이 당근을 제조했을 때 저장 2주 후 밀도가 다소 낮았으며, 저장 기간이 경과하면서 곰팡이 밀도는 점차 증가하여 저장 6주 후 모든 처리구에서 4 \log 이상의 밀도를 나타내었으며, 처리구간에는 큰 차이가 없었다(Fig. 38).

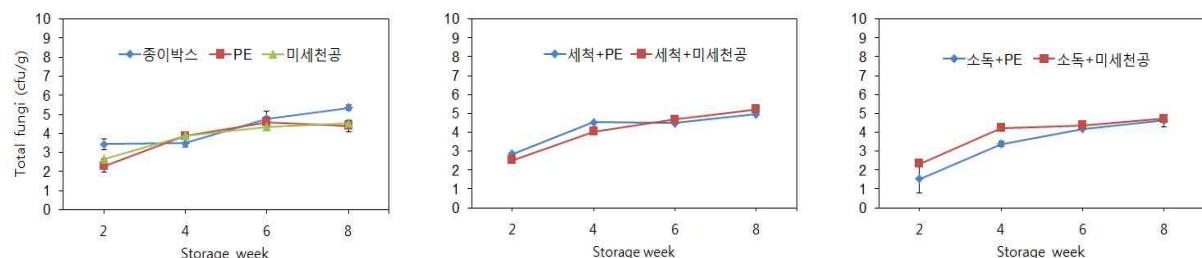


Fig. 38. 수확 후 전처리 및 포장방법에 따른 신선편이 당근의 저장 중 곰팡이의 밀도변화.

관능적 품질을 조사한 결과, 원료 저장 시 세척 또는 차아염소산나트륨으로 소독하고 PE 또는 미세천공필름으로 포장 저장했던 원료를 신선편이 제조 시 4주까지 양호한 외관적 품질을 보였으나, 세척+PE필름으로 포장했던 원료의 신선편이 당근은 4주째 반복 중 부패된 신선편이 당근이 관찰되었다. 원료를 세척하지 않고 종이박스 및 미세천공 PE 필름에 보관하였던 원료를 이용한 신선편이 당근은 2주째 가장 낮은 외관 품질(3.66)을 보였고 4주째 2.44로 상품성을 상실하였다(Fig. 39). 신선편이 당근의 변색 정도는 종이박스 및 세척+PE필름으로 포장 저장했던 원료의 신선편이 당근이 저장 4주에 변색 정도 값 2점 이상을 나타내어 상품성을 상실하였다. 또한, 신선편이 당근의 물러짐 정도는 변색과 유사한 경향을 나타내었다(Fig. 39).

신선편이 당근의 포장 내 기체 조성변화는 무 세척+종이박스 및 무 세척+미세천공 PE 필름, 세척+PE 및 세척+미세천공 PE 필름으로 포장하여 저장했던 당근의 신선편이는 저장시간이 경과하면서 포장 내의 O_2 농도는 점차 감소하였으며, CO_2 농도는 점차 증가하였다. 당근을 전처리(물 세척 또는 소독)하여 저장했던 원료를 사용하였을 때 CO_2 농도의 증가가 다소 느렸다(Fig. 40).

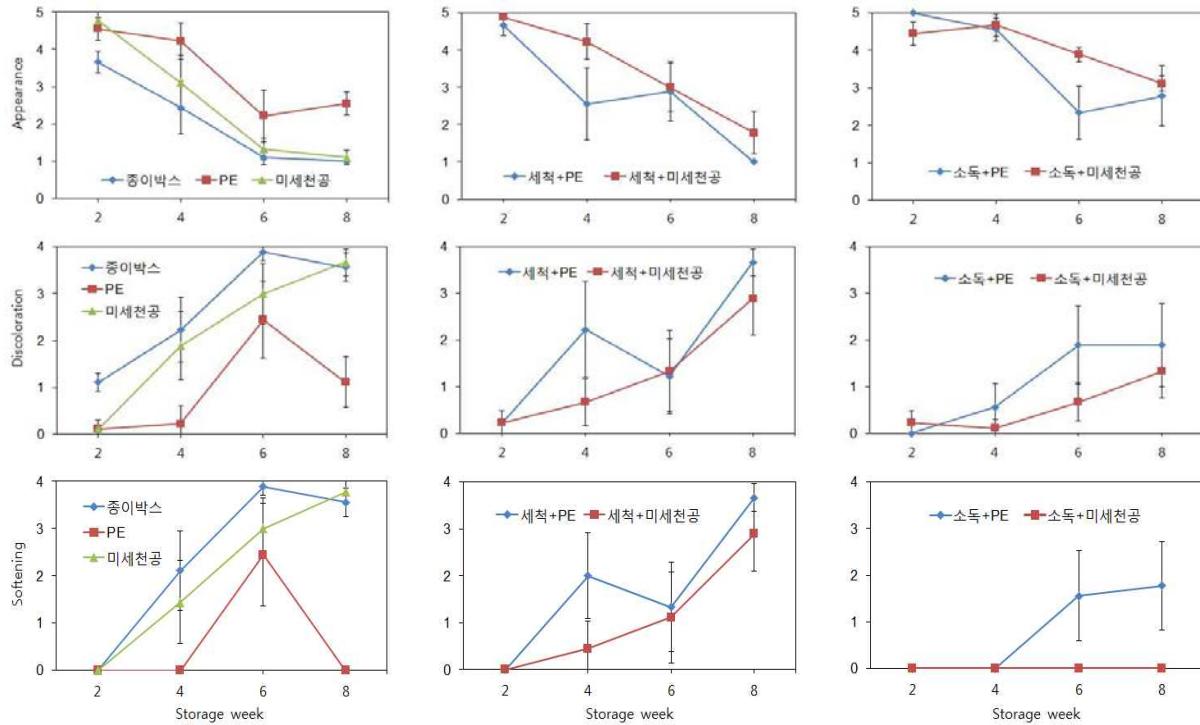


Fig. 39. 수확 후 전처리 및 포장방법에 따른 신선편이 당근의 저장 중 관능적 품질 변화.

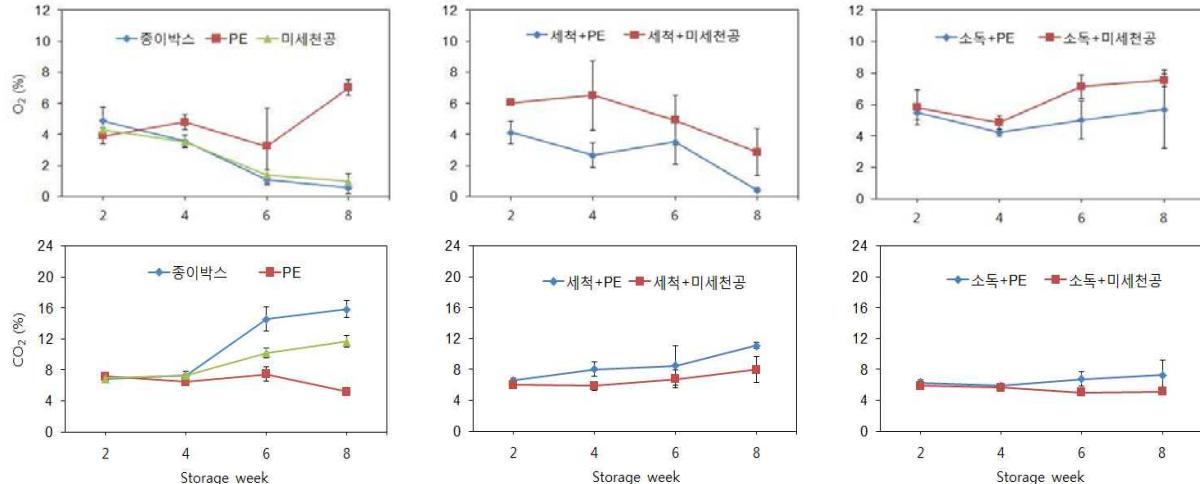


Fig. 40. 수확 후 전처리 및 포장방법에 따른 신선편이 당근의 포장 내 기체조성 변화.

3) 포장방법에 따른 조리용 신선편이 당근의 품질 변화

신선편이 당근(slice)를 제조하여 350g을 PE 필름에 밀봉(PE필름; 50 μ m, 25×35cm) 또는 진공(PE필름; 80 μ m, 20×32cm)하거나 미세천공 PE필름(PE+제오라이트 5%; 30 μ m, 타공사이즈 0.01mm, 타공간격 0.9mm, 25×32cm)에 밀봉하고 4°C 또는 10°C에 보관하면서 품질을 조사하였다.

신선편이 당근의 색도 변화를 조사한 결과, 신선편이 당근 제조 시 L*값은 59.68로 저장 기간이 경과하면서 모든 처리구에서 L*값은 점차 증가하였으며, PE 또는 미세천공 PE 필름에 밀봉하였을 때 4주 후 64.39~64.99를 나타내었다. PE 필름에 진공 포장하여 4°C에 저장했을

때 4주 후 61.49, 10°C에 저장 시 4주 후 62.32로 다른 처리구에 비해 낮은 L*값을 나타내었다 (Fig. 41). 색도 a* 및 b*값은 저장 시간이 경과하면서 감소하였으며, 저장온도에 따른 영향은 없었으며 PE필름에 밀봉하여 보관 시 b* 값의 감소 정도가 적었다(Fig. 41). 또한 신선편이 당근을 저장할 때와 저장 4주 후의 white index의 차이를 살펴보면, PE필름에 밀봉하여 10°C 보관 시 8.22, 4°C 보관 시 8.32를 나타내었으며, 미세천공 PE 필름에 포장하여 10°C 보관 시 6.67, 4°C 보관 시 7.33을 나타내었다. 반면, PE필름에 진공 포장하여 10°C 보관 시 4.84, 4°C 보관 시 4.06를 나타내어 다른 처리구에 비해 백화현상이 진행됨을 알 수 있었다(Fig. 41).

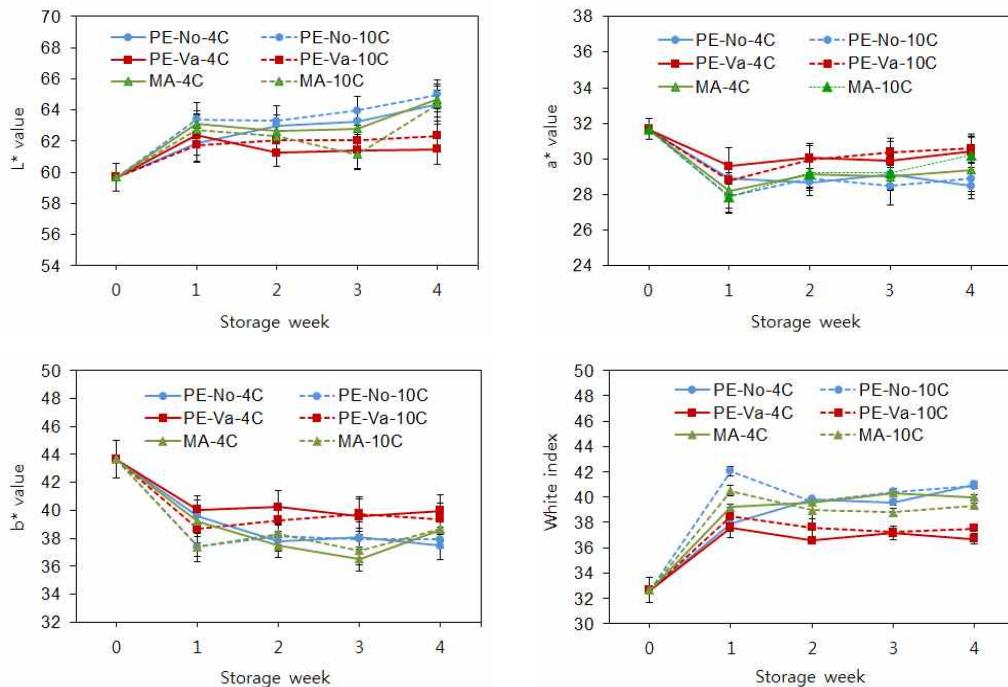


Fig. 41. 포장방법 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 색도 변화.

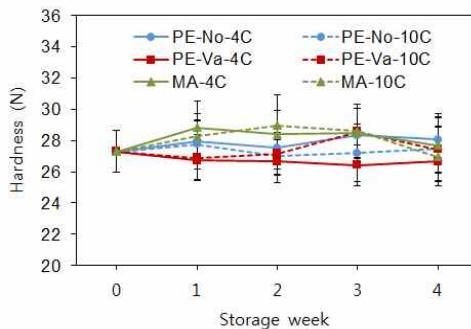


Fig. 42. 포장방법 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 경도 변화.

신선편이 당근의 포장방법에 따른 경도 변화를 살펴보면, PE 필름에 밀봉하거나 진공 포장했을 때 저장 초기와 비교하여 저장 4주 후 큰 차이는 없었으며, 미세천공 PE 필름에 포장하여 보관 시 저장 시간이 경과하면서 다소 증가하다가 저장 4주 후 저장 초기 값과 유사한 수

준으로 감소하였다(Fig. 42).

신선편이 당근의 포장방법에 따라 호기성 세균과 대장균군의 밀도 변화를 조사한 결과, 호기성 미생물은 저장 1주 후 PE 필름에 진공 포장하여 4°C에 저장했던 신선편이 당근이 가장 낮은 밀도(3.71 log cfu/g)를 나타내었으며, 저장 2주까지 현저히 낮은 밀도를 나타내었다(Fig. 43). 반면에 PE 필름에 진공 포장하여 10°C 저장하였을 때 호기성 세균의 밀도는 저장 1주 후 4.92 log에서 2주 후 6.22 log, 4주 후 7.22 log로 증가하였다. PE 필름 또는 미세천공 PE 필름에 밀봉하여 저장할 시 포장재 재료보다는 저장 온도에 따른 영향이 높았는데, 4°C보다는 10°C에 저장 시 높은 밀도를 나타내었다(Fig. 43). 대장균군의 밀도는 신선편이 당근 제조 시 1.95 log cfu/g으로 저장 2주 후 처리 간에 차이를 나타내었다. 특히, PE필름에 진공 포장하여 4°C 보관 시 2.78 log cfu/g, 10°C 보관 시 4.34 log cfu/g으로 증가하였으며, 다른 처리에 비해 뚜렷한 대장균군의 밀도 증가를 나타내었다(Fig. 43). 신선편이 당근의 저장 온도별 대장균군의 밀도 변화를 살펴보면 포장방법이 같을 때 4°C보다 10°C에 보관 시 높은 대장균군의 밀도를 보였다(Fig. 43).

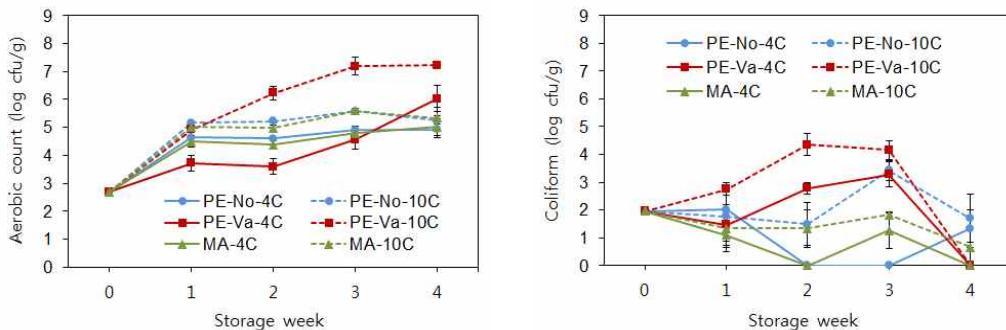


Fig. 43. 포장방법 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 미생물 밀도 변화. 좌; 호기성 미생물, 우; 대장균군.

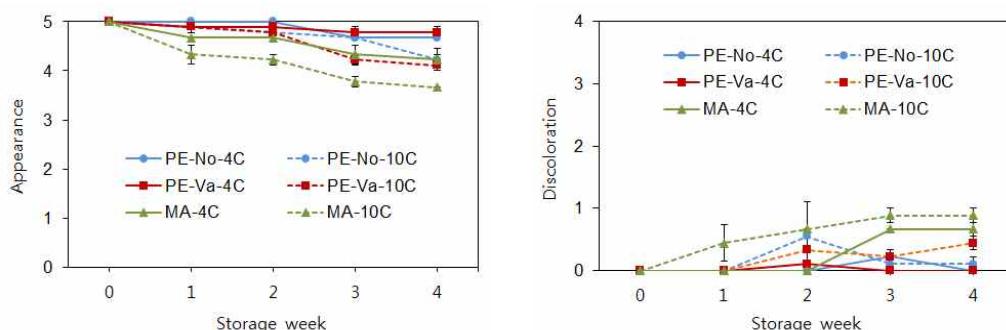


Fig. 44. 포장방법 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 관능적 품질변화. 좌; 외관, 우; 변색.

신선편이 당근의 관능적 품질을 조사한 결과, 모든 처리구의 신선편이 당근의 외관 품질은 저장 4주까지 한계 값 3 이상을 유지하였으나, 미세천공 PE 필름으로 포장하여 10°C에 보관 시 다른 처리구에 비해 저장기간 중 낮은 값을 나타내었다(Fig. 44). 또한 변색은 저장 2주부터

관찰되었으며, 포장 방법에는 큰 차이가 없었으나 4°C보다는 10°C에 신선편이를 보관 시 다소 높은 변색 값을 나타내었다(Fig. 44).

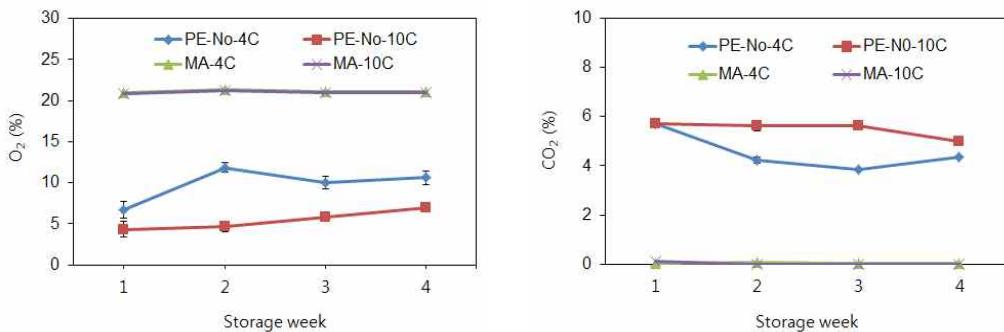


Fig. 45. 포장방법 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 포장 내 기체조성 변화. 좌; O_2 , 우; CO_2 .

신선편이 당근을 PE필름에 밀봉하여 유통 시 포장 내 기체조성 변화를 조사한 결과, 10°C 보다 4°C에 신선편이 당근을 유통했을 때 비교적 낮은 CO_2 가 검출되었는데, 저장 1주째 5.7%, 2주째 4.23%, 3주째 3.83%, 4주째 4.36%로 나타났다. 한편, 10°C에서는 저장 1주째 5.7%, 2주째 5.63%, 4주째 5.0%로 저장 기간이 경과하면서 다소 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 45).

4) 조리용 신선편이 당근의 형태, 저장온도에 따른 품질변화

4-1) 1차 실험

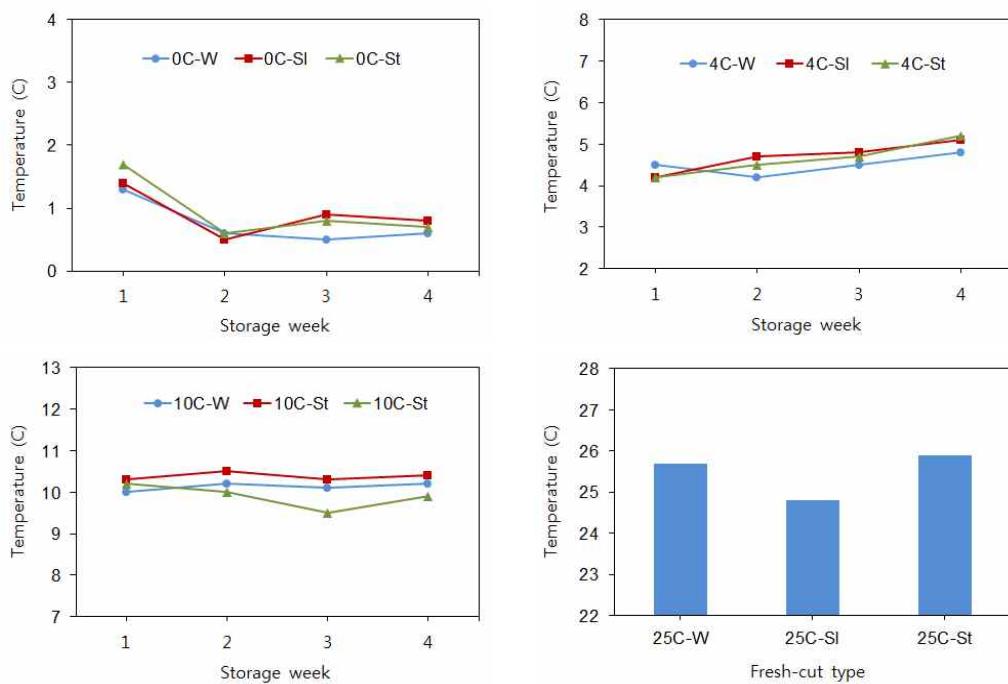


Fig. 46. 신선편이 형태 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 품온 변화

신선편이 당근의 형태를 통 당근, slice, stick 형태로 구분하여 제조하고 유통온도를 0, 4, 10, 25°C로 설정하여 신선편이 당근의 품온을 조사한 결과, 0°C에 보관 시 1주 후 1.3°C~1.7°C를 나타내었고, 2주부터는 0.5~0.9°C를 유지하였다. 4°C에서는 1주째 4.2°C~4.5°C이었으나, 저장 시간이 경과하면서 품온은 증가하여 저장 4주째 4.8°C~5.2°C를 나타내었다. 유통온도 0°C 또는 4°C에서는 통당근 형태가 slice나 stick형보다 2주후부터 비교적 안정적인 품온을 유지하였다. 신선편이 당근을 10°C에 유통 시 품온은 조사 기간 중 9.5°C~10.5°C 사이로 다른 유통온도보다 비교적 안정적인 품온을 유지하였으며, 2주후부터는 stick형의 품온이 다른 처리에 비해 낮은 경향이었다. 신선편이 당근을 25°C에 보관 시 품온은 1주 후 24.8°C~25.9°C 수준이었다(Fig. 46).

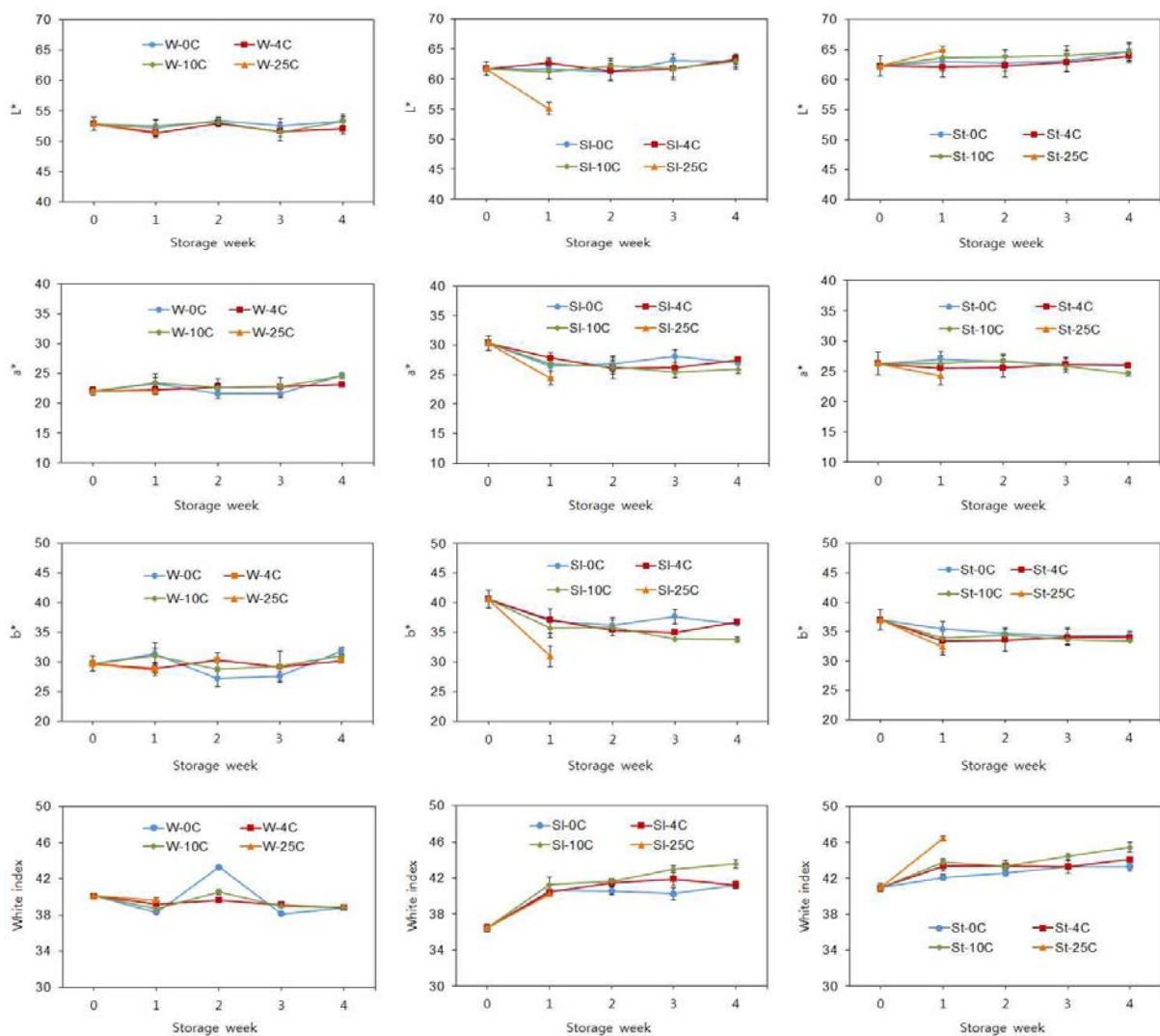


Fig. 47. 신선편이 형태 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 색도 변화

신선편이 형태별로 색도를 조사한 결과, 통 당근의 경우 저장온도에 상관없이 L^* , a^* , b^* 값이 4주후 다소 증가하는 경향이었으며, white index값은 다소 감소하였다. Slice 형태의 신선편

이 당근의 L^* 값은 25°C 에서는 급속히 감소하였고, a^* 및 b^* 값은 저장온도에 상관없이 전반적으로 감소하는 경향이었으며, white index는 저장 시간이 경과하면서 뚜렷하게 증가하는 경향이었다. Stick 형태는 저장시간이 경과하면서 L^* 값은 다소 증가하였고, b^* 값은 다소 감소하는 경향이었으며, white index는 점차 증가하는 경향이었다(Fig. 47).

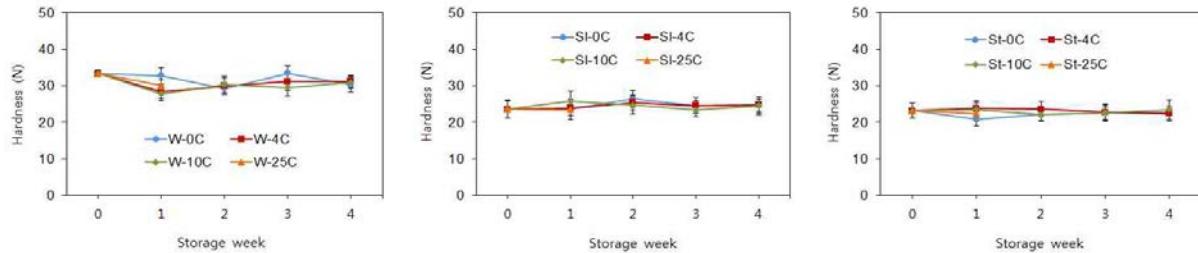


Fig. 48. 신선편이 형태 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 경도 변화

신선편이 당근의 경도를 조사한 결과, 통당근 형태는 초기 값 33.31N에서 저장 4주째 30.3~31.2N을 나타내어 다소 감소하는 경향이었다. Slice 형태는 초기 경도 값 23.57N에서 저장 4주 후 24.50~24.72N으로 다소 증가하였으며, stick 형태는 저장 4주 후 초기보다 경미하게 감소하는 경향이었다(Fig. 48).

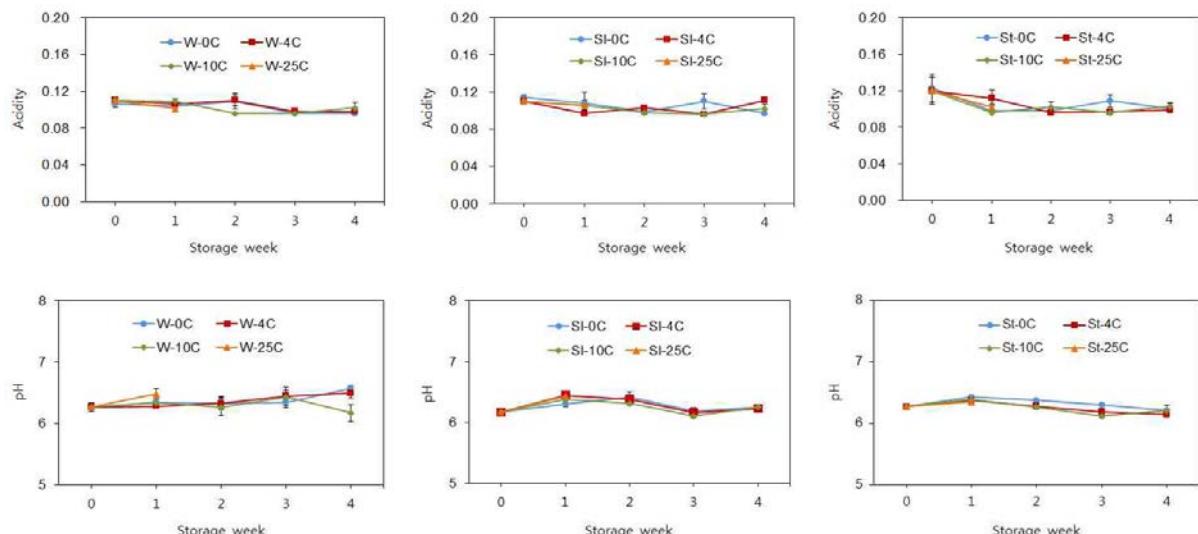


Fig. 49. 신선편이 형태 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 산도 및 pH 변화

신선편이 당근의 산도는 신선편이 형태 및 저장온도와는 상관없이 저장 시간이 경과하면서 경미하게 감소하였다(Fig. 49). 또한, pH는 0°C 및 4°C 에서 통당근의 경우 저장 초기 6.26이었으며, 저장 기간이 경과하면서 다소 증가하는 경향이었다. 그러나 10°C 에서는 3주까지 다소 pH가 증가하다가 4주째 6.17로 감소하였다. Slice 형태는 저장 초기 pH가 6.16이었으며, 저장 2주째 pH 6.30~6.44 수준으로 다소 증가하다가 저장 3주째 pH 6.10~6.19 수준으로 감소하였다.

Stick 형태의 신선편이 당근은 초기 PH가 6.27이었으며 저장 기간이 경과하면서 다소 증가(2주째 6.35~6.42)하다가 저장 4주에 6.14~6.21 수준으로 감소하는 경향이었다(Fig. 49).

신선편이 형태 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 미생물 밀도 변화를 조사한 결과, 신선편이 제조 시 호기성 세균의 밀도는 통당근이 3.34 log cfu/g, slice가 3.31 log cfu/g, stick은 3.69 log cfu/g이었으며, 호기성 세균의 증식은 저장온도에 의한 영향이 높았는데 25°C에 유통했을 때 저장 1주째 호기성 세균의 밀도는 6.35~8.99 log cfu/g로 크게 증가하였다. 반면 0°C에 유통했을 때 호기성 세균의 밀도는 느리게 증가하였는데, 저장 2주째 통당근은 4.03 log, slice는 4.67 log, stick은 5.03 log를 나타내었다. 신선편이 형태별 호기성 세균의 밀도 증가를 살펴보면 통당근<slice<stick 형태 순으로 밀도가 높은 경향이었다(Fig. 50). 또한 대장균군은 25°C 유통 시 1주째에 5.17~6.20 log cfu/g을 나타내었으며, 통당근과 slice는 10°C 유통 시 3주째, stick은 4°C 및 10°C 유통 시 3주째에 대장균군이 검출되었고 한계값 2 log에 근접하거나 초과하였다(Fig. 50).

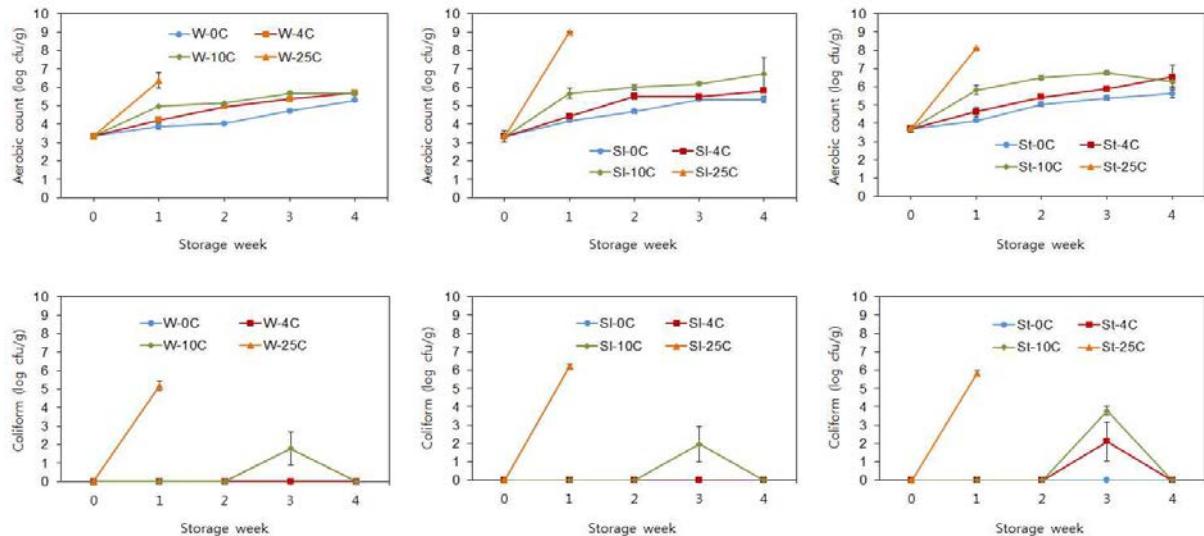


Fig. 50. 신선편이 형태 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 미생물 밀도 변화

신선편이 당근의 형태 및 유통 온도별 관능적 품질을 조사한 결과, 통당근의 외관은 0°C, 4°C, 10°C에 유통 시 4주까지 외관 품질이 양호하였으나, 25°C에서는 1주째 외관 한계값 3 이하를 나타내었다. Slice는 0°C 및 4°C에 유통 시 외관 품질은 4주까지 양호하였고, 10°C에서는 4주째 외관 값 3.33점을 나타내었다. Stick 형태는 slice 형태보다 조금 빠르게 외관 품질이 떨어졌으며, 10°C에 유통 시 2주째 3.44점, 4주째 3.11점을 나타내었다(Fig. 51). 신선편이 당근의 외관 변색 정도를 조사한 결과, 25°C에 유통한 신선편이 당근을 제외한 모든 유통온도에서 4주까지 양호하였으며, 신선편이 형태별 비교 시 저장 기간이 경과하면서 통당근 > slice > stick 순으로 양호하였다(Fig. 51). 신선편이 당근의 유통 기간 중 물러짐 증상은 25°C에 유통 시 신선편이 형태와 관계없이 1주째 물러짐 한계값 2점 이상을 나타내었으며, stick 형태를 10°C에 유통 시 2주째부터 물러짐 증상이 관찰되었다(Fig. 51).

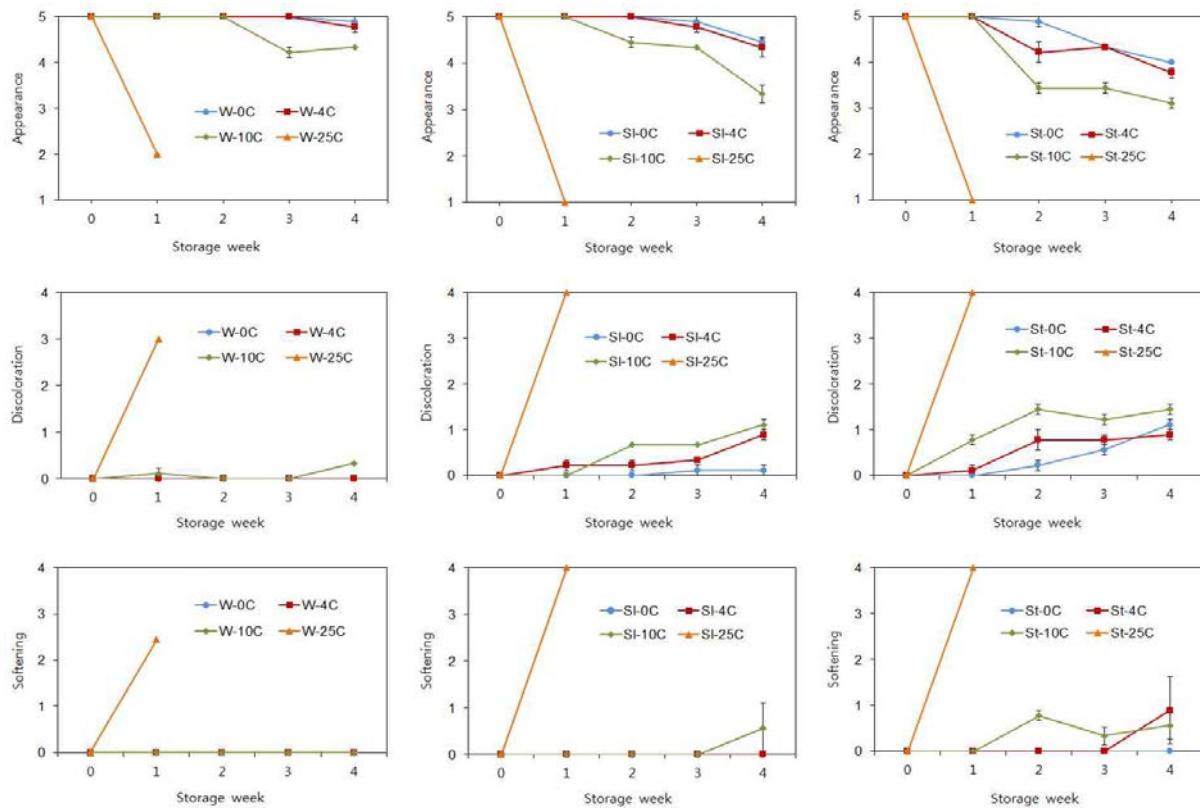


Fig. 51. 신선편이 형태 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 관능적 품질 변화

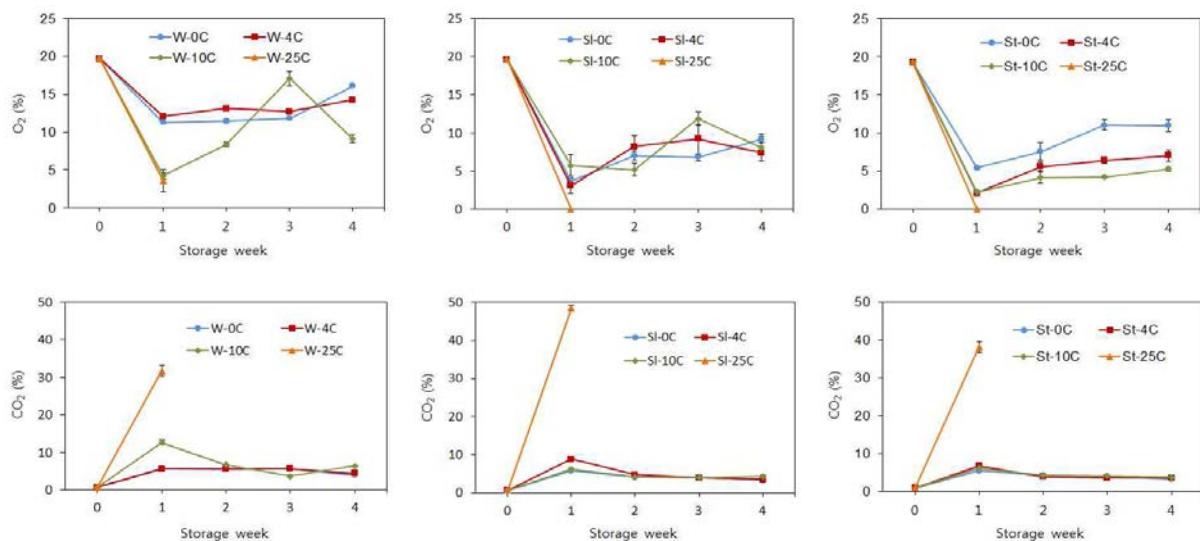


Fig. 52. 신선편이 형태 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 포장 내 기체조성 변화

신선편이 당근의 포장 내 기체조성 변화를 조사한 결과 통 당근의 경우 1주 후 O₂ 농도는 감소하였고, CO₂ 농도는 증가하였다(Fig. 52). 특히 10°C 및 25°C에 통당근을 저장 시 기체조성 변화가 심하였는데, 10°C에서 O₂ 농도 변화는 처리직후 19.7%, 1주째 4.21%, 2주째 8.38%, 3주째 17.1%, 4주째 9.11%로 감소하였다. Slice 및 stick 형태의 신선편이 당근은 저장온도 0°C,

4°C, 10°C에서 1주째 O₂ 농도는 급격히 감소하다가 2주째부터는 농도가 증가하였으며, CO₂ 농도는 1주째 증가하여 4주까지 비교적 일정한 농도를 유지하였다(Fig. 52).

4-2) 2차 실험

1차 실험 결과를 보완하기 위해 신선편이 형태를 통당근 및 slice로 제조하고 저장온도를 0, 5, 10, 15°C로 구분하여 8주간 저장하면서 품질을 조사하였다.

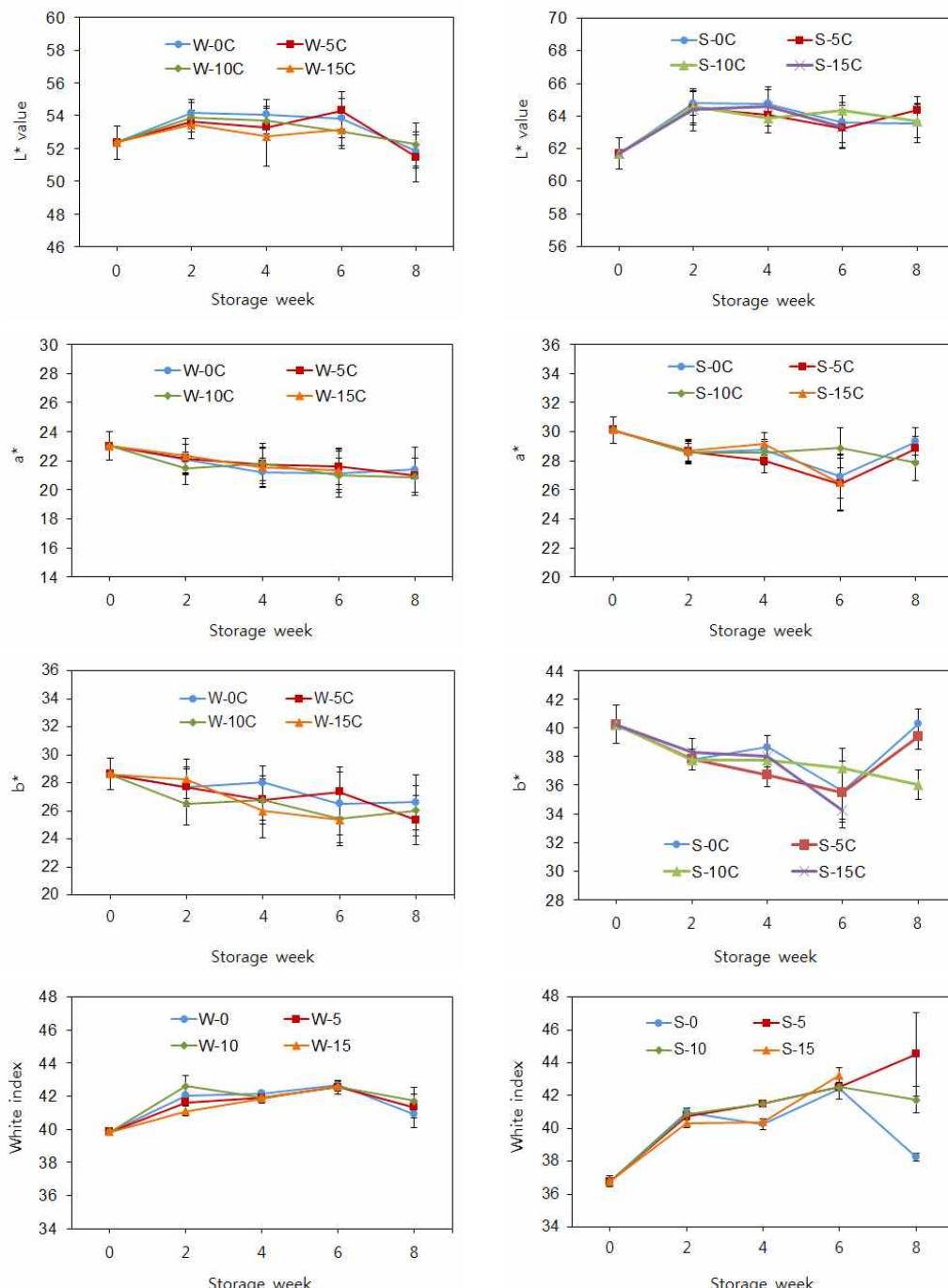


Fig. 53. 신선편이 형태 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 색도 변화

신선편이 당근의 색도를 조사한 결과, 통당근의 L^* 값은 저장온도와는 관계없이 2주부터 6주까지 다소 증가하다가 8주째에는 감소하는 경향이었다(Fig. 53). Slice 형태의 신선편이 당근은 2주까지 색도가 다소 증가하였으며, 이후 비교적 일정한 L^* 값을 나타내었으며, slice 형태의 신선편이 당근이 통당근보다 높은 L^* 값을 나타내었다. 색도 a^* 값은 제조 직후보다 저장기간이 경과하면서 신선편이 형태 및 저장온도와는 관계없이 다소 감소하는 경향이었으며, 통당근은 초기 23.01에서 8주 후 20.89~21.39로, slice는 제조 직후 30.12에서 8주 후 27.86~29.32로 감소하였다(Fig. 53). 통당근의 색도 b^* 값은 저장온도와는 관계없이 제조 직후 28.63에서 8주 후 25.34~26.02로 다소 감소하였다. 반면, slice 형태는 제조 직후 40.26에서 6주까지 점차 감소(34.52~37.18)하다가 8주째 0°C 및 5°C에 유통 시 39.42~40.27로 초기 값을 회복하였다(Fig. 53). 색도 L^* , a^* , b^* 값을 토대로 white index 값을 계산한 결과, 통당근 및 slice 형태의 신선편이 당근은 저장온도와는 관계없이 저장 6주까지 white index 값이 점차 증가하여 신선편이 당근의 표면 백화가 진행됨을 알 수 있었다(Fig. 53).

신선편이 당근의 형태 및 저장온도별 경도변화를 조사한 결과, 통당근은 저장온도와는 관계없이 저장기간이 경과하면서 점차 감소하였으며, 제조 직후 27.27N에서 저장 4주에 25.18~26.62N, 저장 8주에 24.54~25.61N을 나타내었다(Fig. 54). Slice 형태의 신선편이 당근은 제조 직후 25.09N이었으며, 유통 온도 0, 5, 10°C에서 저장 6주까지 경도가 다소 증가하다가 8주째 감소하는 경향이었다(Fig. 54). 반면, 신선편이 slice 당근을 15°C에 유통했을 때는 저장기간이 경과하면서 경도는 점차 감소하는 경향이었다(Fig. 54).

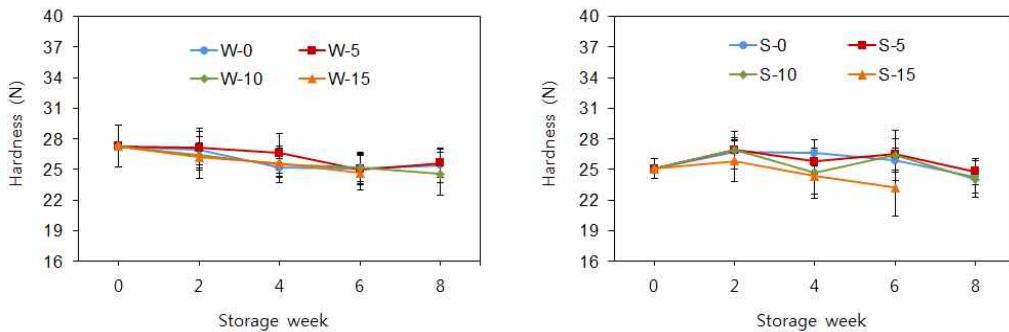


Fig. 54. 신선편이 형태 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 경도 변화.

신선편이 통 당근의 호기성 세균의 밀도변화를 조사한 결과, 신선편이 당근 제조 직후 4.28 log cfu/g이었으며, 저장온도 0°C 및 5°C에서는 4주째 4.56 및 4.69 log, 8주째 4.89 및 4.86 log를 각각 나타내어 유사한 밀도 증가를 나타내었다(Fig. 55). 반면, 15°C에 신선편이 통 당근을 보관했을 때는 2주째 5.71, 6주째 7.58 log를 나타내었다(Fig. 55). 신선편이 slice 당근의 호기성 세균 밀도는 신선편이 제조 직후 3.59 log cfu/g으로 통 당근보다 낮은 밀도를 나타내었으며, 저장온도 0°C 및 5°C에서는 저장 2주째 각각 3.88 및 4.05 log, 저장 6주째 4.42 및 4.65 log를 나타내었다(Fig. 55). 반면, 저장온도 10°C에서는 저장 6주에 0 및 5°C 처리구보다 다소 높은 밀도를 나타내었으며, 저장온도 15°C에서는 저장 6주째 7.66 log cfu/g을 나타내었다(Fig. 55). 신선편이 통 당근의 대장균군은 저장 4주째 10°C에 유통한 신선편이에서 처음 검출되었으며, 밀도는 1.31 log cfu/g이었다(Fig. 55). 신선편이 slice 당근에서는 저장온도 0°C를 제외한

모든 처리구에서 저장 2주째부터 대장균군이 검출되었으며, 밀도는 0.33~0.92 log 수준이었다. 한편, 신선편이 농산물 대장균군의 한계 밀도인 2 log를 고려 시, 저장온도 15°C에서는 4주에 2 log에 거의 도달하였고, 저장온도 10°C에서는 8주에 한계 밀도를 넘어섰다(Fig 55).

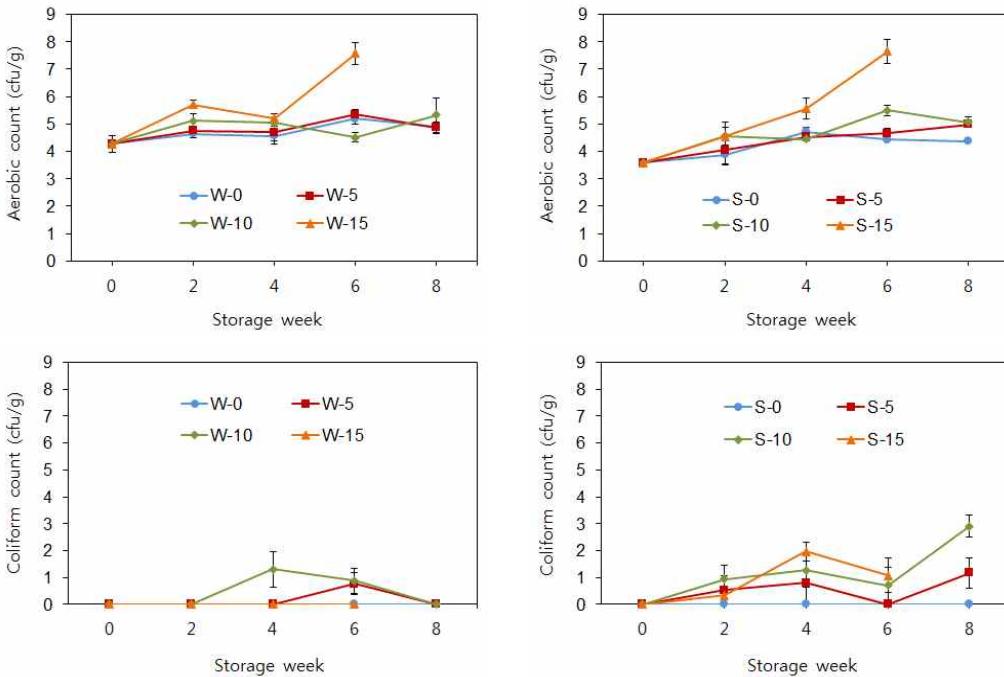


Fig. 55. 신선편이 형태 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 미생물 밀도 변화.

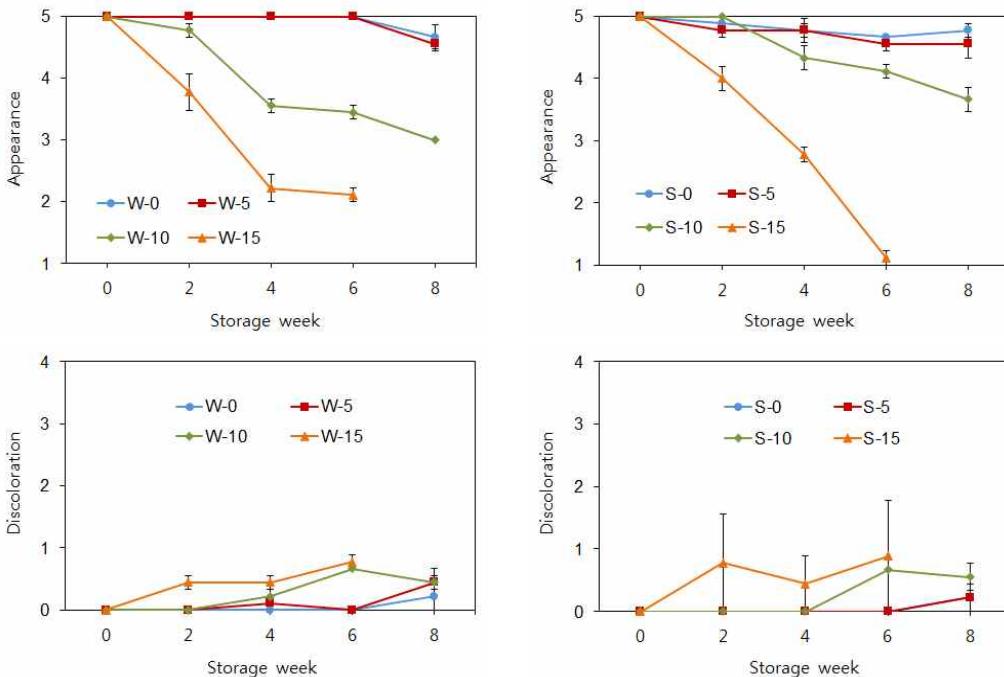


Fig. 56. 신선편이 형태 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 관능적 품질 변화.

신선편이 당근 형태별 관능적 품질을 조사한 결과, 통 당근의 외관 품질은 0°C 또는 5°C에 유통 시에는 8주까지 양호하였으나 10°C와 15°C에서는 저장 6주에 3.44와 2.22를 나타내었다 (Fig. 56). 신선편이 당근 Slice은 0°C, 5°C 및 10°C에 유통 시 저장 8주까지 양호한 외관 품질을 유지하였으나, 15°C에 유통 시 4주째 2.77을 나타내었다 (Fig. 56). 또한 신선편이 당근의 변색은 15°C에 유통 시 통 당근뿐만 아니라 slice 당근 모두에서 저장 2주째부터 나타났으나, 실험기간 중 변색의 한계값 2를 넘지는 않았다 (Fig. 56).

신선편이 당근의 형태별 포장 내 기체조성 변화를 조사한 결과, 통 당근뿐만 아니라 slice 당근 모든 처리구에서 저장 2주 후 O₂ 농도는 급속히 감소하였고, CO₂ 농도는 증가하였다 (Fig. 57). 통 당근을 0°C에 유통 시 CO₂ 농도는 저장 2주째 3.53%, 6주째 6.03%, 8주째 3.3%였으며, 5°C에서는 2주째 4.56%, 6주째 3.8%, 8주째 3.76%가 검출되었다. 10°C에서는 2주째 5.56%, 6주째 5.6%, 8주째 5.93%였으며, 15°C에서는 2주째 5.86%, 4주째 7.23%, 6주째 6.66%를 나타내었다 (Fig. 57). 또한 Slice 당근의 포장 내 CO₂ 농도는 통 당근과 유사한 경향을 나타내었다 (Fig. 57).

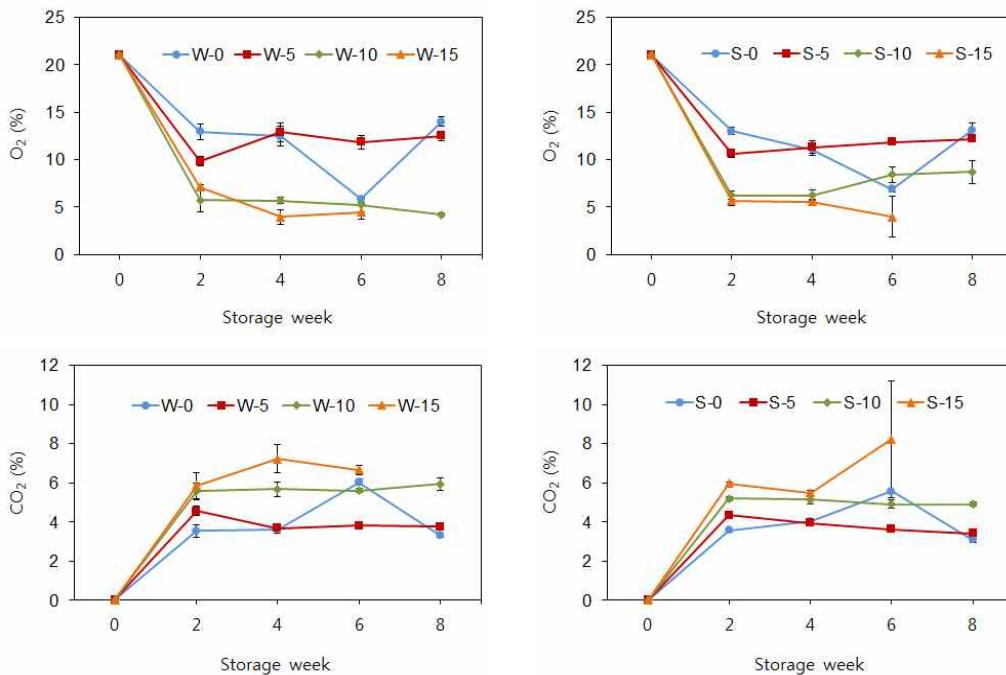


Fig. 57. 신선편이 형태 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 포장 내 기체조성 변화.

5) 조리용 신선편이 당근의 포장 용량에 따른 품질변화

신선편이 당근(통 당근)을 소포장(포장 당 3개) 및 대용량 포장(포장 당 10kg)하여 4°C 또는 10°C 저장하면서 품질을 조사하였다. 신선편이 당근의 색도를 조사한 결과, L*, a*, b* 값은 포장용량이나 저장온도에는 상관없이 저장기간이 경과하면서 경미하게 감소하는 경향이었으며, white index 값도 저장 기간이 경과하면서 다소 감소하는 경향이었다 (Fig. 58).

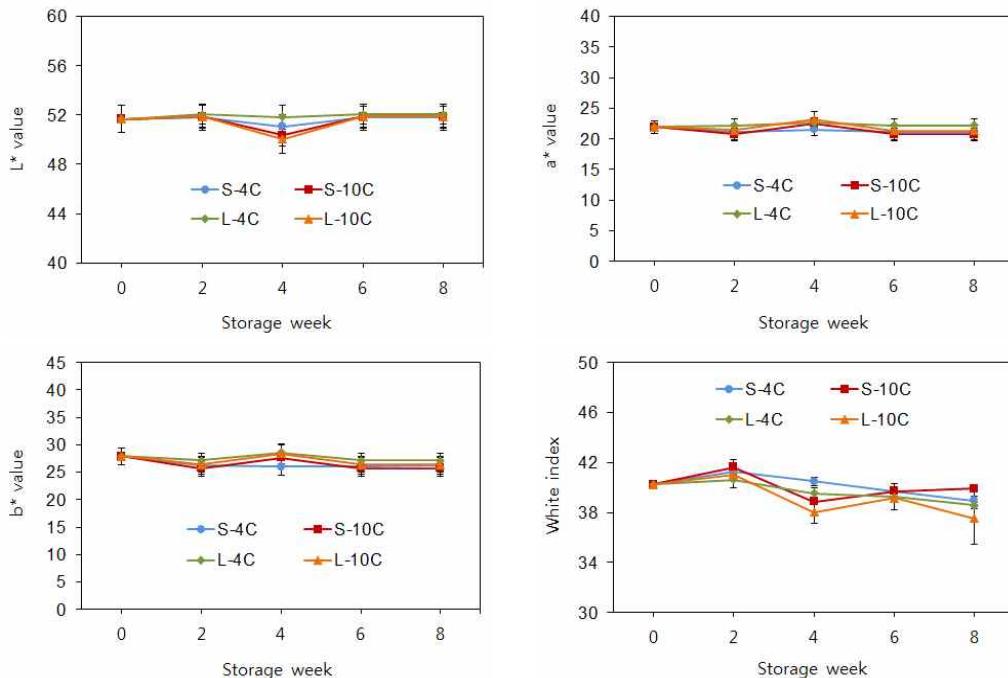


Fig. 58. 포장 용량 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 색도 변화.

신선편이 당근의 경도는 포장용량과는 관계없이 저장기간이 경과하면서 다소 증가하는 경향이었으며, 소포장의 경우 초기 26.13 N에서 8주 후 4°C에서는 28.4 N, 10°C에서는 28.7 N로 나타났다(Fig. 59). 대용량 포장의 경우 4°C에서는 8주 후 32.3 N, 10°C에서는 8주 후 27.4 N을 나타내었다(Fig. 59).

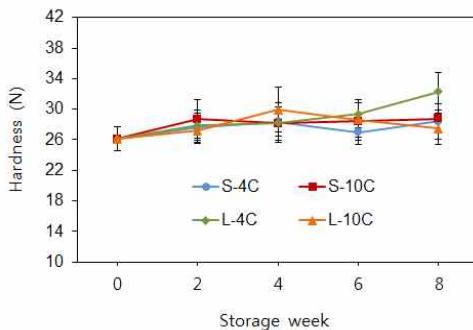


Fig. 59. 포장 용량 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 경도 변화.

신선편이 당근의 포장용량별 미생물 밀도를 조사한 결과, 호기성 세균은 신선편이 제조 직후 3.47 log cfu/g였으며, 소포장의 경우 4°C에서는 저장 2주째 4.83 log, 저장 6주째 5.08 log, 저장 8주째 5.32 log로 증가하였다. 또한 10°C에서는 4°C보다 밀도가 다소 높았는데, 저장 2주째 4.9 log, 저장 6주째 5.3 log, 저장 8주째 5.87 log가 검출되었다(Fig. 60). 대용량 포장한 경우 소포장보다 전반적으로 높은 세균 밀도가 검출되었는데, 4°C에서는 저장 2주째 5.12 log, 저장 6주째 6.05 log, 저장 8주째 6.8 log이었으며, 10°C에서는 저장 2주째 5.85 log, 저장 6주째 7.97 log, 저장 8주째 7.7 log가 검출되었다(Fig. 60).

대장균군의 밀도는 신선편이 당근 제조 직후 1.35 log cfu/g으로 다소 높은 밀도가 검출되었으며, 저장 온도별로 비교 시 4°C가 10°C보다 다소 낮은 대장균군 밀도를 나타내었다. 포장 단위별로 비교하면 대용량 포장보다는 소포장 시 전체적으로 낮은 대장균군 밀도를 나타내었으나, 소포장의 경우 저장 4주째에, 대용량 포장의 경우 저장 2주째 대장균군의 한계 밀도인 2 log를 초과하였다(Fig. 60). 또한 신선편이 당근에 존재하는 젖산균을 조사한 결과, 신선편이 당근 제조 직후 0.66 log cfu/g이었다.

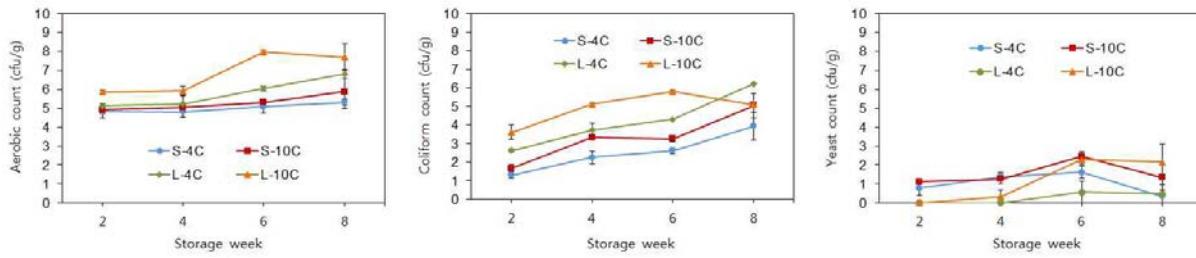


Fig. 60. 포장 용량 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 미생물 밀도 변화

젖산균의 밀도는 유통온도가 같을 때 대용량 포장보다 소포장한 당근에서 전반적으로 높은 밀도가 검출 되었는데, 소포장 시 저장 2주째 4°C에서는 0.76 log, 10°C에서는 1.1 log, 저장 6 주째 4°C에서는 1.63 log, 10°C에서는 2.44 log가 검출되었다. 대용량 포장의 경우 4°C에서는 저 장 6주에 0.57 log, 저 장 8주째 0.49 log가 검출되었고, 10°C에서는 저 장 4주째 0.33 log, 저 장 6 주째 2.28 log, 저 장 8주재 2.15 log를 나타내었다(Fig. 60).

신선편이 당근의 포장 용량별 관능적 품질을 조사한 결과, 신선편이 당근을 소포장하여 4°C에 유통하였을 때 외관 품질은 8주째 3.78점을 나타내어 양호하였으며, 10°C에서는 저장 6주째 3.78점을, 8주째 2.22점으로 나타났다. 대용량 포장 시에는 4°C에서 8주째 2.78점을, 10°C에서는 6주째 1.67점을 나타내어 소포장보다 외관 품질이 빠르게 나빠졌다(Fig. 61). 신선편이 당근의 변색 및 물러짐은 신선편이 당근을 대용량으로 포장하여 10°C에 유통 시 빠르게 진행되었는데, 변색은 저장 4주째 1.22점, 6주째 3.11점을 나타내었다(Fig. 61).

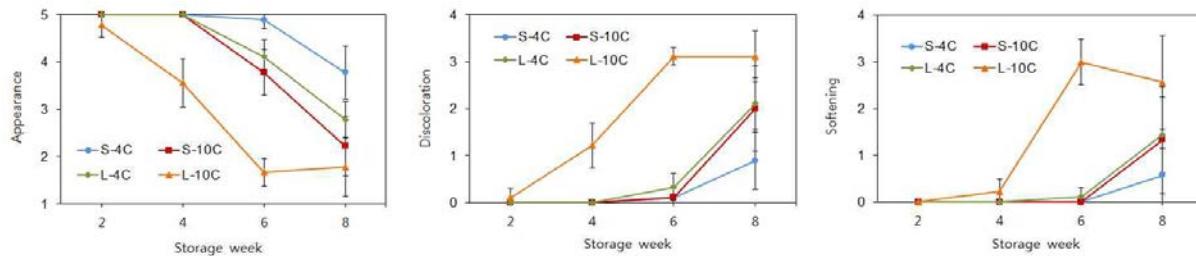


Fig. 61. 포장 용량 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 관능적 품질 변화

신선편이 당근의 포장 용량별 포장 내 기체조성 변화를 조사한 결과, 소포장하여 4°C에 유통 시 O₂ 농도는 저장 2주째 8.83%, 저장 6주째 11.7%, 저장 8주째 9.18%였으며, 10°C에서는 저장 2주째 4.32%, 저장 6주째 6.64%, 저장 8주째 3.43%로 나타났다. 또한 대용량 포장은 4°C

에서는 저장 2주째 0.13%, 저장 6주째 0.21%, 저장 8주째 0.24%였으며, 10°C에 유통 시 저장 2주째 0.29%, 저장 6주째 9.77%, 저장 8주째 8.65%를 나타내었다. CO₂ 농도는 대용량 포장 시 변화가 심하였으며, 4°C에 유통 시 저장 2주째 34.86%, 저장 4주째 50.66%, 저장 6주째 46.33%로 다소 감소하는 경향이었다. 대용량 포장하여 10°C에 유통 시 CO₂ 농도는 저장 2주째 55.9%, 저장 4주째 42.26%, 저장 8주째 14.13%로 저장 기간이 경과하면서 감소하였다(Fig. 62).

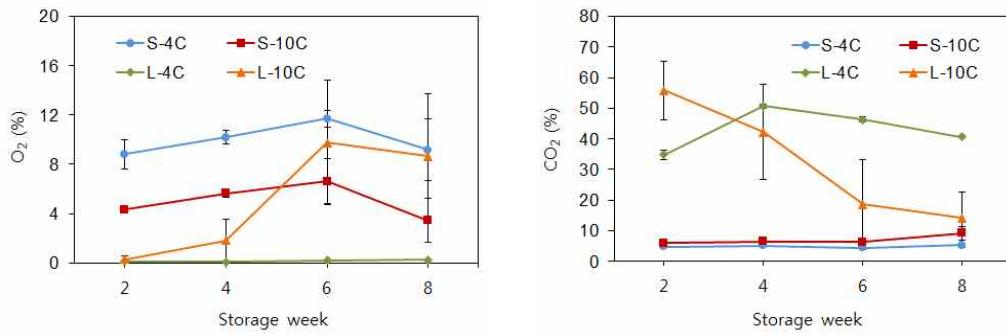


Fig. 62. 포장 용량 및 저장온도에 따른 신선편이 당근의 포장 내 기체조성 변화.

제3절. 나노기술 적용 신선편이 농산물의 선도유지 소재 개발

1. 연구수행방법

가. 실험 방법

1) 1년차 연구

문헌조사를 통해 단가가 비교적 낮고 자연에서 쉽게 얻을 수 있는 성광석, 일라이트, 화산송이를 천연계 무기광물질 후보로 선정하였으며, 제산제 등의 약물로도 활용되고 있는 하이드로탈사이트 유사화합물을 합성계 무기광물질 후보로 선정하였다. 천연계 무기광물질를 다양한 농도(4 M, 6 M, 8 M)의 염산으로 다양한 온도(20, 50, 80 °C) 산처리하여 나노구조가 조절된 물질을 얻었다. 탄산이온(CO_3^{2-})이 담지된 합성계 무기광물질의 경우 0.18 M의 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 용액과 0.09 M $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 용액을 둥근바닥 플라스크에 넣고 혼합한 뒤 pH가 9.5가 될 때까지 2 M NaOH와 0.18 M NaHCO_3 가 혼합된 용액으로 적정하였으며, 24시간 교반해 탄산이온이 담지된 하이드로탈사이트 무기광물질을 확보하였다. 추후 기능성 분자의 담지를 위해 탄산이온이 담지된 하이드로탈사이트를 전기로에서 열처리하여 금속산화물 형태로 제조하였다. 질산이온(NO_3^-)이 담지된 합성계 무기광물질은 탈탄산 초순수를 사용해 0.18 M의 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 용액과 0.09 M $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 용액을 둥근바닥 플라스크에 넣고 혼합한 뒤 pH가 9.5가 될 때까지 2 M NaOH와 0.18 M NaNO_3 가 혼합된 용액으로 적정하였으며, 24시간동안 질소조건하에서 반응하였다. 얻어진 시료들은 원심분리를 한 뒤 동결건조하고, 건조된 고형분을 마노유발로 분말형태로 마쇄하였다.

상기 확보한 천연계 및 합성계 무기광물질에 항균 기능성을 갖는 유기산(구연산 및 젖산)과 유제놀 용액에 처리하여 기능성 분자를 도입하고자 하였다. 천연계 무기광물질 나노구조체 0.1 g 을 100 mL의 0.15 M의 유기산 (구연산 및 젖산) 및 유제놀 용액 (50% 에탄올 용액)에 넣고 24시간동안 교반을 통해 확보하였다. 합성계 무기광물질의 경우 열처리를 통해 얻어진 금속산화물 분말 0.1 g을 탈탄산 초순수 100 mL의 0.15 M의 유기산 (구연산 및 젖산) 및 유제놀 용액(50% 에탄올)에 넣고 질소조건 하에서 24시간동안 교반하였으며, 질산이온이 담지된 나노구조체 분말 0.1 g을 탈탄산 초순수 100 mL의 0.15 M의 유기산 (구연산 및 젖산) 및 유제놀 용액(50% 에탄올)에 넣고 질소조건 하에서 24시간동안 교반한 후 원심분리를 한 뒤 동결건조하고, 건조된 고형분을 마노유발로 분말형태로 마쇄하였다.

기능성 분자가 담지된 천연계 및 합성계 나노구조체의 결정구조는 X-선 회절 장비(Bruker D2 Phaser, Bruker)를 성상변화는 주사전자현미경(FEI Quanta FEG250, FEI)을 통해 평가하였다. 기능성 분자와 나노구조체의 화학적 상호작용은 브롬화칼륨(KBr)법을 이용해 적외선분광기(FT-IR, Perkin Elmer, Spectrum one B.v5.0)로 평가하였으며, 도입된 기능성 분자의 함량은 유기원소분석기(PE 2400)을 통해 정량하였다.

2) 2년차 연구

기능성 분자의 방출평가를 위해 기능성 분자인 페룰산을 다양한 기법을 통해 합성계 무기광물질에 담지하고자 하였다. 전구체인 탄산이온 담지 합성계 무기광물질은 1차년도와 동일하게 합성하여 분말화 하였다. 기능성 분자인 페룰산은 두가지 방법을 통해 담지하였는데, 첫 번째 방법인 재건법은 탄산이온이 담지된 금속이중층수산화물분말을 전기로에서 400도로 6시간동안 가열해 금속산화물분말을 확보하고 얻어진 금속산화물분말을 0.1 M 페룰산 용액에 재분산 후 NaOH 용액을 이용해 pH 8로 조절한 다음 24시간동안 상온에서 반응하였다. 두 번째 방법인 이온교환법은

탄산이온이 담지된 금속이중총수산화물분말을 1 M의 NaNO_3 용액에 질소조건하에서 10분간 반응시킨 후 1 M HNO_3 를 넣어서 탄산이온을 이온교환 가능한 질산 이온으로 교환하였다. 그 후 24시간동안 질소조건하에서 반응 시킨 후 얻어진 슬러리를 0.1 M 폐루산 용액에 재분산 하고 NaOH 용액을 이용해 pH 8로 조절한 다음 24시간동안 상온에서 반응하였다. 얻어진 시료의 침전물을 동결건조하고, 건조된 고형분을 마노유발로 분말형태로 마쇄해 확보하였다. 확보된 50 mg의 폐루산이 담지된 나노구조체 혹은 동량의 폐루산 분말을 100 mL 중류수 또는 식염수에 분산하며 분산된 용액은 상온에서 천천히 교반하였다. 정해진 시간(5분, 10분, 15분, 20분, 25분, 30분, 45분, 60분, 90분, 120분, 150분, 180분, 240분, 300분)에 1 mL의 상층액을 취하고 취해진 상층액은 필터 후 고성능액체크로마토그래피(HPLC)를 이용해 방출된 폐루산을 아래의 조건으로 측정하였으며, 얻어진 방출 패턴은 Elovich 모델과 power function으로 피팅하여 방출 키네틱을 평가하였다.

- 기기: 영린기기 YL9100 시리즈
- 이동상 및 조건 : 0.1% 인산완충용액:아세토나이트릴(7:3), 1.0 mL/분
- 컬럼 및 조건 : C18 컬럼(ZOBAX Eclipse, 4.6 mm × 150mm, Agilent)
- 자외선-가시광선 검출기파장 : 320 nm와 254 nm

1차년도 연구결과와 문헌조사를 통해 항균효과를 가질 수 있는 합성계 무기광물질 나노구조체로서 아연(Zn^{2+})과 알루미늄(Al^{3+})을 포함하는 하이드로탈사이트, 탈산효과를 가질 수 있는 합성계 무기광물질은 철(Fe^{2+})을 포함하는 하이드로탈사이트로 선정하고 기능성 분자로는 계피산(cinnamic acid)와 그 유도체인 계피알데하이드(cinnamaldehyde)를 선정하였다. 계피산이 담지된 나노구조체의 합성을 위해서는 0.03 M의 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0.0075 M $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 및 0.0675 M의 계피산을 등근바닥 플라스크에 넣고 70 v/v%의 에탄올/중류수 혼합용액으로 준비하였다. 계피산이 녹아있는 금속용액을 pH가 7.5가 될 때까지 0.625 M NaOH 용액으로 적정하고 질소조건 하에서 24시간동안 반응시켰다. 얻어진 침전물을 동결건조하고, 건조된 고형분을 마노유발로 분말형태로 마쇄하였다. 휘발성 항균분자인 계피알데하이드를 계피산이 담지된 금속이중총수산화물 내 도입하기 위해 계피산의 10당량에 해당하는 계피알데하이드를 계피산-하이드로탈사이트 복합체와 반응하였다. 질소조건 하에서 24시간 동안 반응시킨 후 얻어진 시료의 침전물을 동결건조하고, 건조된 고형분을 마노유발로 분말형태로 마쇄해 확보하였다.

탈산효과를 가지는 합성계 무기광물질 기반 나노구조체를 합성하기 위해 2가철(Fe^{2+})을 활용하였으며 탈산속도 조절을 위해 고분자, 계면활성제, 전도성고분자등을 도입하였다. 고분자로는 폴리스티렌 설폰산(polystyrene sulfonate; PSS), 계면활성제는 로렐 황산 나트륨(sodium dodecyl sulfate; SDS), 전도성 고분자로는 폴리에틸렌 디옥시 티오펜:폴리스티렌 설폰산(PEDOT:PSS)을 사용하였다. 황산이온(SO_4^{2-})이 담지된 2가철 하이드로탈사이트 나노구조체는 0.15 M의 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 과 0.05 M의 $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 용액을 등근바닥 플라스크에 넣고 혼합한 뒤 pH가 6.9가 될 때까지 0.3 M NaOH 용액으로 적정하였다. 합성된 나노구조체 혼탁액을 질소조건 하에서 24시간동안 반응시킨 후 원심분리를 통해 침전물을 확보하였다. 계면활성제, 고분자 및 전도성 고분자가 담지된 나노구조체의 경우 상기 합성법에서 황산이온 대신 0.75 M의 계면활성제 ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{OSO}_3\text{Na}$), 고분자(2.6 wt%의 PSS 5 mL), 전도성 고분자(2.8 wt%의 PEDOT:PSS 5 mL)를 각각 사용하였다. 질소조건 하에서 24시간 동안 반응시킨 후 얻어진 시료의 침전물을 동결건조하고, 건조된 고형분을 마노유발로 분말형태로 마쇄해 확보하였다.

기능성 분자가 담지된 합성계 나노구조체의 결정구조는 X-선 회절 장비(Bruker D2 Phaser, Bruker)를 성상변화는 주사전자현미경(FEI Quanta FEG250, FEI)을 통해 평가하였다.

3) 3년차 연구

1, 2차년도 연구결과를 토대로 선정된 아연(Zn^{2+})과 알루미늄(Al^{3+})으로 구성된 하이드로탈사이트와 2가/3가 철(Fe^{2+} 와 Fe^{3+})로 구성된 하이드로탈사이트를 각각 항균성 탈산 나노구조체로 선정하였다. 항균성을 가지는 기능성 분자는 음이온성인 계피산(cinnamic acid)과 그 유도체인 중성 계피알데하이드 분자(cinnamaldehyde)를 사용하였으며, 계피산 및 계피알데하이드가 담지된 나노구조체의 대량합성을 위해 scale-up 실험을 수행하였다.

항균성을 가지는 나노구조체의 포장재 적용을 위해 고분자로 나노구조체를 후처리하였다. 고분자는 경구투여 제제의 표면 코팅에 사용되는 Eudragit[®] L100(Evonik Inc.)을 선정하였다. 후처리 반응에서는 0.247 g의 Eudragit[®] L100을 250 mL 에탄올에 용해한 후 1 g의 항균성 나노구조체를 분산해 10분 동안 교반한 후, 원심분리를 통해 침전물을 모은 후 동결건조하였다. 고분자 후처리에 따른 항균물질 방출 패턴을 조사하기 위하여 물질 40 mg을 200 mL의 증류수에 분산한 후 정해진 시간 (5분, 10분, 15분, 20분, 25분, 30분, 45분, 1시간, 2시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간)에 1 mL의 상층액을 취하여 아래 조건으로 계피산 및 계피알데하이드를 정량하였다.

- 기기: 영린기기 YL9100 시리즈
- 이동상 및 조건: 아세트산(0.5% v/v%)/증류수/아세토나이트릴, 1.0 mL/분
- 컬럼 및 조건: C18 컬럼(ZOBAX Eclipse, 4.6 mm × 150mm, Agilent)
- 자외선-가시광선 검출기파장: 276 nm

신선편이 농산물의 포장필름의 표면에 항균 기능성 나노구조체를 도입하기 위해 드랍캐스팅법을 사용하였으며, 코팅액은 폴리우레탄:점증제(5% kunipia-G 분산액):나노구조체 분산액(10 wt%)을 7:2:1 비율로 혼합하여 준비하였다. 약 6 mL의 코팅액을 A4 용지 크기의 기재 필름 표면에 도포 후 닉터블레이드를 통해 캐스팅하고 80도의 조건에서 30분간 경화하였다. 코팅된 필름의 물성을 평가하기 위해 마이크로미터법(KS M3001:2001)을 이용해 코팅두께를 평가하고 코팅층의 경도는 연필경도법(ASTM D3359-09)으로 평가하였다.

탈산효과를 가지는 합성계 무기광물질 기반 나노구조체는 2차년도 연구방법과 동일한 조건으로 합성하였으며, 산화속도 조절을 위한 전도성 고분자는 폴리피롤:폴리스티렌 살폰산(Polypyrole:Polystyrene sulfonate =PPy:PSS)을 선정하였다. 고분자 도입에 의한 탈산효과를 평가하기 위해 전도성고분자 도입 전/후의 시료 각각 0.6 g을 60 mL의 밀폐 호흡통에 넣고 시간(10분, 20분, 30분, 40분, 50분, 60분)에 따른 밀폐 호흡통 내 산소의 농도를 산소측정기(Checkmate 3)를 통해 평가하였다.

2. 연구결과

가. 1년차 연구결과

1) 다양한 조건에서 나노구조화된 천연계 무기광물질의 결정구조 변화

천연계 무기광물질에 대한 최적의 나노구조화 조건을 도출하기 위해 산 처리 농도(4 M, 6 M, 8 M), 산 처리 시간(4h, 8h, 12h), 산 처리 온도(20 °C, 50 °C, 80 °C) 3가지 조건 변화에 따른 결정구조 분석을 수행하였다.

천연계 무기광물질의 나노구조체화에 따른 결정구조 분석 (성광석)

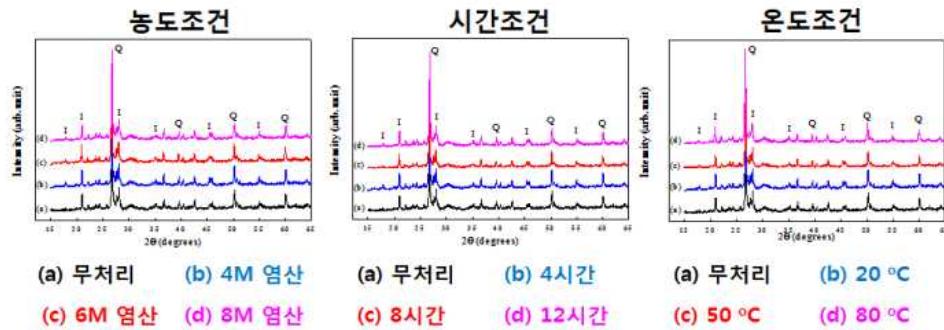


그림 1. 천연계 무기광물질(성광석)의 나노구조체에 따른 결정구조 변화

천연계 무기광물질의 나노구조체화에 따른 결정구조 분석 (일라이트)

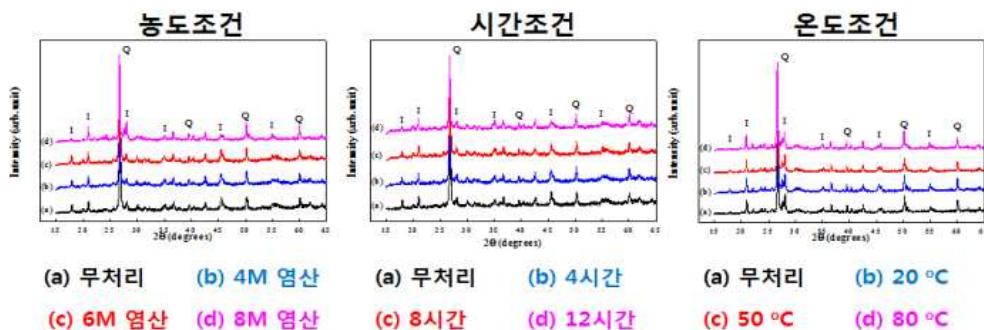


그림 2. 천연계 무기광물질(일라이트)의 나노구조체에 따른 결정구조 변화

천연계 무기광물질의 나노구조체화에 따른 결정구조 분석 (화산송이)

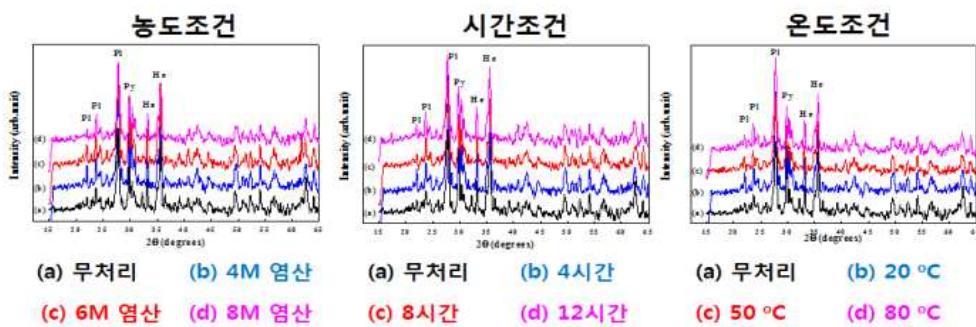


그림 3. 천연계 무기광물질(화산송이)의 나노구조체에 따른 결정구조 변화

위 그림들은 천연계 무기광물질(성광석, 일라이트, 화산송이)의 산 처리 농도, 시간, 온도별 조건 변화에 따른 X-선 회절패턴으로서, 성광석과 일라이트는 퀼츠(quartz)와 일라이트(illite)가 혼합된 상태이고, 화산송이는 plagioclase ($\text{CaAl}_2\text{SiO}_8$), pyroxen ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$), hematite (Fe_2O_3)의 혼합된 상태임을 확인하였다. 산처리 후의 각 물질의 X-선 회절 패턴이 크게 변화하지 않은 것으로 보아 산처리가 전반적인 광물질의 구조에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 판단되었다.

2) 다양한 조건에서 나노구조체화된 천연계 무기광물질의 비표면적 및 기공부피 변화

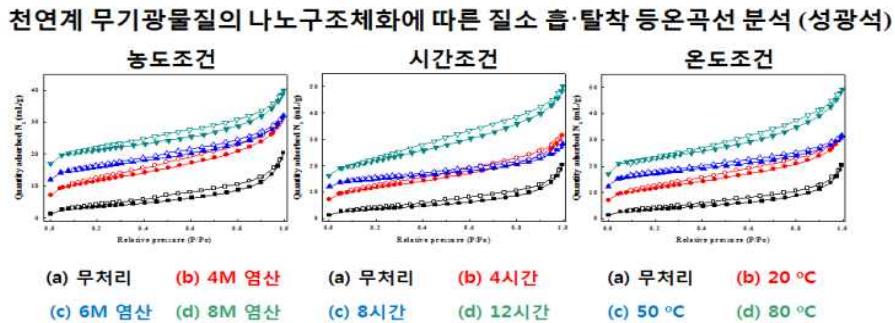


그림 4. 천연계 무기광물질(성광석)의 나노구조체에 따른 질소 흡·탈착 등온곡선 분석

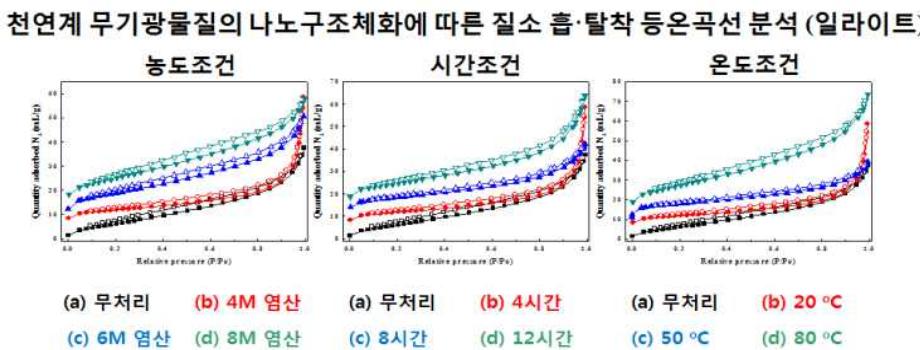


그림 5. 천연계 무기광물질(일라이트)의 나노구조체에 따른 질소 흡·탈수 등온곡선 분석

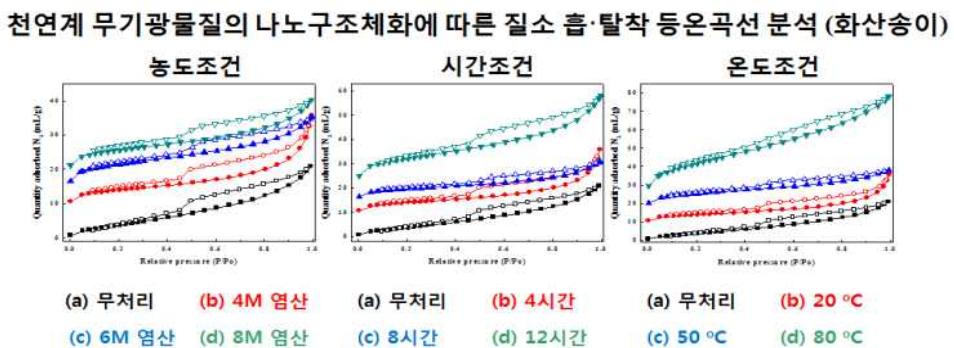


그림 6. 천연계 무기광물질(화산송이)의 나노구조체에 따른 질소 흡·탈착 등온곡선 분석

위의 그림들은 천연계 무기광물질(성광석, 일라이트, 화산송이)의 산 처리 농도, 시간, 온도별 질소 흡·탈착 등온곡선을 나타낸 그래프이다. BDDT (Brunauer-Deming-Deming-Teller) 기준에 의한 흡착등온선 분석 및 드 보어 기공 형태 분석을 수행한 결과, 모든 무기광물질은 슬릿형의 기공을 가지고 있으며, 그 중 화산송이가 성광석과 일라이트에 비해 조금 더 작은 크기의 기공을 갖는 것으로 나타났다. 산 처리 후 비표면적과 기공부피 분석 결과, 산 처리의 농도와 시간 조건

에 의한 변화는 미미했으며, 온도조건에 따라서는 비표면적과 기공부피의 변화가 확연하게 나타났다. 질소 흡·탈착 등온곡선 결과에 따라 충분한 기공부피와 비표면적을 갖는 산 처리 조건은 6 M 염산, 60 °C, 6시간인 것으로 판단하였다.

2) 최적의 조건에서 얻어진 천연계 무기광물질 기반 나노구조체의 물리화학적 특성 평가

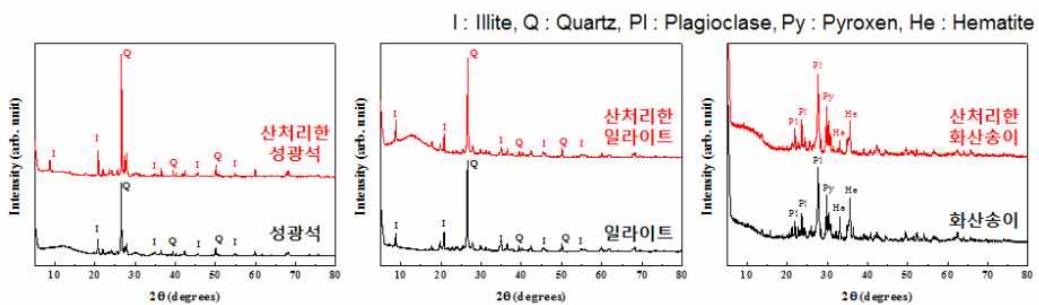


그림 7. 산 처리 전과 후의 천연계 무기광물질의 결정구조 분석결과

산처리 후 성광석의 X-선 회절 분석결과(위 그림의 좌측 그래프)를 보면 산 처리 후 2θ 10~20° 사이 무정형의 피크가 사라지고 결정성이 소폭 증가한 것으로 판단되었다. 일라이트의 경우(그림 7의 중간 그래프) 산처리 후 2θ 10~20° 사이에 무정형 피크가 나타나는데, 결정질의 쿼츠가 일부 비정질의 SiO_2 로 변화한 것으로 판단된다. 화산송이(우측 그래프)는 산 처리 전과 후에 결정구조의 피크 이동 및 변화가 관찰되지 않았다. 위의 X-선 회절분석을 통해, 3가지 종류의 천연계 무기광물질은 산 처리를 통해서 전반적으로 큰 결정구조의 변화는 보이지 않으며, 비표면적과 기공부피만 증가하는 것을 확인하였다. 산처리를 통해 증대된 기공부피와 비표면적은 무기광물질에 기능성 분자가 흡착 또는 담지 될 수 있는 공간으로 활용될 수 있다.

주사전자현미경 사진을 통해 일라이트는 약 $\sim 2 \mu\text{m}$ 크기의 전형적인 층상형 물질의 성상을 가지고 있으며, 산 처리 전과 후의 성상의 변화는 없는 것으로 나타났다. 일라이트와 유사하게 성광석도 층상형 물질의 성상을 가지고 있으며, 크기도 1~2 μm 정도로 나타났다. 화산송이는 300 nm 이상의 균일하지 않은 크기의 입자로 이루어져 있으며, 산 처리에 따른 유의적 성상 변화는 관찰되지 않았다.

표 1. 질소 흡탈착 등온곡선 분석을 통한 천연계 무기광물질의 산 처리 전과 후의 비교표면 및 기공부피 비교

성광석 (산처리전)	성광석 (산처리후)	일라이트 (산처리전)	일라이트 (산처리후)	화산송이 (산처리전)	화산송이 (산처리후)
비표면적 (m^2/g)	27.9	33.6	12.7	28.0	16.7
기공부피 (mL/g)	0.055	0.056	0.029	0.039	0.032

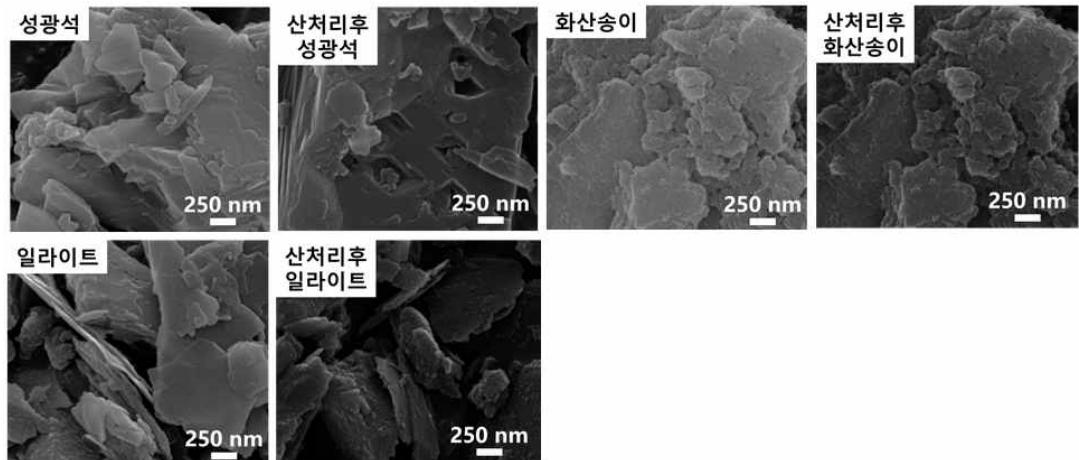


그림 8. 산 처리 전·후 천연계 무기광물질의 주사전자현미경 사진

표 2. 천연계 무기광물질의 산처리 전과 후의 표면전하

	성광석 (산처리전)	성광석 (산처리후)	일라이트 (산처리전)	일라이트 (산처리후)	화산송이 (산처리전)	화산송이 (산처리후)
표면전하 (mV)	-9.35±1.0	-50.1±1.9	-32.8±2.5	-44.1±2.9	-36.7±1.5	-44.1±0.3

위 표는 산처리 전/후의 천연계 무기광물질의 표면전하를 측정한 결과이다. 산처리 후 광물질은 전반적으로 음전하 성질이 증가하였으며, 그 변화의 폭은 성광석이 가장 크게 나타났다. 산 처리 후 나노구조체의 음전하 성질이 증가한 원인은, 산 처리 시에 무기미네랄 표면으로부터 양전하를 띠는 금속들이 다수 용출되었기 때문인 것으로 판단된다.

4) 합성계 무기광물질 기반 나노구조체의 합성 및 물리화학적 특성 평가

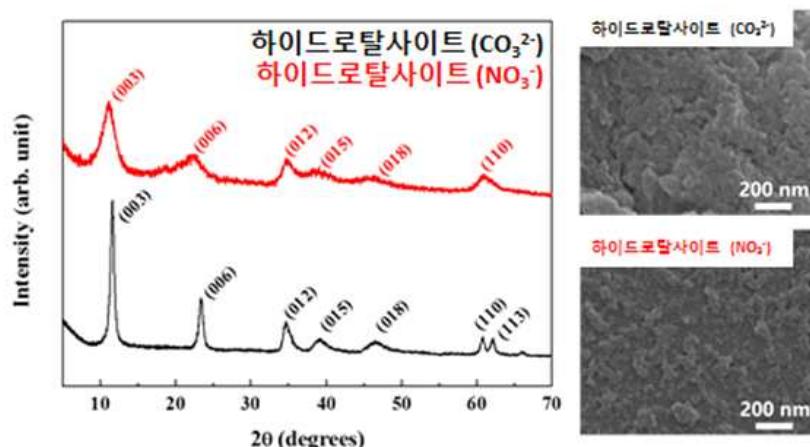
그림 9. 다양한 음이온 (CO_3^{2-} , NO_3^-)을 담지하고 있는 합성계 무기광물질 기반 나노구조체의 X-선 회절패턴 (좌) 및 주사전자현미경 이미지(우)

그림 9는 탄산(CO_3^{2-}) 및 질산(NO_3^-) 이온을 담지하고 있는 합성계 무기광물질 기반 나노하이드로탈사이트의 X-선 회절 패턴과 주사전자현미경 사진으로, 2차원 층상형 구조와 20 nm 정도의 입자 크기를 보여주고 있다.

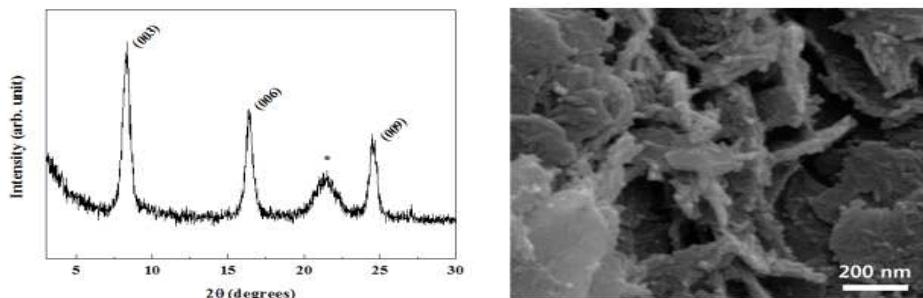


그림 10. 탈산효과를 가질것으로 예상되는 합성계 무기광물질 기반 나노구조체의 X-선 회절 패턴 (좌) 및 주사전자현미경 이미지 (우)

그림 10은 2가 및 3가철로 구성된 합성계 무기광물질(하이드로탈사이트)의 X-선 회절 패턴 (좌) 및 주사전자현미경 이미지(우)이며, 2차원 층상형 나노구조체가 합성되었음을 확인하였다.

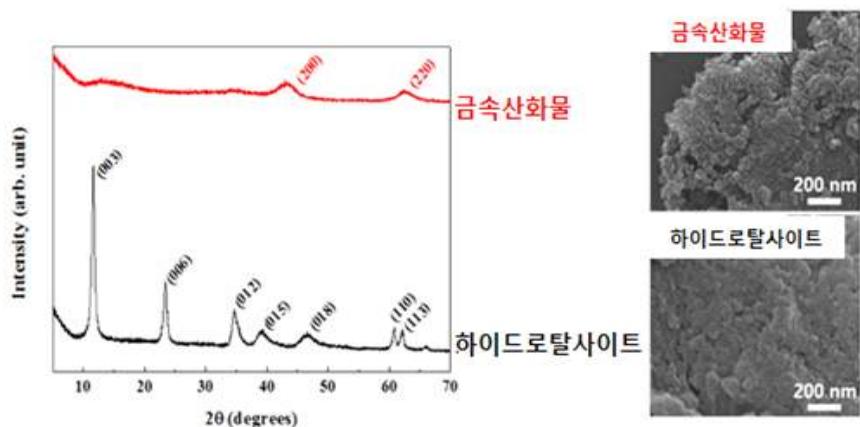


그림 11. 합성계 무기광물질 기반 나노구조체의 열처리 전/후의 X-선 회절 패턴 (좌) 및 주사전자현미경 이미지 (우)

하이드로탈사이트의 열처리를 통해 얻어진 금속산화물 나노구조체의 경우 문헌에 알려진 바와 같이 마그네슘산화물 (periclase; MgO)의 결정구조를 갖는 것을 확인하였으며, 주사전자현미경 이미지를 통해 열처리 후 크기 및 성상의 변화가 크지 않음을 확인하였다.

5) 천연계 무기광물질 기반 나노구조체 내 음이온성 항균분자 도입에 따른 결정구조 및 성상 변화
음이온성 항균분자(구연산과 젖산)가 담지된 천연계 무기광물질 나노구조체의 X-선 회절패턴 분석결과, 유기산이 도입된 후에도 각 천연계 무기광물질 기반 나노구조체가 가지는 결정구조에는 큰 영향을 미치지 않으며, 항균분자는 나노구조체의 표면과 기공에 흡착되어 있을 것으로 판단되었다.

천연계 무기광물질 기반 나노구조체 내 음이온성 항균분자 도입에 따른 결정구조 변화

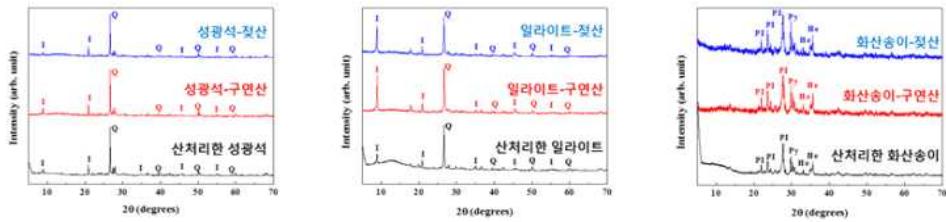


그림 12. 천연계 무기광물질 기반 나노구조체 내 음이온성 항균분자 도입에 따른 X-선 회절 패턴

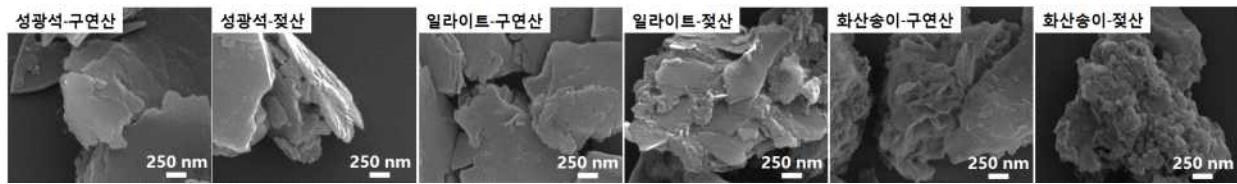


그림 13. 음이온성 항균분자 도입 후, 천연계 무기광물질 기반 나노구조체의 주사전자현미경 이미지

주사전자현미경 이미지를 통해 음이온성 항균분자(구연산과 젖산)가 담지 전후의 천연계 무기광물질 나노구조체의 성상 변화는 대체로 크지 않음을 확인하였다. 층상형 구조를 가진 일라이트와 성광석의 경우, 층상형 성상이 그대로 유지되고 있으며 표면에 유기물질로 판단되는 물질들이 덮여 있음을 관찰하였다. 상기 결과를 통해서 음이온성 항균분자(구연산, 젖산)는 주로 무기광물질의 표면 흡착을 통해서 담지되는 것으로 판단된다.

표 3. 천연계 무기광물질 기반 나노구조체 내 담지된 유기산의 정량결과

	담지된 구연산 (wt%)	담지된 젖산 (wt%)
산처리후 성광석	0.24	0.19
산처리후 일라이트	0.31	0.33
산처리후 화산송이	0.74	2.06

표 3은 천연계 무기광물질 나노구조체 내 담지된 유기산(구연산, 젖산)의 정량결과로 음이온성 항균분자는 나노구조체에 약 0.3~2.0 wt% 정도 담지되는 것으로 평가되었다. 상대적으로 항균분자의 담지량이 낮은 것은 나노구조체의 표면음전하와 유기산의 음전하간의 반발력 때문인 것으로 예상된다. 세가지 천연계 무기광물질 중 비표면적과 기공크기가 가장 큰 화산송이가 가장 높은 항균분자 담지율을 보이는 것으로 보아 무기광물질의 기공과 표면이 담지 공간으로 활용된 것으로 판단된다.

6) 합성계 무기광물질 기반 나노구조체(하이드로탈사이트) 내 음이온성 항균분자 도입에 따른 결정구조 및 성상 변화

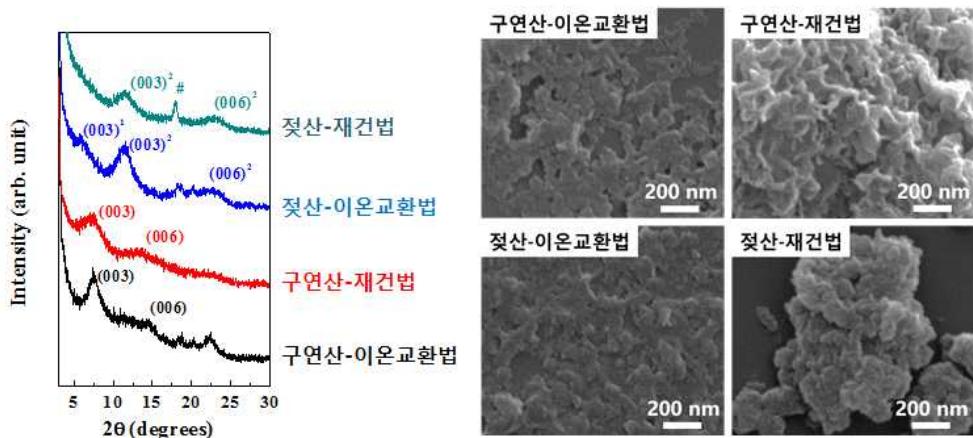


그림 14. 음이온성 항균분자가 도입된 합성계 무기광물질 기반 나노구조체의 X-선 회절분석 결과(좌) 및 주사전자현미경 이미지(우)

상기 X-선 회절 패턴에서 음이온성 항균분자가 도입됨에 따라 합성계 무기광물질 나노구조체의 적층방향 회절 피크(003)이 저각으로 이동한 것을 확인할 수 있는데, 이는 젖산 및 구연산이 나노구조체(하이드로탈사이트)의 층간 공간에 도입되기 때문인 것으로 판단된다. 이온교환법을 통해 얻어진 유기산 담지 나노구조체의 주사전자현미경 이미지의 경우 담지 전후의 성상변화가 크게 관찰되지 않은 반면 재건법의 경우 카드집 구조(house-of-cards structure)를 보이고 있었다. 이온교환법에서는 나노구조체 내 질산(NO_3^-) 이온이 유기산 분자로 교환되기 때문에 성상이 유지되며, 재건법에서는 상전이를 통해 원래의 구조를 회복하면서 성상변화를 일으키는 것으로 판단된다.

표 4. 합성계 무기광물질 기반 나노구조체 내 담지된 유기산의 정량결과

	담지된 구연산 (wt%)	담지된 젖산 (wt%)
이온교환법	18.03	18.64
재건법	16.56	15.11

상기 표에서 담지된 유기산의 정량결과를 통해, 양의 표면전하를 갖는 합성계 나노구조체(하이드로탈사이트)는 16~18 wt% 정도의 유기산 담지율을 보이는데, 이는 천연계 무기광물질에 비해 확연히 높은 담지율이었다. 합성법(이온교환법, 재건법)에 따른 담지량 차이는 유의하게 나타나지 않았다. 이 결과를 통해 합성계 나노구조체가 천연계 무기광물질 나노구조체에 비하여 음이온성 항균분자 담지에 유리한 것으로 판단되었다.

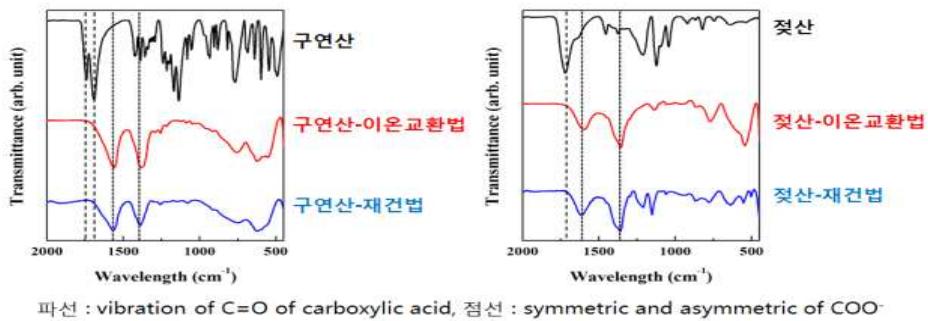


그림 15. 유기산 분자가 도입된 합성계 무기광물질 기반 나노구조체의 적외선 분광분석 결과

적외선 분광분석에서 구연산이나 젖산이 가지는 카복실산의 피크(그림 내 파선; 1742 cm^{-1} 와 1692 cm^{-1})가 나노구조체 도입 후 대칭 및 비대칭의 카볼실레이트의 피크(그림 내 점선; 1564 cm^{-1} 와 1376 cm^{-1})로 변화하는 것을 관찰할 수 있었는데, 이는 유기산 분자가 음이온 형태로 양전하의 합성계 나노구조체 내에 정전기적 인력으로 안정화됨을 나타낸다.

7) 천연계 무기광물질 기반 나노구조체 내 중성 항균분자 도입에 따른 결정구조 및 성상 변화
중성 항균분자(유게놀)가 담지된 천연계 무기광물질 나노구조체의 X-선 회절패턴 분석결과, 유게놀이 도입된 후 무기광물질의 결정구조에는 큰 변화가 없었다. 주사전자현미경 이미지상에서 중성 분자 도입 전후의 무기광물질의 성상변화는 없었으며, 다만 입자 표면에 유기물질로 판단되는 물질들이 덮여 있음이 관찰되었다. 이를 통해 중성 항균분자는 표면 흡착을 통해 천연계 무기광물질에 담지될 수 있는 것으로 판단되었다.

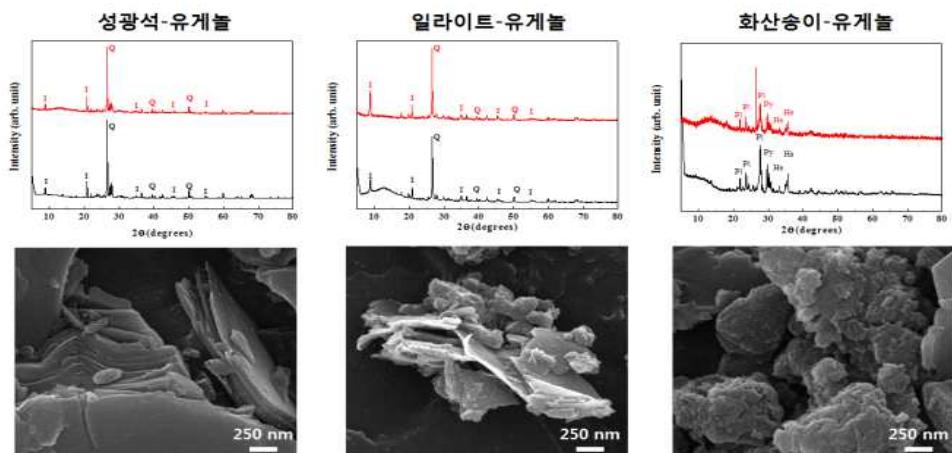


그림 16. 천연계 무기광물질 기반 나노구조체 내 중성 항균분자 도입에 따른 X-선 회절 패턴(위) 및 주사전자현미경 이미지(아래)

표 5는 천연계 무기광물질 기반 나노구조체 내 담지된 중성 항균분자(유게놀)의 정량결과로 모든 천연계 무기광물질 기반 나노구조체에 약 1.0~5.6 wt% 정도 담지되는 것으로 확인되었으며, 음이온성 유기산 분자의 정량결과와 유사하게 세 가지 천연계 무기광물질 중 가장 비표면적 및 기공크기가 커던 화산송이가 가장 큰 담지율을 보이는 것으로 보여진다.

표 5. 천연계 무기광물질 기반 나노구조체 내 담지된 유게놀 분자의 정량결과

	담지된 유게놀 (wt%)
산처리후 성광석	1.08
산처리후 일라이트	2.98
산처리후 화산송이	5.64

8) 합성계 무기광물질 기반 나노구조체 내 중성 항균분자 도입에 따른 결정구조 및 성상 변화
 중성 항균분자(유게놀)를 도입한 합성계 무기광물질 나노구조체의 X-선 회절 패턴은 합성법에 따라 다른 결과를 보였다. 이온교환법을 통해 얻어진 시료는 유게놀 도입 전후 유의한 패턴 변화를 보이지 않은 반면, 재건법을 통해 얻어진 시료는 하이드로탈사이트의 적층방향 회절 피크 (003)^z 저각으로 이동하였다. 이온교환법에 비해 재건법이 합성계 나노구조체의 층간 공간에 유게놀 분자를 도입하기에 적합한 것으로 판단된다. 주사전자현미경 관찰 결과 이온교환법으로 얻은 시료는 반응 전후 유의한 성상 변화가 관찰되지 않았으나, 재건법으로 얻은 시료는 카드집 구조(house-of-cards 구조)를 보였다.

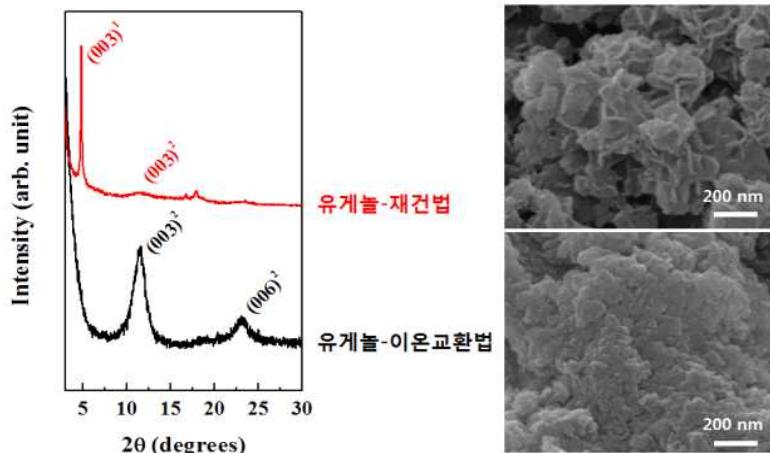


그림 17. 중성 항균분자가 도입된 합성계 무기광물질 기반 나노구조체의 X-선 회절분석 결과(좌) 및 주사전자현미경 이미지(우)

합성계 나노구조체 내에 담지된 유게놀을 정량한 결과 이온교환법은 약13%, 재건법은 약31%의 유게놀을 담지시키는 것으로 나타났다. 재건법의 경우 더 많은 양의 유게놀을 담지할 수 있는 이유는 X-선 회절 패턴에서 나타난 바와 같이 합성계 나노구조체의 층간 공간에 유게놀이 도입되는 것과 관련 있는 것으로 보인다. 한편, 재건법 과정에서 얻어지는 카드집 구조는 입자간 공간에 분자를 담지 할 수 있으므로, 이러한 영향 역시 유게놀 분자의 담지량을 증대시키는 것으로 판단된다.

표 6. 합성계 무기광물질 기반 나노구조체 내 담지된 유계놀 분자의 정량결과

	담지된 유계놀 (wt%)
이온교환법	12.86
재건법	30.62

그림 18은 중성분자(유계놀)가 도입된 합성계 무기광물질 기반 나노구조체의 적외선 분광분석 결과를 통해, 유계놀에서 나타나는 특징적인 피크인 방향족 C=C (1640 cm^{-1} , 1610 cm^{-1} 그리고 1512 cm^{-1}), 메틸렌의 $-\text{CH}_2-$ (1466 cm^{-1} 과 724 cm^{-1}) 그리고 바이닐의 C=CH₂ (992 cm^{-1} 과 911 cm^{-1})피크가 이온교환법 및 재건법으로 제조한 나노구조체 모두에서 잘 나타나는 것을 확인하였다. 적외선 분광 분석 결과 합성계 무기광물질 나노구조체 내에 중성분자(유계놀)가 본래의 구조를 잘 유지하며 담지 되었음을 확인하였다.

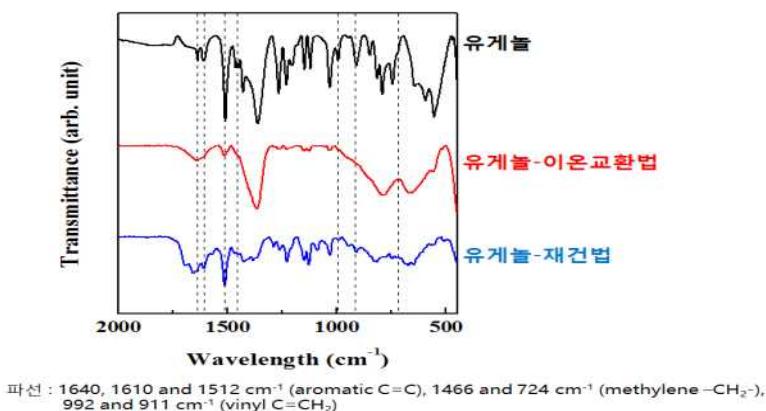


그림 18. 중성분자(유계놀)가 도입된 합성계 무기광물질 기반 나노구조체의 적외선 분광분석 결과

나. 2년차 연구결과

1) 합성계 무기광물질 기반 나노구조체의 기능성 분자 방출 평가

합성계 나노구조체 내에 담지된 폐를산의 시간에 따른 방출은 증류수와 식염수 조건에서 각각 평가하였다. 시간에 따른 방출 패턴을 동역학 모델에 적용한 결과 방출 매질에 상관없이 모두 power function을 따르는 것을 확인하였다.

표 7은 폐를산의 방출 패턴을 power function으로 분석해 얻은 파라메터를 정리한 것이다. 표에서 나타내는 α 는 폐를산의 초기 방출량, β 는 폐를산 방출의 동역학 파라메터를 의미하는데, α 가 클수록 초기방출량이 높으며, β 가 클수록 후기의 방출이 억제됨을 나타낸다. 폐를산이 합성계 나노구조체 내에 담지 됨으로서 초기방출이 억제되며, 후기에 서방성이 높아짐을 확인할 수 있었다.

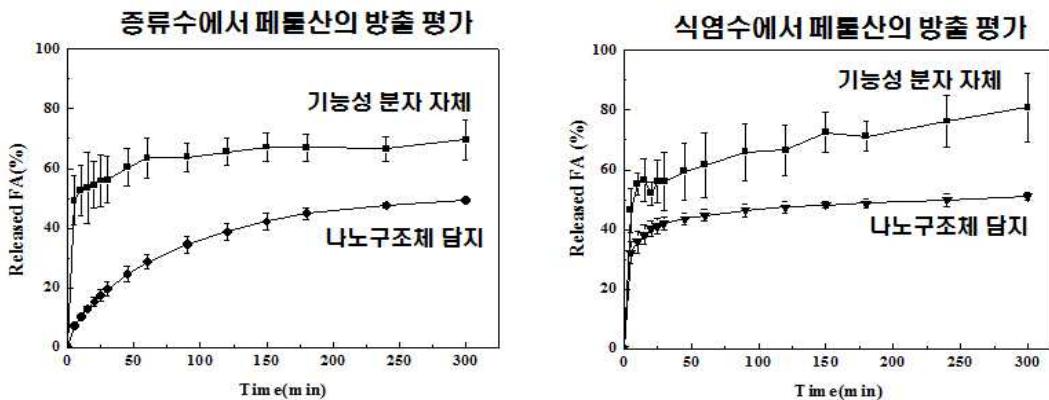


그림 19. 합성계 나노구조체로부터의 페룰산 방출 패턴

표 7. Power function으로 분석한 페룰산의 방출 파라미터

용매	시료	방출 상수	
		α	β
종류수	페룰산 자체	424.5	0.090
	나노구조체 담지	12.6	0.490
식염수	페룰산 자체	385.7	0.125
	재건법 담지	112.2	0.106
비고	값이 클수록 초기 방출이 높음		값이 클수록 후반방출이 억제됨

2) 계피산이 담지된 나노구조체의 합성 및 물리화학적 특성 평가

다양한 계피산이 담지된 나노구조체의 결정구조는 X-선 회절 분석을 통해, 크기 및 성상은 주사전자현미경을 통해 확인하였다.

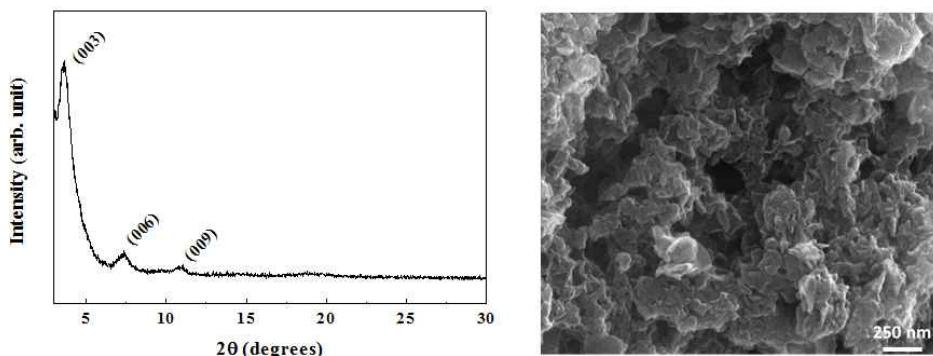


그림 20. 계피산이 담지된 나노구조체의 X-선 회절분석 결과(좌) 및 주사전자현미경 이미지(우)

X-선 회절 분석을 통해, 합성된 나노구조체의 X-선 회절 패턴의 경우 하이드로탈사이트 화합물과 유사한 구조를 보였으며, 적층 방향 회절 피크 (003) 이 저각에서 관찰되는 것을 통하여 나노구조체의 층간이 확장되어 계피산이 담지됨을 확인하였다. 계산된 층간간격은 1.8 nm로서 아래 그림과 같이 계피산 분자가 나노구조체의 층간 공간에 배열되어 있음을 예상할 수 있다.

계피산(CA)이 담지된 합성계 나노구조체의 정량분석 결과를 통해 다음과 같은 화학식 $[Zn_4Al(OH)_{10} \cdot (CA)_{2.08} \cdot 0.1H_2O]$ 을 얻을 수 있었다. 주사전자현미경 이미지를 통해 제조된 시료는 수십 nm의 크기를 갖는 것으로 확인되었다.

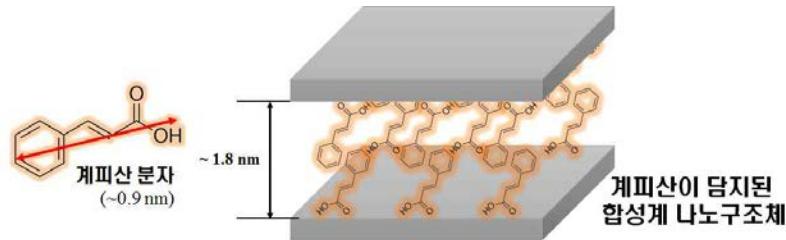


그림 21. 계피산이 담지된 나노구조체의 모식도

3) 계피산과 계피알데하이드가 동시에 담지된 합성계 나노구조체의 합성 및 물리화학적 특성 평가
계피산과 계피알데하이드가 동시에 담지된 합성계 나노구조체의 결정구조, 크기 및 성상은 X-선 회절 분석과 주사전자현미경을 통해 확인하였다.

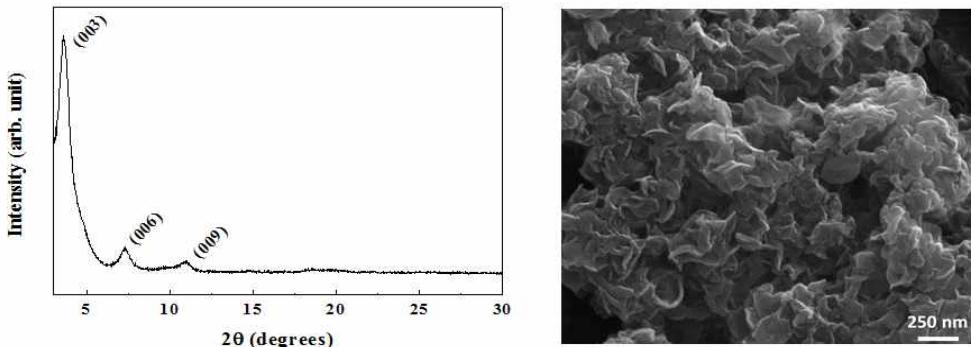


그림 22. 계피산 및 계피알데하이드가 담지된 합성계 무기광물질 기반 나노구조체의 X-선 회절분석 결과(좌) 및 주사전자현미경 이미지(우)

계피산과 계피알데하이드가 동시에 담지된 나노구조체의 경우 계피산만이 담지된 경우와 유사하게 적층방향 회절 (003) 이 저각에서 관찰되는 하이드로탈사이트 구조를 보였다. 계피산(CA) 및 계피알데하이드(CNA)의 정량분석 결과 계피산만이 담지된 경우 약 40 wt%의 높은 담지효율을 보였으며, 계피알데하이드의 추가 도입시 계피산 함량이 약 32 wt%로 소폭 낮아지며, 계피알데하이드가 약 8 wt% 담지되는 것으로 관찰되었다. 이를 통해, 계피산이 담지된 금속이중층수산화물에 계피알데하이드 담지반응 시 계피산이 방출된 부분에 계피알데하이드가 채우는 것으로 예상된다. 본 시료의 화학식은 $[Zn_4Al(OH)_{10} \cdot (CA)_{1.47}(CNA)_{0.45} \cdot 0.1H_2O]$ 로 결정되었다. 이 결과들로부터 합성계 나노구조체 내에 계피산과 계피알데하이드가 동시에 담지될 수 있음을 확인하였다.

표 8. 계피산 및 계피알데하이드가 담지된 합성계 나노구조체 정량 결과

시료	계피산 함량 (wt%)	계피알데하이드 함량 (wt%)
계피산-나노구조체	40	-
계피산-계피알데하이드-나노구조체	31.7	8

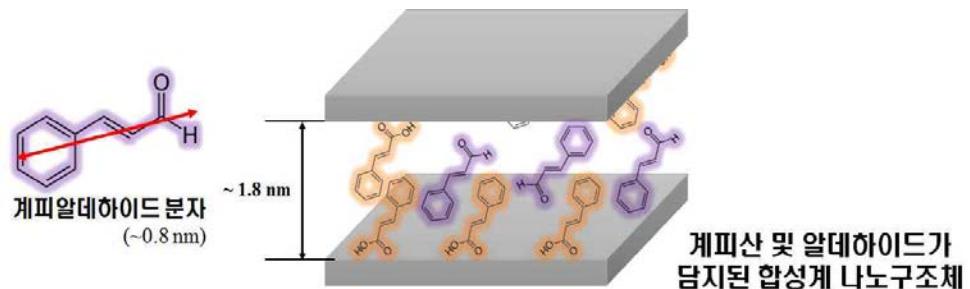


그림 23. 계피산 및 계피알데하이드가 담지된 나노구조체의 모식도

4) 탈산효과를 가지는 Fe^{2+} -나노구조체의 합성 및 물리화학적 특성 평가

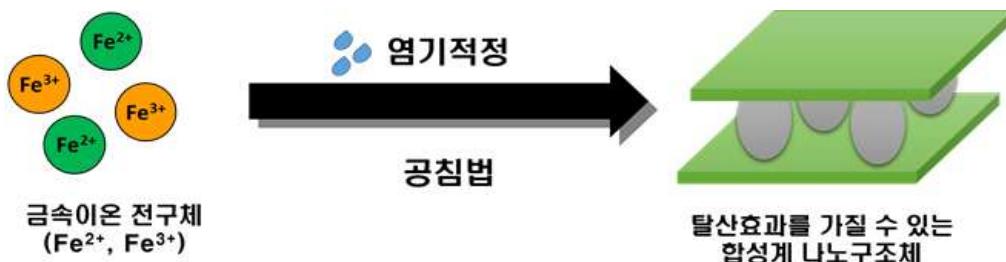


그림 24. Fe^{2+} -나노구조체의 합성 모식도

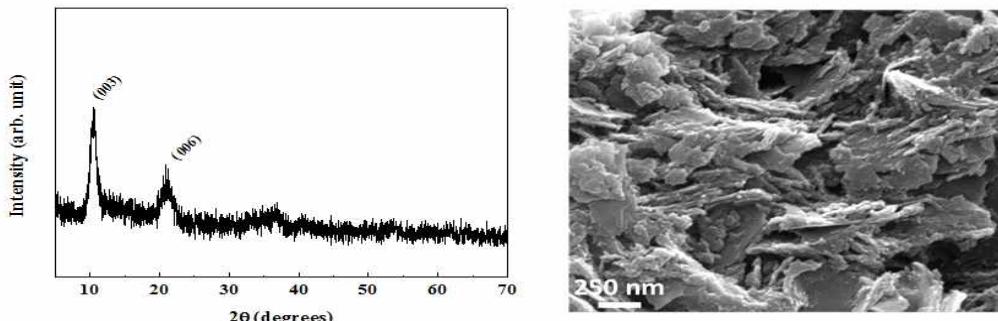


그림 25. Fe^{2+} -나노구조체의 X-선 회절분석 결과(좌) 및 주사전자현미경 이미지(우)

2가 및 3가의 철이온으로 이루어진 합성계 나노구조체의 X-선 회절 패턴의 경우 하이트로탈

사이트 유사화합물이 가지는 전형적인 패턴을 보였으며, 주사전자현미경을 통해 수십 및 수백 nm의 크기를 가지는 2차원 판상형 물질임을 확인하였다.

Fe²⁺-나노구조체의 경우 격자 내 존재하는 2가 철이온(Fe²⁺)이 공기 중의 산소(O₂)와 반응하면서 3가 철이온(Fe³⁺)로 산화되는 것으로 알려져 있으므로 이러한 과정을 통해 합성계 무기광물질 나노구조체가 탈산 효과를 가짐을 예상할 수 있었다.

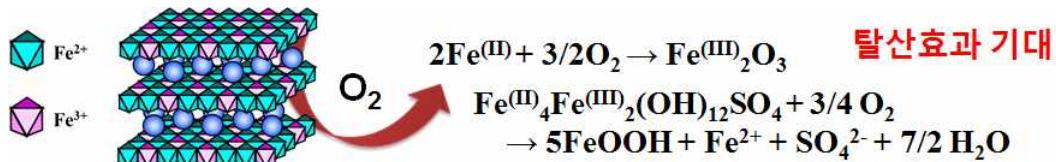


그림 26. Fe²⁺-나노구조체의 탈산효과 예상 메커니즘

5) 고분자가 도입된 Fe²⁺-나노구조체의 합성 및 물리화학적 특성 평가

그림 27은 고분자를 도입한 Fe²⁺-나노구조체 제조 방법이다. 그림 28은 고분자가 도입된 Fe²⁺-나노구조체의 X-선 회절 패턴(좌) 및 주사전자현미경 이미지(우)를 나타낸다. X-선 회절 패턴을 통해 고분자가 도입될 경우 그렇지 않은 경우에 비해 X-선 회절 피크의 크기가 커지는 것으로 보여 지며, 이는 고분자 존재에 따른 결정성 증대를 의미한다. 특히, 고분자 도입에 따라 하이드로탈사이트가 갖는 전형적인 육각형 입자가 관찰되었다.

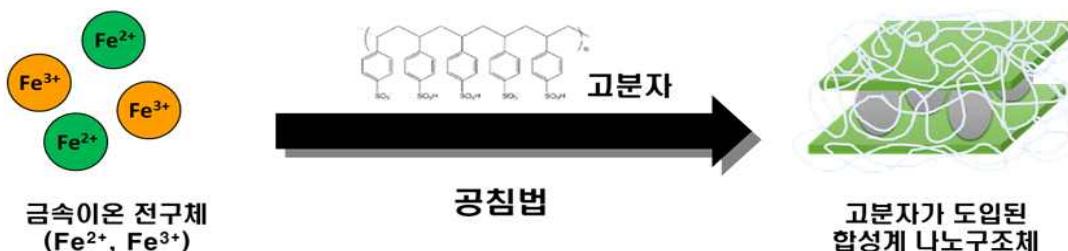


그림 27. 고분자가 도입된 Fe²⁺-나노구조체의 합성 모식도

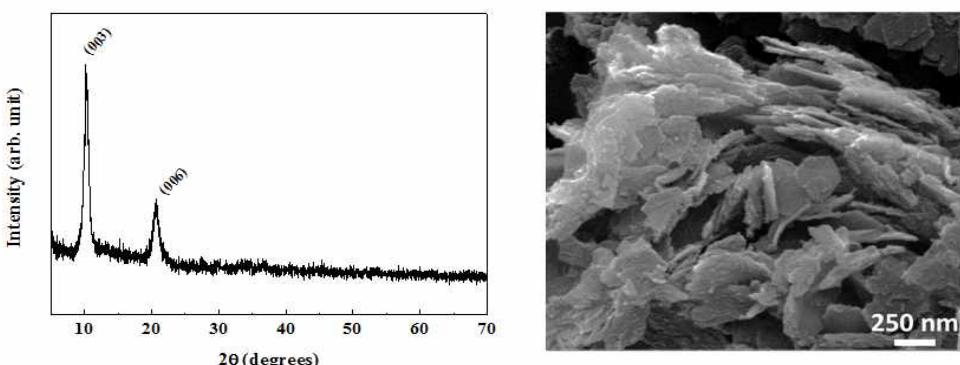


그림 28. 고분자가 도입된 Fe²⁺-나노구조체의 X-선 회절분석 결과(좌) 및 주사전자현미경 이미지(우)

6) 전도성 고분자가 도입된 Fe^{2+} -나노구조체의 합성 및 물리화학적 특성 평가

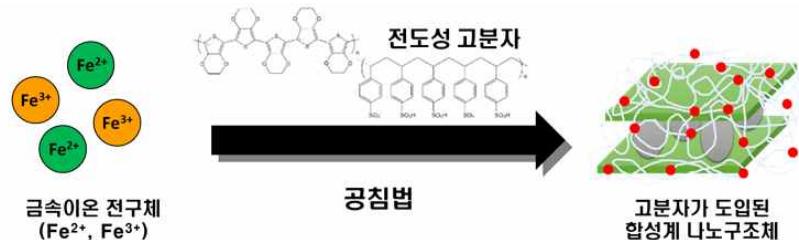


그림 29. 전도성 고분자가 도입된 Fe^{2+} -나노구조체의 합성 모식도

X-선 회절 패턴에서 전도성 고분자가 도입될 경우 Fe^{2+} -나노구조체의 격자 피크 (018)이 추가로 관찰되었는데, 이는 전도성 고분자에 의해 ab-평면 방향의 결정성장이 원활하였음을 의미한다.

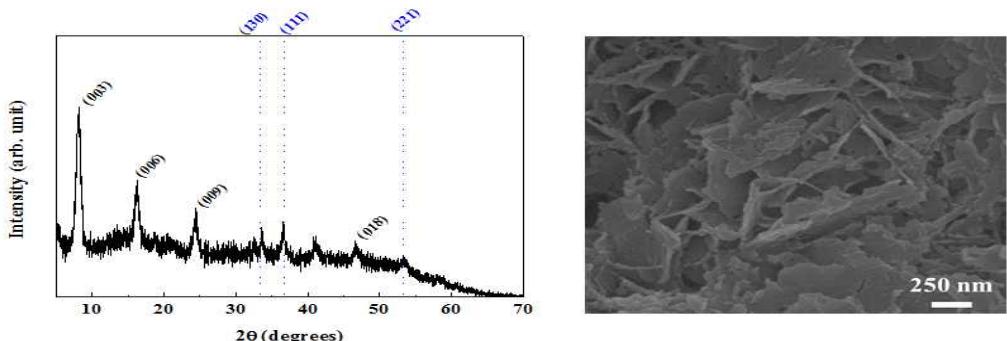


그림 30. 전도성 고분자가 도입된 2가 및 3가 철이온으로 이루어진 합성계 무기광물질 기반 나노구조체의 X-선 회절분석 결과(좌) 및 사전자현미경 이미지(우) <파란색 점선: 수산화 제2철, FeO(OH) >

주사전자현미경 분석 결과 수백 nm의 크기를 가지는 2차원 층상형 물질의 생성을 확인할 수 있었다. 상기 분석 결과들을 통해 전도성 고분자의 도입이 합성계 나노구조체의 결정구조 및 성상에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보여진다. 전도성 고분자는 Fe^{2+} -나노구조체 격자 내의 2가 철과 산화-환원 반응을 할 수 있으므로 2가철의 산화속도를 조절할 수 있고 최종적으로 탈산 속도를 조절할 것으로 예상된다.

다. 3년차 연구결과

1) 기능성분자가 담지된 나노구조체의 대량합성 결과

기능성분자인 계피산과 계피알데하이드가 담지된 나노구조체의 포장 소재 적용을 위해 대용량으로 합성하였으며, 확보된 시료는 X-선 회절 분석을 통해 결정구조를 확인하였다.

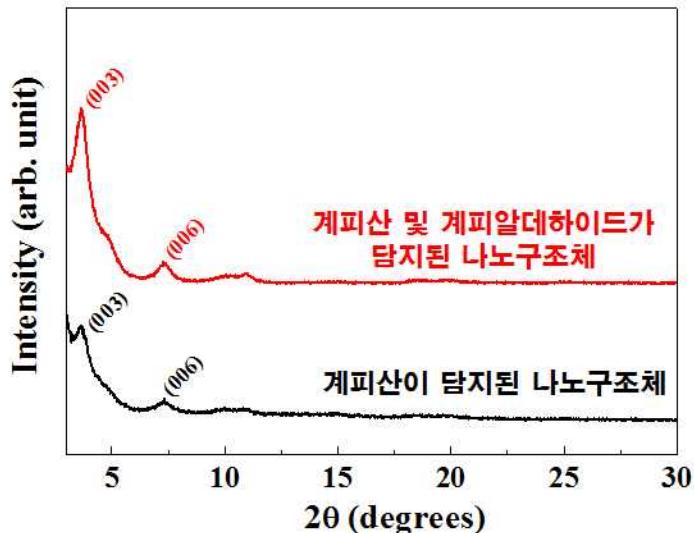


그림 31. 대량합성을 통해 확보된 항균분자가 담지된 나노구조체의 X-선 회절분석 결과

X-선 회절 분석을 통해, 대량 합성된 나노구조체의 경우에도 동일한 결정 구조를 가지는 것을 확인할 수 있었다.

고성능 액체크로마토그래피 정량분석을 통해 계피산이 담지된 나노구조체가 약 40 wt%의 계피산이, 계피산 및 계피알데하이드가 담지된 나노구조체에는 약 36 wt%의 계피산 및 약 4 wt%의 계피알데하이드가 담지됨을 확인하였다. 상기 결과는 2차년도 결과와 잘 부합하는 것으로 확인되었으며 이를 통해 항균성을 가지는 분자를 나노구조체 내에 다량 함유한 물질을 제조할 수 있음을 확인하였다.

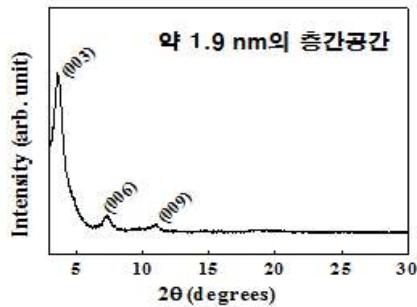
표 9. 계피산 및 계피알데하이드가 담지된 금속이중총수산화물 내 계피산과 계피알데하이드의 정량 평가 결과

시료	계피산의 함량(wt%)	계피알데하이드의 함량(wt%)
계피산이 담지된 나노구조체	40.4	-
계피산 및 계피알데하이드가 담지된 나노구조체	36.1	3.7

2) 나노구조체 표면의 고분자 처리 전/후의 차이 결과

나노구조체 내 담지된 계피산 및 계피알데하이드의 방출량 조절을 위해 도입한 고분자처리 (Eudragit® L100)에 의한 나노구조체의 기본 물성을 평가하였다.

고분자 처리 전 나노구조체



고분자 처리 후 나노구조체

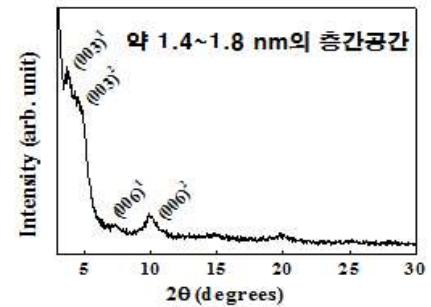
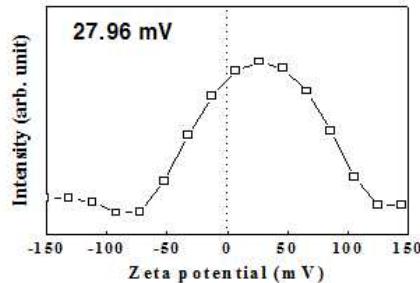


그림 32. 나노구조체 표면의 고분자 처리 유/무에 따른 X-선 회절 분석 결과

X-선 회절 분석 결과를 통해 표면의 고분자 도입은 계피산 및 계피알데하이드가 담지된 나노구조체에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었으며, 고분자 처리 후 층간 내부 공간이 약 1.4~1.8 nm로 소폭 감소함이 확인되었으나 이는 층간 내부공간에 담지된 계피산 및 계피알데하이드에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 예상된다.

고분자 처리 전 나노구조체



고분자 처리 후 나노구조체

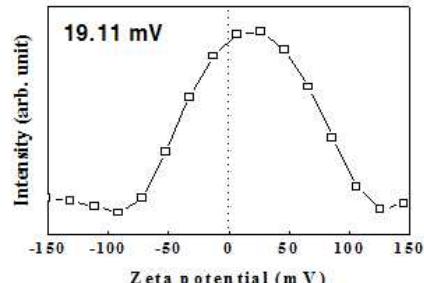
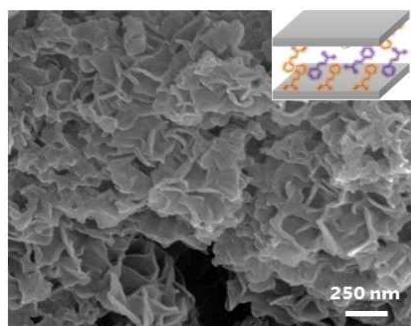


그림 33. 나노구조체 표면의 고분자 처리 유/무에 따른 표면전하 분석 결과

고분자 처리에 의한 표면특성 변화를 평가하기 위해 고분자 처리 전/후의 나노구조체에 대한 표면전하분석을 수행하였다. 상기 그림에서 보이는 바와 같이 고분자 처리 전/후의 나노구조체 모두 약 28 mV와 19 mV로 합성계 나노구조체의 양전하가 잘 보존되었음을 확인하였다.

- 고분자 처리 전 나노구조체



- 고분자 처리 후 나노구조체

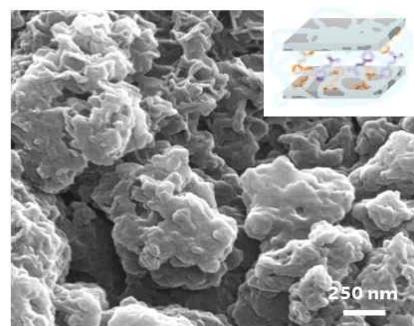


그림 34. 나노구조체에 고분자 처리 유/무에 따른 성상 변화 평가

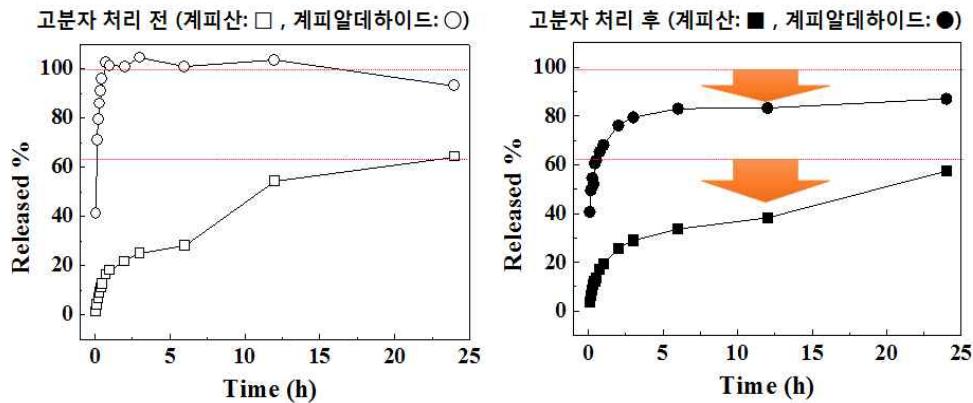


그림 35. 나노구조체 표면의 고분자 처리 유/무에 따른 항균분자의 방출 평가

나노구조체 표면에 고분자 처리 전/후의 성상 변화는 주사전자현미경으로 분석되었다. 고분자 처리 전 나노구조체는 수백 nm 정도 너비의 얇은 판상으로 이루어져 있음이 관찰되었고, 고분자 처리 후 입자 표면의 모서리가 둥글어지는 현상을 통해 유기물인 고분자가 표면에 도입되었음을 확인하였다.

시간에 따른 종류수 내 항균분자 방출 실험 결과 고분자 처리 전 나노구조체는 약 45분 후에 100%의 계피알데하이드를 방출하고, 24시간 이후 약 60%의 계피산이 방출하는 것으로 평가되었다. 고분자가 도입된 나노구조체의 경우 5시간 이후 계피알데하이드가 약 80% 정도, 24시간 이후 약 60%의 계피산이 방출되어 항균물질 방출이 억제됨을 확인하였다.

표 10. 항균분자 방출 평가를 통한 키네틱 분석

용매	시료	방출 모델	회귀 방정식	R ²
종류수	고분자 처리 전/ 계피산	Parabolic diffusion	C _t = 0.0174 t ^{0.5} + 0.0113	0.9700
	고분자 처리 전/ 계피알데하이드		R = 0.0174	
	고분자 처리 후/ 계피산	Elovich equation	C _t = 2.609 ln(t) - 8.600	0.6156
	고분자 처리 후/ 계피알데하이드		a = 5431.66, b = 2.609	
	고분자 처리 후/ 계피산	Parabolic diffusion	C _t = 0.0143 t ^{0.5} + 0.0473	0.9510
	고분자 처리 후/ 계피알데하이드		R = 0.0143	
	고분자 처리 후/ 계피알데하이드	Elovich equation	C _t = 0.0768 ln(t) + 0.1433	0.8837
	고분자 처리 후/ 계피산		a = 1.154, b = 0.0768	

계피산 및 계피알데하이드의 방출 키네틱을 수학적 모델로 분석한 결과 계피산의 방출은 Parabolic 모델을 따르며 계피알데하이드의 방출은 Elovich 모델을 따름을 확인하였다.

3) 나노구조체의 포장 소재 코팅 연구 결과

고분자 처리 전/후의 항균분자가 담지된 나노구조체의 포장 소재 적용을 위해 고분자 필름 표면

에 나노구조체를 캐스팅하고 두께 및 경도를 마이크로미터법과 연필경도법으로 각각 평가하였다. 나노구조체로 코팅한 필름의 두께 및 경도를 측정한 결과 고분자 처리한 나노구조체는 고분자 처리되지 않은 나노구조체에 비하여 얇고 균일하게 코팅되는 것을 확인하였다. 고분자 처리 유/무에 따른 코팅 균일도는 주사전자현미경을 통해서도 확인되었다.

주사전자현미경 이미지를 통해 고분자를 처리하기 전 나노구조체로 코팅된 필름은 나노입자가 불균일하게 표면에 코팅된 것을 확인할 수 있으며, 고분자를 처리한 나노구조체로 코팅한 경우 코팅 전에 대비 균일한 코팅이 된 것을 확인하였다. 상기 결과를 통해 추가적인 고분자 처리가 기능성 분자의 서방출 및 필름 코팅이 균일하도록 도와주는 것으로 예상된다.

표 11. 고분자 처리 전/후의 나노구조체 코팅 후 필름의 물성 평가 결과

시료	코팅 두께 (μm)	코팅층 경도
고분자 처리 전 나노구조체	50	B
고분자 처리 후 나노구조체	30	B

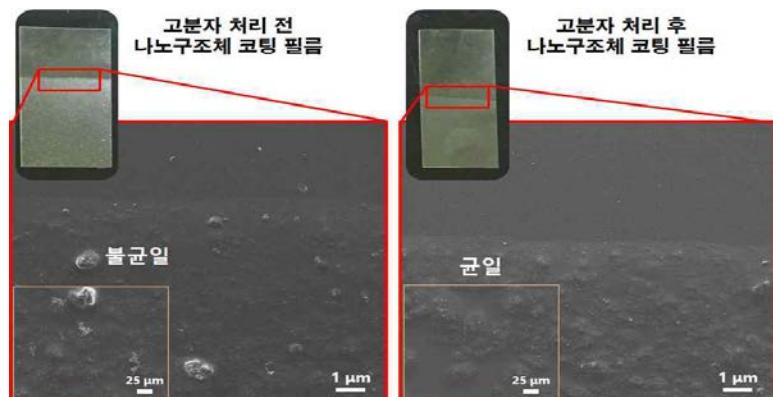


그림 36. 나노구조체로 코팅된 필름의 표면 분석 결과

4) 탈산효과를 가지는 나노구조체의 합성 및 탈산효과 평가

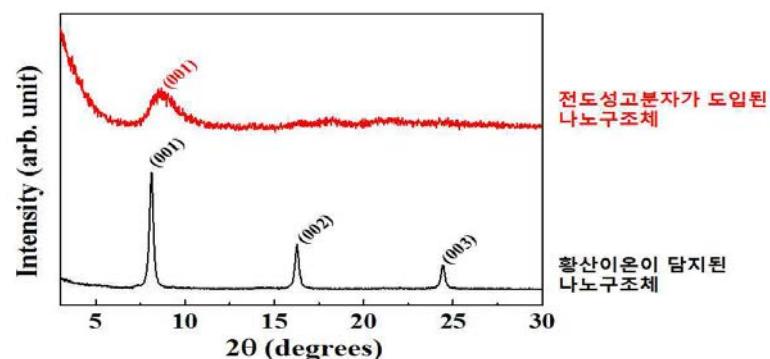


그림 37. 전도성고분자 도입 유/무에 따른 탈산효과를 가지는 나노구조체의 X-선 회절 분석 패턴

탈산효과가 조절될 수 있도록 전도성고분자 도입 전/후의 나노구조체를 합성하고 이에 대해 기본적인 결정분석 및 탈산효과를 평가하였다. 황산이온이 담지된 철로 이루어진 나노구조체의 경우 전형적인 하이드로탈사이트 (hydrotalcite, JCPDS No. 14-0191) 유사화합물의 X-선 회절 패턴을 보이고 있으며, 전도성고분자가 도입된 탈산효과를 가지는 나노구조체는 황산이온이 담지된 나노구조체 대비 낮은 결정성을 보이고 있으나 이는 도입된 고분자로 인해 결정성이 낮아진 것으로 판단된다.

탈산효과를 가지는 나노구조체의 탈산효과 평가를 통해 전도성고분자가 도입된 나노구조체의 경우 약 30분 이후부터 30%의 차이를 보이는 것으로 확인되었다. 본 결과를 통해 탈산효과를 가지는 나노구조체에 추가적인 전도성고분자의 도입을 통해 장시간동안 나노구조체 가지는 탈산효과를 지연시킬 수 있을 것으로 예상된다.

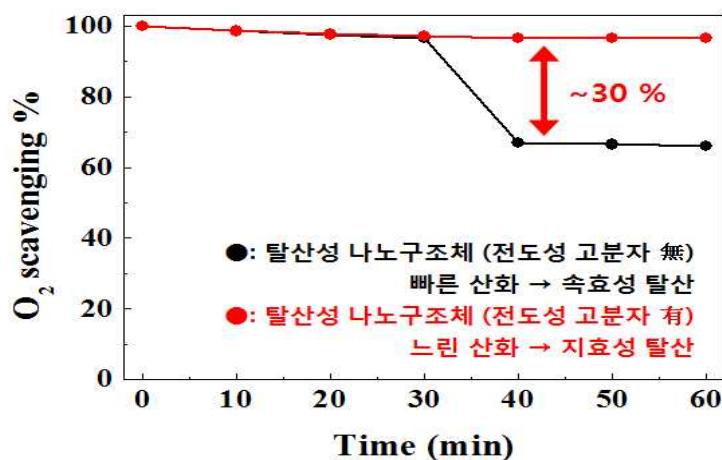


그림 38. 탈산 기능성 나노구조체의 탈산효과 평가 결과

제4절. 신선편이 농산물의 품목별 유통형태 조사 및 상품성 향상 연구

1. 연구수행방법

가. 시험재료 및 실험 처리

1) 1년차 연구

신선편이 농산물의 품목별 유통형태를 조사하기 위해 대형마트 3~4곳에서 마늘, 대파, 생강, 밤, 파인애플, 당근을 조사하였다.

2) 2년차 연구

선도유지 최적제어시스템 현장 적용을 위한 꽁 유통 모사 조건 확립을 조사하였으며, 연세대에서 개발한 선도유지 기능성 나노구조체(Cinnamic Acid-layered Double Hydroxide-cinnamaldehyde)를 이용하여 선도유지 최적제어시스템 현장에 적용해 생산된 제품을 냉장저장 중 미생물 품질변화를 조사하였다. 냉장저장 중 미생물 품질변화 조사하기 위해 2015년 7월 전라남도 광주소재 농가에서 수확한 대파와 2015년 8월 경북 안동소재 농가에서 수확된 양파를 외관 상태와 굵기가 전체적으로 상급 제품으로 Fig. 1과 같이 전체 가공공정 중 절단공정에서 3 mm 두께의 대파 파채 및 양파 슬라이스 형태로 절단시킨 상품을 내포장 공정 후 금속검출기를 통과 시킨 시료를 채취하여 미세천공필름에 포장한 나노구조체(CLC) 1g을 함께 봉입하여 진공포장 시켜 실험에 사용하였으며, 세척수 및 작업장 온도 조건은 Table 1과 같으며 2015년 8월 F사의 전처리 농산물 제조/가공 공정 시 09시30분~12시30분까지(3시간) 3회 이상 측정하였다.



Fig. 1. 양파 슬라이스와 파채 제조공정 및 CLC 포장방법.

Table 1. 작업공정 시 작업실 온습도 및 사용용수 온도 조건

작업장	온도(°C)	상대습도(%)
입출하실	11.2 ± 1.25	53.2 ± 1.11
생 산 실	14.8 ± 0.36	69.8 ± 10.28
포 장 실	15.2 ± 0.63	57.2 ± 0.46
냉장창고	2.7 ± 0.82	53.6 ± 6.37
상 수 도	21.2 ± 0.31	-
냉 각 수	15.7 ± 0.42	-

3) 3년차 연구

연세대에서 개발한 선도유지 기능성 나노구조체(Cinnamic Acid-layered Double Hydroxide-cinnamaldehyde)를 이용하여 선도유지 죄적제어시스템 현장에 적용해 생산된 제품을 실제유통과정 중 미생물 품질변화를 조사하였다. 실제유통과정 중 미생물 품질변화 조사를 위해 2016년 9월 전라남도 광주소재 농가에서 수확된 대파와 2016년 9월 경북 안동소재 농가에서 수확된 양파, 2016년 9월 전남 진도소재 농가에서 수확된 양배추를 Fig. 2와 같이 전체 가공공정 중 절단공정에서 3 mm 두께의 대파 파채, 양파 슬라이스와 5mm 두께의 양배추 다이스 형태로 절단시킨 상품을 내포장 공정 후 금속검출기를 통과시킨 시료를 냉장창고 보관 후 냉장탑차에 실어 배송지 왕복 후 채취하여 실험에 사용하였으며, 당일 생산된 제품을 냉장탑차의 온도 조건은 Table 2와 같으며 2016년 9월 F사의 전처리 농산물 유통과정을 3회 이상 측정하였다.



Fig. 2. 양파 슬라이스, 파채, 양배추 다이스 제조공정 및 CLC 포장방법.

Table 2. 유통과정 중 냉장탑차 온도 조건

시간	온도(°C)
08:00~09:00	2.7 ± 0.94
09:00~10:00	3.6 ± 2.40
10:00~11:00	3.4 ± 0.71
11:00~12:00	2.9 ± 1.01
12:00~13:00	3.9 ± 1.41
13:00~14:00	3.0 ± 0.80
14:00~15:00	2.8 ± 0.82
15:00~16:00	2.9 ± 0.83
총 평균	3.1 ± 1.41

나. 미생물 품질조사 방법

미생물 분석은 각 시료 100 g씩 멸균팩에 채취하여 시료 중 25 g을 필터백에 넣고 225 mL의 멸균된 생리식염수를 부어 stomacher로 2분간 균질화한 후 시험원액으로 사용하여 일반세균 및 대장균은 petrifilm(3M, USA)에 접종하여 35~37°C에서 일반세균은 48시간 배양, 대장균은 24시간 배양한 후 일반세균수는 총균수를, 대장균은 기포가 생성된 붉은 colony를 계수하였다.

2. 연구결과

가. 1년차 연구결과

1) 신선편이 농산물의 품목별 유통형태 조사

깐 마늘, 다진 마늘, 저민 마늘, 절단 대파, 간 대파, 파채, 깐 생강, 다진 생강, 깐 밤, 절단 파인애플, 세척 당근의 유통형태를 조사하였다. 깐 마늘은 무진공 포장상태로 유통되고 있으며, 대용량 제품의 경우에만 제조일자가 표기되어 있는 것을 조사하였으며, 유통기한 표기 비율은 29%로 나타났다(Fig. 3).

제조형태	깐마늘						
	양재농협			농협			롯데마트
구분	무진공	무진공	무진공	무진공	무진공	무진공	무진공
포장형태	N	N	제조일자	제조일자	N	N	
유통기한							
사진							

Fig. 3. 신선편이 깐 마늘 포장형태 및 유통기한 표시 여부.

다진 마늘은 변색방지를 위하여 대부분 무진공 포장형태의 소량단위로 유통되고 있으며, 제조일 혹은 진열기한을 표시하고 있는 것을 조사하였으며, 조사한 제품 중 유통기한 표시 비율은 75% 정도로 나타났다(Fig. 4).

제조형태	다진마늘				저민마늘	
	농협		롯데마트	이마트	롯데마트	이마트
구분	무진공	무진공	무진공	무진공	무진공	무진공
포장형태	제조일자	N	진열기한	진열기한	N	제조일자
유통기한						
사진						

Fig. 4. 신선편이 다진 마늘과 저민 마늘 포장형태 및 유통기한 표시 여부.

절단 대파는 2~3개 정도 단위의 진공 또는 무진공 형태로 유통되고 있으며, 제조일자 또는 진열기한을 표기하고 있는 것으로 조사하였으며, 유통기한 표기비율은 40% 정도로 나타났다(Fig. 5).

제조형태	절단대파					깐대파	
	구분	양재농협	농협	이마트	홈플러스	이마트	홈플러스
포장형태	진공	진공	무진공	무진공	무진공	무진공	무진공
유통기한	제조일자	N	N	N	진열기한	N	진열기한
사진							

Fig. 5. 신선편이 절단대파와 깐 대파 포장형태 및 유통기한 표시 여부.

파채는 세척, 박피 등의 전처리와 가공처리 과정을 여러단계 걸친 제품으로 제조일자 또는 진열기한 표기가 잘되어있으며, 물러짐 등의 제품변질 우려로 무진공 포장 형태로 유통되는 것으로 조사하였으며, 유통기한 표기비율은 80% 정도로 나타났다(Fig. 6).

제조형태	파채				
	구분	양재농협	농협	롯데마트	홈플러스
포장형태	무진공	무진공	무진공	무진공	무진공
유통기한	제조일자	N	제조일자 진열일자 4일	진열기한	제조일자
사진					

Fig. 6. 신선편이 파채 포장형태 및 유통기한 표시 여부.

제조형태	깐생강			다진생강		깐밤	
	구분	농협		이마트	농협		농협
포장형태	진공	무진공	진공	무진공	진공	진공	진공
유통기한	제조일자	N	제조일자	제조일자	N	진열기한	제조일자
사진							

Fig. 7. 신선편이 깐생강, 다진생강, 깐밤 포장형태 및 유통기한 표시 여부.

깐 생강은 진공, 무진공 2가지 형태로 유통되고 있었으며 제조일자만 표기되는 형태이며, 조사한 제품 중 유통기한 표기 비율은 66% 정도로 나타났다. 다진 생강 역시 진공과 무진공 형태로

유통되고 있었으며, 무진공의 형태는 제조일자를 표기하고 있었고, 유통기한 표기 비율은 50% 정도로 나타났다. 깐 밤은 색변화 우려도 모두 진공형태로 유통되며 진열기한 또는 제조일자가 모두 표기되어 있었으며, 유통기한 표기비율은 100%로 안전성 관리가 가장 잘 되는 제품으로 나타났다(Fig. 7).

절단 파인애플은 대형유통마트에서 다양한 절단모양의 제품 형태가 출시되어 있었으며, 색과 향, 물러짐 등에 의한 품질변화를 우려하여 모두 무진공 포장으로 대부분 진열기한을 표기하고 있는 것으로 조사되었고, 유통기한 표기 비율은 71% 정도로 나타났다(Fig. 8).

제조형태		절단파인애플					
구분	롯데마트	이마트			홈플러스		
포장형태	무진공	무진공	무진공	무진공	무진공	무진공	무진공
유통기한	진열기한	진열기한	N	N	진열기한	진열기한	진열기한
사진							

Fig. 8. 신선편이 절단파인애플 포장형태 및 유통기한 표시 여부.

세척 당근은 무진공 형태로 2~3개입 정도의 소량단위로 유통되고 있었으며, 진열기한 정도만 표시하고 있는 것으로 조사되었고, 유통기한 표기 비율은 33% 정도로 나타났다(Fig. 9).

제조형태		세척당근		
구분	농협	이마트	홈플러스	
포장형태	무진공	무진공	무진공	
유통기한	N	N	진열기한	
사진				

Fig. 9. 신선편이 세척당근 포장형태 및 유통기한 표시 여부.

나. 2년차 연구결과

1) 선도유지 최적제어시스템 현장 적용을 위한 저장 유통 모사 조건 확립

선도유지 최적제어시스템을 조사한 결과는 Fig. 10과 같으며, 입고 및 검수는 수확 후 차량 입고시간과 온도 확인 및 부패, 변색, 해충 등의 혼입검수와 함께 원료의 성상, 중량, 품종 등이 적합여부를 확인하며 부적합한 제품의 경우 식별표시 후 반품 또는 폐기한다. 보관 및 예냉은 검수된 원료를 미리 5°C이하의 저온창고에 예냉하고 예냉·저장된 원료는 2일 이내 사용한다. 선별은 이물질 혼입업 등을 제거하고 외부로부터 오염되거나 조직이 연화되어 외관상 적합하지 않은 부분선별 및 제거한다. 전처리는 뿌리 및 껍질제거나 다듬기 등으로 비가식 부위제

거나 제조공정에 알맞는 방법으로 절단하거나 다듬는다. 세척은 전처리된 야채를 3단 세척조에 이송하여 손 세척으로 흙이나 이물질 등을 3단계 작업으로 칠러 냉각기를 이용하여 냉각수로 세척한다. 소독(침지)은 세척된 야채를 소독조에 침지시켜 살균소독 처리하며 이 때 소독기준은 세척용량 80 kg 이하, 소독제는 차아염소산수, 소독시간은 1분30초±30초, 소독농도 100±10 ppm, 교체시간은 60분이다. 행굼 및 건조는 소독된 야채를 자동분무세척기로 이동시켜 컨베이어벨트로 이동시키며 행굼수를 샤워분무기로 뿌려 최종 세정하고 소독 시 발생되는 냄새를 제거하고 세척된 대파는 컨베이어벨트로 이동시키며 상하 에어분사로 건조시킨다. 이 때 행굼수량은 21 L/min, 이송속도는 1.3±0.1 m/min, 행굼시간은 123±3초이다. 절단은 건조된 야채를 절단기에 넣고 주문방식에 따라 일정크기로 절단하며 절단기의 노후 및 파손 등으로 인해 금속파편 등이 제품에 혼입되는지 여부를 수시로 확인 및 관리한다. 탈수는 절단된 야채를 수분으로 인한 무름 방지를 위해 곧바로 원심탈수기에 넣고 조직이 파괴되지 않도록 3000 rpm에서 30초간 탈수한다. 계량 및 내포장은 계량 시 상품에 교차오염이 되지 않도록 주의하여 포장한다. 금속검출은 절단 포장된 제품을 내포장지(PE, PP)에 담아 금속검출기를 통과하면서 Fe나 SUS 등을 검출하며 금속이물 기준은 Fe 2.0 mmΦ, SUS 3.0 mmΦ 이상이며 매일 데이터로그를 확인한다. 박스포장 및 출하는 금속검출기에 통과된 내포장된 대파는 포장실로 이동하여 박스에 포장 및 냉장저장 후 출하시킨다. 또한 작업장 온습도 및 사용용수 온도 조사를 한 결과는 표 1과 같이 나타난다. 대파 및 양파의 제조/가공 공정 동안 작업장 현장 온습도 변화는 공정별 현장에 온습도기를 부착하여 측정하였다. 작업장 평균 온도와 상대습도는 생산실 $14.8\pm0.36^{\circ}\text{C}$, $69.8\pm10.23\%$, 포장실 $15.2\pm0.63^{\circ}\text{C}$, $57.2\pm0.46\%$, 냉장창고 $2.7\pm0.83^{\circ}\text{C}$, $53.6\pm6.37\%$ 순으로 측정되었다. 대파 및 양파의 제조/가공 공정 동안 세척수 온도결과는 상수도의 온도는 초기온도 22.5 ± 0.83 으로 시작하여 30분이 경과된 후부터 조사시간 3시간까지 온도변화는 21.2 ± 0.31 으로 안정기에 접어들었다. 냉각수의 경우 초기온도 20.8 ± 1.32 으로 시작하여 1시간 후부터 3시간까지 15.7 ± 0.42 으로 안정적으로 유지되었다.



Fig. 10. 실험에 사용된 시료의 제조공정도.

2) 선도유지 나노구조체를 이용한 신선편이 농산물의 냉장저장 중 미생물 품질변화 연구

양파슬라이스, 파채를 냉장저장을 하면서 미생물 품질변화를 조사한 결과, 일반세균수는 Fig. 11과 같이 CLC를 봉입한 시료가 미생물에 대해 1 log scale 이상의 뚜렷한 항균효과 나타내었는데 CLC를 봉입한 양파 슬라이스 및 파채가 대조구와 비교해서 총균수는 3일, 6일, 9일 순으로 약 13.8%, 13.2%, 32.6% 및 20.9%, 0.8%, 19%로 낮은 부패율을 나타내었다.

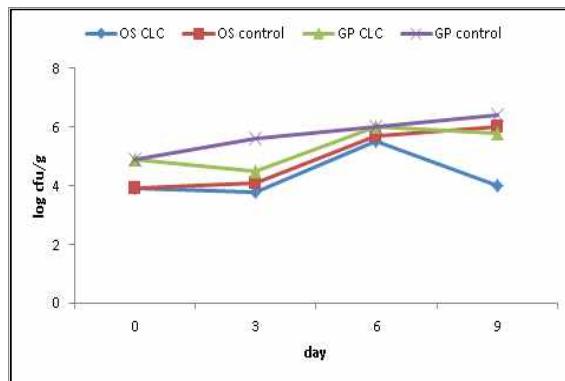


Fig. 11. CLC봉입 후 진공 포장된 양파슬라이스와 파채의 4°C에서 저장기간 동안 호기성 세균의 밀도 변화. OS; 양파슬라이스, GP; 파채, CLC; Cinnamic acid-Layered double hydroxide-Cinnamaldehyde.

대장균군수는 Fig. 12와 같이 CLC를 봉입시킨 포장된 처리구에서 대장균군에 대한 미미한 항균효과 나타내었는데 CLC를 봉입한 양파 슬라이스 및 파채가 대조구와 비교해서 3일, 6일, 9일 순으로 약 9.0%, 1.4%, -2.3% 및 8.8%, 8.1%, 16.6%로 전체적으로 낮은 부패율을 얻을 수 있었으며 양파슬라이스 경우 3일째까지 항균효과가 있었으나 이후 대조군과 비교하여 항균효과의 차이는 크게 없었다.

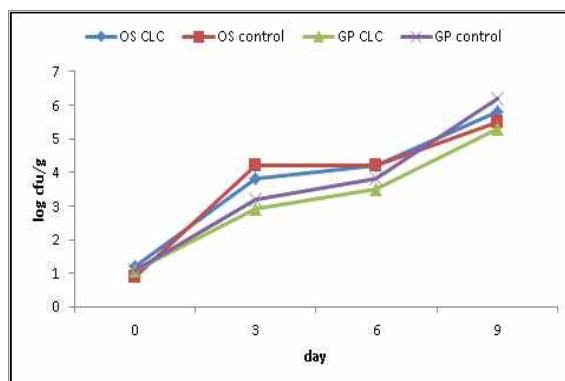


Fig. 12. CLC봉입 후 진공포장된 양파슬라이스와 파채의 4°C에서 저장기간 동안 대장균군수 변화. OS; 양파슬라이스, GP; 파채, CLC; Cinnamic acid-Layered double hydroxide-Cinnamaldehyde.

다. 3년차 연구결과

1) 선도유지 나노구조체를 이용한 신선편이 농산물의 실제 유통과정 중 미생물 품질변화 연구
 실제 유통과정에서 이동수단인 냉장탑차의 온도 변화를 조사한 결과 Table 2와 같다. 냉장탑 차의 평균 온도는 $3.1 \pm 1.41^{\circ}\text{C}$ 로 측정되었으며, 유통과정 동안 냉장탑차온도는 출발시점부터 도착시점까지 3°C 내외로 유지되었다. 양파슬라이스, 파채, 양배추다이스를 실제 유통과정 중 미생물 품질변화를 조사한 결과, 전체적으로 나노구조체(CLC)가 항균성이 있는 것으로 나타났다. 먼저, 양파슬라이스의 일반세균수와 대장균군은 Fig. 13과 같이 나타났다. CLC를 봉입한 양파슬라이스의 일반세균수는 1회, 2회, 3회 순으로 $4.08, 4.83, 5.81 \log \text{cfu/g}$, 대조군은 $4.38, 5.95, 6.34 \log \text{cfu/g}$ 순으로 나타났다. 대장균군수는 1회, 2회, 3회 순으로 $3.00, 2.41, 4.34 \log \text{cfu/g}$ 대조군은 3.23, TNTC(Too Numerous To Count), 5.26 순으로 나타났다.

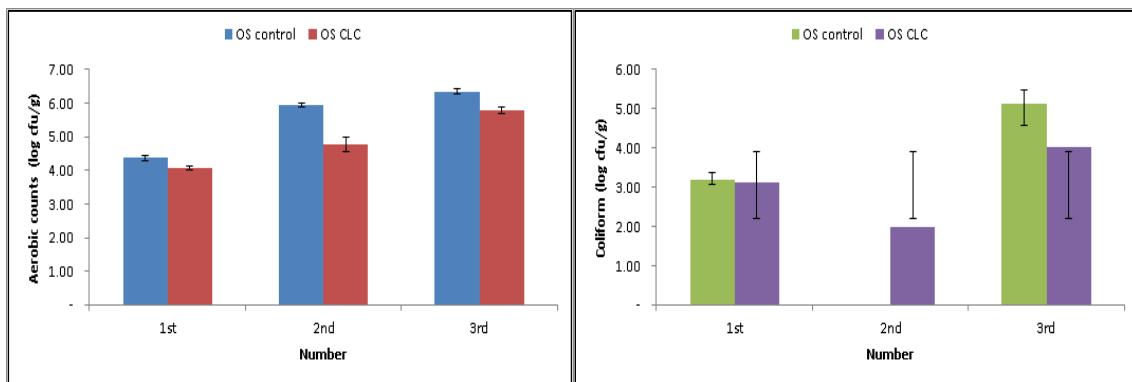


Fig. 13. CLC봉입 후 진공 포장된 양파슬라이스의 유통과정 총 3회 동안 일반세균(좌)과 대장균군(우) 변화. OS; 양파슬라이스, CLC; Cinnamic acid-Layered double hydroxide-Cinnamaldehyde.

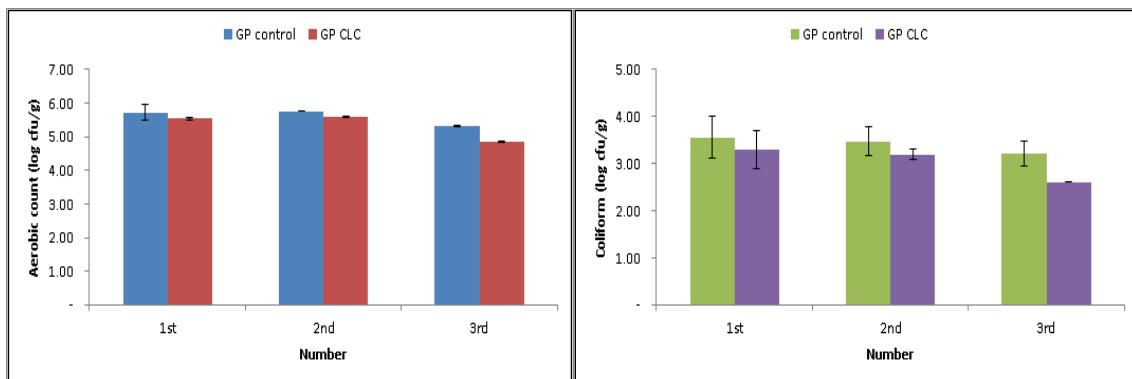


Fig. 14. CLC봉입 후 진공 포장된 파채의 유통과정 총 3회 동안 일반세균(좌)과 대장균군(우) 변화. GP; 파채, CLC; Cinnamic acid-Layered double hydroxide-Cinnamaldehyde.

파채의 일반세균수와 대장균군은 Fig. 14과 같이 나타났다. CLC를 봉입한 파채의 일반세균

수는 1회, 2회, 3회 순으로 5.54, 5.59, 4.85 log cfu/g, 대조군은 5.77, 5.77, 5.32 log cfu/g 순으로 나타났다. 대장균군수는 1회, 2회, 3회 순으로 3.46, 3.20, 2.60 log cfu/g, 대조군은 3.76, 3.58, 3.30 log cfu/g 순으로 나타났다.

양배추다이스의 일반세균수와 대장균군은 Fig. 15와 같다. CLC를 봉입한 양배추다이스의 일반세균수는 1회, 2회, 3회 순으로 3.85, 3.77, 4.61 log cfu/g, 대조군은 4.18, 3.84, 5.23 log cfu/g 순으로 나타난다. 대장균군수는 1회, 2회, 3회 순으로 2.08, 1.74, 2.60 log cfu/g, 대조군은 2.26, TNTC(Too Numerous To Count), 3.08 log cfu/g 순으로 나타났다. 나노구조체(CLC)를 봉입한 양파슬라이스, 파채, 양배추다이스를 대조군과 비교하였을 때 군수가 적게 배양되어 항균효과가 있다는 것을 알 수 있었다.

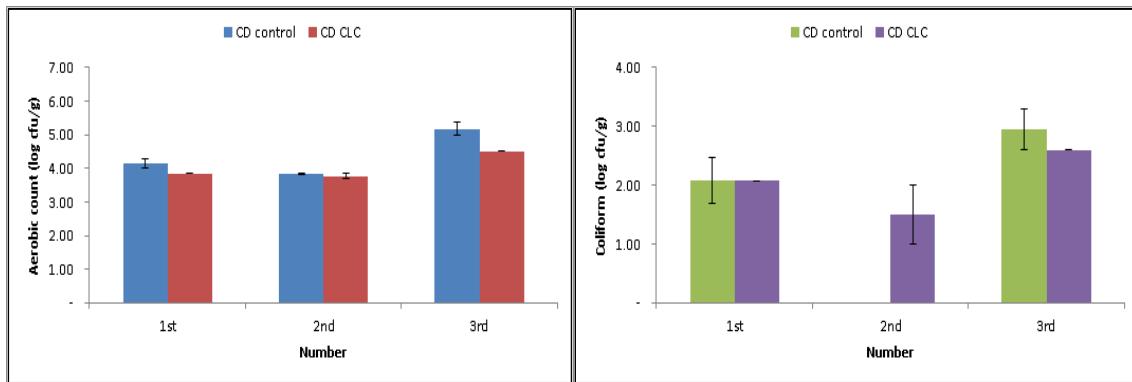


Fig. 15. CLC봉입 후 진공 포장된 양배추다이스의 유통과정 총 3회 동안 일반세균(좌)과 대장균군(우) 변화. CD; 양배추다이스, CLC; Cinnamic acid-Layered double hydroxide-Cinnamaldehyde.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도

제1절 : 목표대비 달성도

<1차 년도>

○ 제1세부과제에서는 신선편이 감자, 양파, 양배추를 신선편이 농산물 제조업체의 방법으로 제조한 후 저장 및 유통 온도에 따른 품질을 평가하고 유통기한을 설정하였으며, 대형 마트 내에 유통 중인 신선편이 감자, 양파, 양배추를 대상으로 유통기한 표기 현황을 조사하였다. 제2세부과제에서는 신선편이 감자의 선도유지를 위한 수확후 처리 및 포장기술의 확립을 목표로 반응표면분석을 이용하여 선도유지를 위한 신선편이 감자 제조 시 처리 조건을 확립하였고, 기능성 필름을 신선편이 감자에 적용하여 선도유지 기술을 개발하였다.

○ 제1협동과제에서는 신선편이 농산물의 선도유지에 효과가 있는 천연계 및 합성계 무기 광물질을 활용하여 나노구조체화 기술을 개발하였고, 항균 활성을 가진 성분을 활용하여 나노 구조체를 제조하는 기술을 정립하였다. 제2협동과제에서는 시중에 유통 중인 신선편이 농산물 품목별로 유통형태와 제품의 유통기한 표기 현황을 조사하였다.

<2차 년도>

○ 제1세부과제에서는 조미채소류인 대파, 마늘, 고추를 대상으로 저장 온도(4, 10°C)별 품질을 조사하여 유통기한을 설정하였으며, 신선편이 생강은 유통 중 미생물 제어를 위해 제조 시 열처리 방법을 확립하였다. 제2세부과제에서는 신선편이 양파 원료의 저장 기간에 따라 신선편이 양파 제조 시 품질 특성을 조사하였고, 원료 저장 시 비열플라즈마 처리에 따른 신선편이 양파의 품질변화 특성을 조사하였다. 또한, 조리용 신선편이 양파의 포장방법으로 밀봉 및 진공포장에 따른 유통온도별 품질특성을 조사하여 신선편이 양파의 적정 포장방법과 유통온도를 설정하였으며, 신선편이 양파의 미생물 제어를 위한 제조 시 살균세척 방법을 개선하였다.

○ 제1협동과제에서는 기능성 분자인 페룰산이 담지된 합성계 무기광물질 기반 나노구조체 제조 및 다양한 용매(증류수 및 식염수)에서의 방출 평가를 실시하였고, 항균 기능성을 가지는 계피산 및 휘발성 항균분자인 계피알데하이드가 담지된 합성계 무기광물질 기반 나노구조체 제조하였다. 또한 탈산효과를 가지는 합성계 무기광물질 기반 나노구조체 제조 및 산화속도 조절을 위한 고분자 및 전도성 고분자가 도입된 나노구조체 제조하였다. 제2협동과제에서는 제1 협동과제에서 합성한 기능성 나노구조체(CLC, Cinnamic Acid-layered Double Hydroxide-cinnamaldehyde)의 신선편이 농산물 품목별 유통 구조 조사 및 현장 모사 조건을 선정하고 현장 모사 조건으로서 신선편이 농산물 포장 조건, 유통기간, 온도 등의 조건을 설정하여 해당 조건 동안 나노구조체 적용 신선편이 농산물 선도유지를 평가하였다. 유통 및 현장 모사 조건 실험 후 선도유지 기능성 나노구조체를 수거하여 항균성 및 나노구조체의 화학구조 변형 등을 평가하여 현장 적용 가능한 나노구조체 물성을 파악하였다.

<3차 년도>

○ 제1세부과제에서는 근채류인 당근, 무, 연근, 고구마을 대상으로 신선편이 제조 시 유통 온도별 품질을 조사하여 유통기한을 설정하였고, 신선편이 농산물 생상업체의 요구에 따라 슬라이스 신선편이 양상추 제조 시 미생물 제어를 위한 처리 공정을 조사하였다. 제2세부과제에서는 조리용 신선편이 당근 원료의 전처리 방법 및 포장방법에 따른 품질 변화를 조사하였고, 또한 신선편이 당근 슬라이스를 제조하여 10°C 유통 조건에서 품질 변화를 관찰하였다. 조리용 신선편이 당근의 포장방법(밀봉, 진공) 및 미세천공필름 포장 시 품질특성 변화를 조사하였으

며, 신선편이 당근의 형태 및 저장온도, 포장용량에 따른 품질 특성 변화를 조사하여, 저장·유통 조건별 품질유지 기간을 설정하였다.

○ 제1협동과제에서는 1, 2차 년도 결과를 토대로 선정된 합성계 무기광물질을 확보 및 계피산이 담지된 금속이중층수산화물을 대량으로 합성하였으며, 포장재 적용을 위하여 항균분자를 담지한 나노구조체에 고분자 후처리를 도입하였다. 또한 고분자 도입 후 나노구조체의 항균분자 방출 평가를 실시하였으며, 항균성 분자가 담지된 나노구조체 적용방법으로 포장필름 표면 코팅 방법을 확립하였다. 황산이온이 포함한 탈산 효과가 있는 Fe^{2+} 금속이중층수산화합물 및 전도성 고분자가 담지된 Fe^{2+} 금속이중층수산화합물을 합성하여 탈산효과를 평가하였다. 제2협동과제에서는 제1협동과제에서 합성한 항균 기능성 나노구조체를 신선편이 슬라이스 양파(슬라이스), 신선편이 파채, 신선편이 양배추(dice)에 적용하여 현장 모사 실험을 통해 미생물 제어 효과를 평가하였다. 이상과 같이 당초 목표에 대비하여 100% 목표 달성을 하였다.

제2절 : 정량적 성과(논문제재, 특허출원, 기타)를 기술

○ 학술적 성과는 SCI 학술지에 Synthesis of hydrotalcite type layered double hydroxide with various Mg/Al ratio and surface charge under controlled reaction condition 등 10편을 제재하였고, 비SCI 학술지에 포장방법과 저장온도가 신선편이 양파의 품질 및 미생물 생장에 미치는 영향 등 4편을 제재하였다. 학술 발표는 국제학회에 8건, 국내 학회에 12건을 발표하였다.

○ 산업적 성과는 영농기술 정보로 조리용 신선편이 당근의 유통온도별 품질유지 기간 등 7건을 활용하였고, 산업체산권 출원은 이취가 감소된 신선편이 감자의 가공방법 등 2건, 정책자료는 1건을 제출하였다. 과제 내용에 대한 5건의 홍보와 신선편이 농산물의 산업 활성화를 위한 현장기술 지원 및 세미나, 토론회 등을 지원하였다.

○ 본 과제를 통한 정량적 성과의 달성도는 다음과 같다.

성과지표명		구분	당초 목표 (전체)	실적	달성도 (%)	가중치 (%)
논문제재	SCI		5	5.6	112	30
	비SCI		3	4	133	10
산업제산권	출원		2	2	100	10
	등록		-	-	-	-
영농기술·정보 기관제출			4	7	175	10
정책자료 기관제출			1	1	100	10
학술발표	국제		4	8	200	10
	국내		8	12	150	10
홍보성과			20	8.9	44.5	10
계			47	48.5	112.72	100

제 5 장 연구 결과의 활용계획

1절 : 추가연구의 필요성

본 과제를 통해 확보한 항균성 및 탈산성을 가지는 무기광물질 기반 나노구조체의 경우 인체에 무해한 금속원소를 사용한 전구체와 천연물기반 유도체들을 활용해 신선편이 농산물 포장소재 적용에 적합할 것으로 예상된다. 하지만 현재까지의 연구결과는 기본적인 일반세균 및 대장균에 대한 항균 효과를 평가했기에 다양한 품질(기타 미생물, 이취, 색변화 등)에 대한 평가가 필요하다. 또한, 본 연구에서 활용한 하이드로탈사이트기반 나노구조체의 경우 현재 제산제로 실제 판매가 되고 있기 때문에(Talcid[®], Bayer 사) 다양한 세포주 실험 및 소동물 실험을 통해 안정성이 확보된다면 식품으로의 사용으로도 가능할 것으로 보여진다. 본 연구에서 사용한 항균분자 나노구조체의 경우 항균분자 특유의 향이 나노구조체 내에 담지 되면서 억제될 수 있으나, 잔향이 남을 수 있으므로 추가적인 코팅 연구를 통하여 향을 최대한 억제하는 나노구조체를 개발하는 것이 중요할 것으로 판단된다. 본 연구에서 개발한 항균성 나노구조체와 탈산 나노구조체를 식품 포장에 적용하는 방법으로서 포장재질 내 직접 삽입하는 기법이나 표면에 코팅하는 기법에 대한 적용성 연구가 추가적으로 진행될 필요가 있을 것으로 판단된다.

2절 : 타 연구에서의 응용, 기업화 추진방안

본 연구 과제를 통해 확보된 선도유지 소재 담지 기술 및 방출조절 기술은 선도유지 뿐 아닌 다양한 기능성을 나노구조체에 도입할 수 있도록 해줄 수 있으며 본 기술들을 활용해 다양한 소재를 확보할 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 확보된 나노구조체는 필름제작 업체 또는 선도유지용 소재를 개발 및 판매하는 업체와 함께 추가적인 연구를 통해 실제 제품으로 상용화가 가능할 것으로 예상된다. 또한 현재 활용되고 있는 다양한 선도유지 소재 대비 저단가의 무기광물질을 활용하기 때문에 산업적으로도 충분히 활용가치가 있을 것으로 판단된다.

제 6 장 연구 과정에서 수집한 해외 과학 기술 정보

골든딜리셔스 사과에 1-MCP와 과망간산칼륨이 탑재된 제올라이트 나노입자를 처리했을 때 사과의 속성이 지연되고 장기간 품질을 유지할 수 있음이 보고된 바 있다(*Journal of Food Processing and Preservation*, 2013, ISSN 1745-4549). 브라질의 Azeredo 그룹에서는 포장 소재 내에 광물 입자를 첨가하여 기체 투과성을 조절하는 연구가 보고된 바 있으며, 과일 주스, 가공육류, 치즈, 과자류, 시리얼 포장에 이르기까지 다양한 곳에 사용 가능한 배리어성 포장소재로 연구되고 있음을 발표하였다(*Food Research International*, 2009, 42, 1240-1253). 중국의 한 제지업체에서는 은 나노입자를 종이에 도입한 패키징의 경우 낮은 독성과 높은 항균성을 보이며, 종이컵, 종이 도시락 등 다양한 식품 포장에 적용 가능함이 보고된 바 있다(*Making of paper product which surface layer possesses bactericidal action*, Ju-Kai HSIAO et al., US20060196623 A1). 이태리의 Cimmino 그룹에서는 산하아연 나노입자에 스테아릭산을 코팅하고 폴리프로필렌과의 혼화를 통해 액티브 패키징에 활용하고자 하였으며 산화아연 나노입자와의 혼화를 통해 항균성 및 열적안정성과 기계적 강도가 증가함을 보고한 바 있다(*Coatings*, 2016, 6, 4). 또한 이란의 Khalaj 그룹에서는 점토광물과 함께 철 나노입자를 고분자와 혼합하여 포장필름의 높은 배리어성을 도입함과 동시에 철 나노입자의 산소제거 효과도 같이 도입하고자 한 연구를 발표하였다(*Trends in Food Science & Technology*, 2016, 51, 41-48). 광물 및 점토 물질과 관련된 학회 참석 결과, 다양한 점토 물질이 산화-환원 반응 및 특정 금속원소(Fe^{2+} 등)의 방출을 통해 미생물의 성장을 억제할 수 있음을 알 수 있었고, 향후 광물 나노구조체를 활용한 항균성 패키징 필름 개발에 점토 물질을 활용할 수 있음을 확인하였다.

제 7 장 연구 개발 결과의 보안 등급

- 일반

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

- 해당사항 없음

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

- 연구과제의 기술적 위험요소는 연구결과물에 대한 보안이 있으며 이를 위해서 연구결과물이 유출되는 것을 방지하기 위해 타 기관 분석 의뢰 시 암호화 시켜 연구결과물의 보안을 유지함.
- 연세대는 실험실 전반에 걸친 안전사항 권고 및 교육을 위해 3개월에 한 번씩 워크샵 형태로 안전교육을 이수함.
- 연구조원의 안전을 확보하기 위해 실험 시 실험복과 보안경, 장갑의 착용을 의무화였으며, 유독 화합물 취급에 있어서 미리 MSDS를 활용하여 유독성에 대하여 사전에 숙지하였음.
- 기기 사용에 관련된 세미나를 정기적으로 수행하였으며, 세미나를 통해 기기 사용법 및 관리법을 교육하여 기기 사용상의 안전 사항을 숙지하였음.
- 연구실 내부의 쾌적한 환경이 안전과 직결되므로 항상 청결한 상태에서 연구하는 것을 최우선으로 교육하고, 연구실 단위에서 소방기기나 후드, 비상샤워 장치 등을 정기적으로 점검하여 위급 상황에 대처할 수 있도록 조치하였음.
- 참여연구원들의 안전교육 관련 교육훈련, 건강검진 및 보험 가입 등의 절차가 해마다 학기 초에 꾸준히 실시되고 있음.
- 참여연구원들의 안전관리를 위한 편의시설, 즉 구급약품, 안전관련 용품(장갑, 마스크, 안경 등), 소방용기 등이 각각의 실험실에 배치하였음.

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역 할	논문 게재지 /특허 등록국 가	Impact Factor	논문 게재일 /특허 등록 일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/ 인용횟수 등)
1	산업재산권 출원	수출입 대용 조리 용 신선편이 농산 물의 유통기한 연 장기술 개발	국립원 예특작 과학원	주저자	대한민국	-	2015.04	-	-
2	논문	Polymer Coated CaAl-Layered Double Hydroxide Nanomaterials for Potential Calcium Supplement	연세대	교신 저자	Internatio nal Journal of Molecular Sciences	3.257	2014.11.27	중복사사	SCI
3	논문	Dual nutraceutical nanohybrid of folic acid and calcium containing layered double hydroxides	연세대	교신 저자	Journal of Solid State Chemistry	2.265	2015.10.11	단독사사	SCI
4	논문	Physico-chemical changes of ZnO nanoparticles with different sizeand surface chemistry under physiological pH conditions	연세대	교신 저자	Colloids and Surfaces B: Biointerfa ces	3.902	2015.01.13	중복사사	SCI
5	논문	Composites of Quasi-Colloidal Layered Double Hydroxide Nanoparticles and Agarose Hydrogels for Chromate Removal	연세대	교신 저자	Nanomate rials	2.690	2016.01.21	중복사사	SCI

제 11 장 기타사항

- 주관과제책임자 및 제2세부과제책임자는 인사이동에 따라 당초 최애진에서 배영석으로 변경되었으며, 참여연구원은 제1세부과제, 제1협동과제, 제2협동과제에서 참여연구원의 인사이동, 졸업, 퇴사 등에 따라 각각 변경되었다.
- 또한 제2세부과제의 연구내용 중 2년차 ‘양파 수확후 처리, 원료 형태, 포장형태에 따른 선도유지 기술 개발’은 양파 저장 중 품질 개선을 위해 주목받고 있는 플라즈마 기술을 도입 연구하고, 신선편이 산업체의 문제해결 필요성을 제시한 양파의 윗부분 갈변 및 물러짐 문제를 해결하고자 신선편이 가공 시 살균세척 연구를 대체 수행하였다.

제 12 장 참고문헌

<제1세부과제>

- Chang MS, Park M, Kim JG, Kim GH. 2012. Effects of various packaging materials on the quality of heat treated Lotus roots during storage. *Korean Journal of Food Preservation* 19:807-812.
- Chung HS, Moon KD. 2011. Sprouting and quality control of fresh ginger rhizomes by modified atmosphere packaging with film perforation. *Food Science and Biotechnology* 20:621-627.
- Gilbert R, De Louvois J, Donovan T, Little C, Nye K, Ribeiro C, Richards J, Roberts D, Bolton F. 2000. Guidelines for the microbiological quality of some ready-to-eat foods sampled at the point of sale. PHLS Advisory Committee for Food and Dairy Products. *Communicable disease and public health/PHLS* 3:163-167.
- Hong JH, Gross KC. 1998. Surface sterilization of whole tomato fruit with sodium hypochlorite influences subsequent postharvest behavior of fresh-cut slices. *Postharvest Biology and Technology* 13:51-58.
- Hong SI, Lee HH, Son SM, Kim DM. 2004. Effect of hot water treatment on storage quality of minimally processed onion. *Korean Journal of Food Science and Technology* 36:239-245.
- Kim JG, Luo Y, Saftner RA, Gross KC. 2005. Delayed modified atmosphere packaging of fresh-cut romaine lettuce: effects on quality maintenance and shelf-life. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 130:116-123.
- Lee HR, Lee JH, Park CS, Ra KR, Ha JS, Cha MH, Kim SN, Choi YM, Hwang JB, Nam JS. 2014. Physicochemical properties and antioxidant capacities of different parts of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Journal of Korean Society Food Science and Nutrition* 43:1369-1379.
- Lopez-Galvez G, Peiser G, Nie X, Cantwell M. 1997. Quality changes in packaged salad products during storage. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung A* 205:64-72.
- Lopez-Galvez G, Saltveit M, Cantwell M. 1996. The visual quality of minimally processed lettuces stored in air or controlled atmosphere with emphasis on romaine and iceberg types. *Postharvest Biology and Technology* 8:179-190.
- Luo Y, McEvoy JL, Wachtel MR, Kim JG, Huang Y. 2004. Package atmosphere affects postharvest biology and quality of fresh-cut cilantro leaves. *HortScience* 39:567-570.
- O'connor Shaw R, Roberts R, Ford A, Nottingham S. 1994. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. *Journal of Food Science* 59:1202-1206.
- Saltveit ME. 2000. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. *Postharvest Biology and Technology* 21:61-69
- Sapers G, Miller R. 1992. Enzymatic browning control in potato with ascorbic

- acid 2 phosphates. *Journal of Food Science* 57:1132–1135.
- Sato M, Ramarathnam N, Suzuki Y, Ohkubo T, Takeuchi M, Ochi H. 1996. Varietal differences in the phenolic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44:37–41.
- Smyth AB, Talasila PC, Cameron AC. 1999. An ethanol biosensor can detect low-oxygen injury in modified atmosphere packages of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology* 15:127–134.
- Tsouvaltzis P, Deltsidis A, Brecht JK. 2011. Hot water treatment and pre-processing storage reduce browning development in fresh-cut potato slices. *HortScience* 46:1282–1286.
- Watada AE, Ko NP, Minott DA. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology* 9:115–125.

<제2세부과제>

- Alzamora, S.M, Tapia, M.S, Lopez-Malo, A. 2000. Minimally processed fruits and vegetables: fundamental aspects and applications. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, MD, USA, p 1–62
- Bae, Y.-M, Hong Y.-J, Kang, D.-H, Heu, S, Lee, S.-Y. 2011. Microbial and Pathogenic Contamination of Ready-to-eat Fresh Vegetables in Korea. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 43(2) : 161–168
- Berno N.D, Tezotto-Uliana J.V, Santos Dias C.T, Kluge R.A. 2014. Storage temperature and type of cut affect the biochemical and physiological characteristics of fresh-cut purple onions. *Postharvest Biol. and Technol.* 93 : 91–96
- Bolin H.R, and Huxsoll C.C. 1991. Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. *J. Food Sci.* 56 : 416–418.
- Cho S.K, Kwon H.S, and Park J.H. 2010. Microbe and quality changes of ready-to-eat lettuce during storage at different temperatures. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 39 : 1867–1872.
- Choi I.L, Yoo T.J, Jung H.J, Kim I.S, Kang H.M, and Lee Y.B. 2011. Effects of active modified atmosphere packaging on the storability of fresh-cut paprika. *J. of bio-Environ. Control.* 20 : 227–232
- Das BK, Kim JG. 2010. Microbial quality and safety of fresh-cut broccoli with different sanitizers and contact times. *J. Microbiol. Biotechnol.* 20 : 363–369
- Denoya G.I, Vaudagna S.R, Polenta G. 2015. Effect of high pressure processing and vacuum packing on the preservation of fresh-cut peaches. *LWT-Food Sci. and Technol.* 62 : 801–806
- Garg N, Churey J.J, and Splittstoesser D.F. 1990. Effect of processing conditions on the microflora of fresh-cut vegetables. *J. Food Protect.* 53 : 701–703.
- Hong S.I, Jo M.N, Kim D.M. 2000. Quality attributes of fresh-cut green onion as affected

- by rinsing and packaging. Korean J. Food Sci. Technol. 32 : 659-667
- Jo, M.J, Jeong, A.R, Kim, H.J, Lee, N, Oh, S.-W, Kim, Y.-J, Chun, H.S, and Koo, M. 2011. Microbiological quality of fresh-cut produce and organic vegetables. Kor. J. Food Sci. Technol. 43 : 91-97
- Kim D.M. 1999. Extension of freshness of minimally processed fruits and vegetables. Korean J. Hort. Sci. Technol. 17 : 790-795
- Kim E.M, Kim N.Y, An D.S, Shin Y.J and Lee D.S. 2011. Modified atmosphere packaging of fresh-cut onion. Kor. J. Packaging Sci. Technol. 17 : 39-42
- Kim J.G, Choi J.W, Cho M.A. 2014. Quality changes of fresh-cut winter squash treated with different postharvest ripening periods and packaging methods. Korean J. Food Preserv. 21 : 17-24
- Kim J.G, Luo Y, Lim C.I. 2007. Effect of ozonated water and chlorine water wash on the quality and microbial de-contamination of fresh-cut carrot shreds. Korean J. Food Preserv. 14 : 54-60
- Kim K.M. 2008. Color changes in fresh-cut fruit and vegetables and its pretreatment processing. J. Kor. Soc. Packaging Sci. Technol. 14 : 23-29
- Kim S.J, Sun S.H, Kim G.C, Kim H.R, Yoon K.S. 2011. Quality changes of fresh-cut leafy and condiment vegetables during refrigerated storage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40 : 1141-1149
- Lamikanra, O. 2002. Fresh-cut fruits and vegetables : science, technology and markets. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, p 1-43
- Lee, H.-O, Kim, J.-Y., Yoon, D.-H., Cha, H.-S, Kim, G.-H, and Kim, B.-S. 2009. Microbial contamination in a fresh-cut onion processing facility. Kor. J. Food Preserv. 16(4) : 567-572
- Lee K.H, Kim D.H. 2009. A study on the shelf-life extension of fresh-cut onion (*Allium cepa* L.). J. Food Hyg. Safety. 24 : 324-331
- Lee K.H, Lim H.K. 2008. A study on the shelf-life extension of minimally processed carrot. J. Food Hyg. Safety. 23 : 300-337
- Lund, D.B. 1989. Food processing from art to engineering. Food Technol 43 : 242-247
- Manzano M, Citterrio B, Maifreni M, Paganessi M, and Comi G. 1995. Microbial and sensory quality of vegetables for soup packaged in different atmospheres. J. Sci. Food Agric. 67 : 521-529.
- Mattila M, Ahnainen R, Hurme E, and Hyvonen L. 1995. Respiration rates of some minimally processed vegetables. p. 135-145. In: J. De Baerdemaeker et al. (eds). Proceedings of Workshop on Systems and Operations for Post-harvest Quality COST 94 Post-harvest Treatment of Fruit and Vegetables. Commission of the European Community, Brussels, Belgium.
- Pérez-Gregorio MR, García-Falcón MS, Simal-Gándara J (2011) Flavonoids changes in fresh-cut onions during storage in different packing systems. Food Chemistry, 124, 652-658

- Powrie W.D. and Skura B.J. 1991. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. p. 169–245. In: B. Ooraikul and M.E. Stiles. (eds.). *Modified Atmosphere Packaging of Food*. Ellis Horwood, New York, USA.
- Sun S.H, Kim S.J, Kim G.C, Kim H.R, Yoon K.S. 2011. Changes in quality characteristics of fresh-cut produce during refrigerated storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43 : 495–503
- Torriani S, and Massa S. 1994. Bacteriological survey on ready-to-use sliced carrots. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 27 : 487–490.
- Varoquaux, P. and R. Wiley. 1994. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. p. 226–268. In: R.C. Wiley (ed.). *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*. Chapman & Hall, New York, USA.
- Wiley R.C. 1994. *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*. Chapman & Hall, New York, USA

<제1협동과제>

- Ali S. M., Khan A. A., Ahmed I., Musaddiq M., Ahmed K. S., Polasa H., Rao L. V., Habibullah C. M., Sechi L. A., Ahmed N., 2005 Antimicrobial activities of Eugenol and Cinnamaldehyde against the human gastric pathogen Helicobacter pylori. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials* 4: 20–20.
- Azeredo H. M. C. d., 2009 Nanocomposites for food packaging applications. *Food Research International* 42: 1240–1253.
- Choy J.-H., Jung J.-S., Oh J.-M., Park M., Jeong J., Kang Y.-K., Han O.-J., 2004 Layered double hydroxide as an efficient drug reservoir for folate derivatives. *Biomaterials* 25: 3059–3064.
- Chung Y.-S., Lee K.-K., Kim J.-W., 1998 Durable Press and Antimicrobial Finishing of Cotton Fabrics with a Citric Acid and Chitosan Treatment. *Textile Research Journal* 68: 772–775.
- De Vuyst L., Vandamme E. J., in *Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria: Microbiology, Genetics and Applications*, eds. L. De Vuyst and E. J. Vandamme, Springer US, Boston, MA, 1994, DOI: 10.1007/978-1-4615-2668-1_3, pp. 91–142.
- Etique M., Jorand F. P. A., Zegeye A., Grégoire B., Despas C., Ruby C., 2014 Abiotic Process for Fe(II) Oxidation and Green Rust Mineralization Driven by a Heterotrophic Nitrate Reducing Bacteria (*Klebsiella mobilis*). *Environmental Science & Technology* 48: 3742–3751.
- Géhin A., Ruby C., Abdelmoula M., Benali O., Ghanbaja J., Refait P., Génin J.-M. R., 2002 Synthesis of Fe(II–III) hydroxysulphate green rust by coprecipitation. *Solid State Sciences* 4: 61–66.
- Hsiao J. K., 2006. Making of paper product which surface layer possesses bactericidal action. US 20060196623 A1

- Kang H., Kim H.-J., Yang J.-H., Kim T.-H., Choi G., Paek S.-M., Choi A.-J., Choy J.-H., Oh J.-M., 2015 Intracrystalline structure and release pattern of ferulic acid intercalated into layered double hydroxide through various synthesis routes. *Applied Clay Science* 112 - 113: 32-39.
- Khalaj M.-J., Ahmadi H., Lesankhosh R., Khalaj G., 2016 Study of physical and mechanical properties of polypropylene nanocomposites for food packaging application: Nano-clay modified with iron nanoparticles. *Trends in Food Science & Technology* 51: 41-48.
- Park M., Lee C.-I., Seo Y. J., Woo S. R., Shin D., Choi J., 2010 Hybridization of the natural antibiotic, cinnamic acid, with layered double hydroxides (LDH) as green pesticide. *Environmental Science and Pollution Research* 17: 203-209.
- Ramanavičius A., Ramanavičienė A., Malinauskas A., 2006 Electrochemical sensors based on conducting polymer-polypyrrole. *Electrochimica Acta* 51: 6025-6037.
- Ryu S.-J., Jung H., Oh J.-M., Lee J.-K., Choy J.-H., 2010 Layered double hydroxide as novel antibacterial drug delivery system. *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 71: 685-688.
- Sanla-Ead N., Jangchud A., Chonhencob V., Suppakul P., 2012 Antimicrobial Activity of Cinnamaldehyde and Eugenol and Their Activity after Incorporation into Cellulose-based Packaging Films. *Packaging Technology and Science* 25: 7-17.
- Sardabi F., Mohtadinia J., Shavakhi F., Jafari A. A., 2014 The Effects of 1-Methylcyclopropan (1-MCP) and Potassium Permanganate Coated Zeolite Nanoparticles on Shelf life Extension and Quality Loss of Golden Delicious Apples. *Journal of Food Processing and Preservation* 38: 2176-2182.
- Silvestre C., Duraccio D., Marra A., Strongone V., Cimmino S., 2016 Development of Antibacterial Composite Films Based on Isotactic Polypropylene and Coated ZnO Particles for Active Food Packaging. *Catings* 6: 4.
- Sova M., 2012 Antioxidant and Antimicrobial Activities of Cinnamic Acid Derivatives. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry* 12: 749-767.

<제2협동과제>

- Kim S.J. 2011. Microbiological hazard analysis and quality characteristic of fresh-cut produce during refrigeration storage. Kyung hee university.
- Kim S.J., Sun S.H., Min K.J., Yoon K.S. 2011. Microbiological hazard analysis and verification of critical control point in a fresh-cut produce processing plant. *J. East Asian Soc. dietary life.* 21(3) : 392-400

주 의

1. 이 보고서는 농촌진흥청에서 시행한 「FTA대응경쟁력향상기술개발사업」의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농촌진흥청에서 시행한 「FTA대응경쟁력향상기술개발사업」의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.