

신선편이 농산물의 살균/세척기술

박기재, 구민선, 정문철
한국식품연구원

안전한 식품이란 ‘의도하는 용도에 따라 조리 또는 섭취하는 경우에 사람에게 위해를 일으키지 않은 식품’으로 정의할 수 있다. 일반적으로 가열살균을 거치는 가공식품과 달리 신선편이 농산물은 관능적인 품질 특성이 제품의 품질수명을 결정하게 된다. 미생물학적 품질은 병원성 미생물의 오염도, 자연적으로 상재하는 미생물군총, 오염 미생물의 3가지로 구분하여 고려할 수 있으며 대부분 관능적 품질수명을 경과한 후 영향을 미치게 된다.

일반적으로 신선 채소류에는 대략 10^4 - 10^6 cfu/g의 총균수, 10^3 cfu/g의 품질 열화와 관계하는 미생물, 그리고 10^1 - 10^3 cfu/g의 부패균이 존재하는 것으로 알려져 있으며, 상업적으로 판매되는 다양한 채소 샐러드 제품에서 저온성 세균 및 중온성 총세균수가 최대 약 10^8 cfu/g을 상회하는 오염도를 나타내기도 한다. 국내 신선편이 식품 가공공장에서 가장 보편적으로 사용되고 있는 살균공정은 원료입고후 저온 저장고에 보관한 후 수작업 트리밍을 실시하고 스프레이 방식 등으로 전세척을 하고 주로 염소계 살균소독제를 이용한 살균 소독을 실시하고 육안 선별, 음용수 세척, 탈수, 계량, 포장하여 출고한다.

과일이나 채소와 같은 농산물은 재배시 환경에서 유래하는 다종다양한 미생물과 농약, 기생충의 알 등과 같은 이물질이 표면에 부착되어 있으므로 위생 안전을 위해 이를 제거할 수 있는 세척 및 살균

공정이 필연적으로 요구된다. 그러나 단순한 침지나 유수 세척만으로는 이를 효과적으로 제거하기가 어려워 물리적인 힘을 부가하는 세척방식(공기방울, 와류, 초음파 등의 물리적 방법)이 널리 사용되고 있으나 이 역시 미세한 구조를 띄는 농산물에는 충분한 세척력을 부가하지는 못한다.

본 고에서는 신선편이 농산물의 수처리를 기반으로 하는 세척·살균 공정을 중심으로 미생물 저감과 관련하여 보편적으로 사용되고 있는 차아염소산수 특히, 미산성 차아염소산수의 특성과 세척력 향상을 위한 마이크로-나노버블 기술의 세척시스템에의 활용 가능성, 화학적 살균소독제를 대체할 수 있는 복합적인 처리 방법을 중심으로 기술적 활용 가능성을 고찰해 보고자 한다.

비가열 살균

식품산업에 사용되고 있는 식품 보존방법의 일차적인 목표는 식품의 안전성과 제품의 품질과 관련된 미생물을 제거하고 관리하기 위한 것이다. 지난 수십년간 식품산업의 이러한 관점은 전통적인 가열 기술의 단점을 최소화할 수 있는 새로운 비가열 기술(nonthermal technology)로 변화하였다. 이는 안전하고 영양성분이 보존된 식품에 대한 소비자의 요구, 공정 및 에너지 효율성 향상, 화학적 보존제 사용을 최소화하는 법적 요구사항의 증가에 기인한

것이다. 식품산업 전반에 걸쳐, 고압(high pressure processing; HPP), pulsed ultraviolet (UV) light, dense phase carbon dioxide, pulsed electric field, power ultrasound, cold atmospheric plasma 및 오존 등이 주목을 받아왔다. 이러한 기술들은 식품 안전성, 품질 수명, 영양학적·관능적 특성 등에 많은 장점을 부여할 수 있지만 맛과 영양학적 품질에 미치는 영향이 최종 제품의 품질을 고려할 때 이득이 크지 않고 기존 설비 교체에 따른 경제성 확보와 법적 허가 등의 문제로 시장진입이 용이하지 않은 현실이다. 그러나 최근 European Commission's Seventh Framework Programme (FP7)에 의해 이루어진 SAFE-BAG 프로젝트는 in-pack atmospheric cold plasma (ACP)를 이용한 dry sterilization을 적용하여 연속공정으로 저감화를 실용화 측면에서 접근했다는 점에서 눈여겨볼 필요가 있다. 특히 MAP를 이용하여 유통과정에서의 증식을 억제시켜 공급사슬 전반에서 일관된 오염 및 미생물 증식을 억제할 수 있는 시스템화 기술을 적용했다는 점도 고려해 볼 필요성이 있다.

차아염소산수(전기분해수)

염소계 살균소독제는 식품가공공정에서 저렴하고 효과적이며 잔류 살균효과로 인해 광범위하게 사용되고 있다. 염소란 통상적으로 Cl₂, OCl과 HOCl을 포함하며 이중 HOCl이 가장 높은 살균력을 나타낸다. 염소계 살균은 과채류의 병원성 미생물에 대해 가변적인 효과를 나타내지만 미생물학적으로 안전하지 못한 세척수를 사용함으로써 유발되는 오염을 방지하는데 유용한 수단이다. 과채류의 미생물 저감화 효과에 대한 다양한 살균제의 효과가 검토되었지만 완벽하게 병원성 미생물을 제거할 수는 없다. 일반적으로 신선 채소류의 가공공정에서는 50-200 ppm의 차아염소산나트륨을 보편적으로 사용한다. 하지만 낮은 농도에서는 저감효과가 크지 않고 고농도에서는 제품을 오염시키기도 하며 고농도로 사용하고 행굼을 하지 않은 경우 일정 시간동안 제품에 잔류하기도 한다. 일반적으로 염소의 미생물에 대한 불활성화 효율은 온도, pH 접촉 시간, 접촉효율, 간섭물질, 유효염소의 농도 등에 따

표 1. 주요 비가열기술의 개념화 시기 및 상업화 현황

기 술	개 념	상업화
MOIST HEAT	1800	Yes
ETHYLENE OXIDE	1900	Yes
GAMMA	1900	Yes
CHLORINE DIOXIDE	1900	Yes
ELEFCTROLYZED WATER	1940	Yes
MICROWAVE AND RADIO FREQUENCY HEATING	1960	Yes
HIGH VOLTAGE ARC DISCHARGE	1920	Yes
PULSED LIGHT	1980	Yes
HPP	1890	Yes
UV	1880	Yes
LOW ENERGY E-BEAM	1980	Yes
NON-THERMAL PLASMA	1960	No (Partially Yes)
BACTERIOPHAGE	1960	No (Partially Yes)
OHMIC &INDUCTIVE HEATING	1980	No (Partially Yes)
OSCILLATING MAGNETIC FIELDS (OMF)	1930	No
ULTRASOUND	1930	No
PULSED X-RAYS	1980	No
PEF	1980	No (Partially Yes)

라 달라진다. 염소는 낮은 pH, 낮은 탁도 및 간섭물질이 없을 때 가장 높은 효과를 나타낸다.

기계적인 장치를 통해 생성시키는 차아염소산수는 일본에서 소규모 장치화를 통해 상용화된 기술로 국내에는 1990년대 중반 식품산업에 활용 가능한 강산성 차아염소산수 발생장치를 국산화하여 소개되면서 식품의 안전성 강화를 위한 관리체계의 확산에 따라 농산물 전처리산업, 식자재 산업, 신선농수산물 가공산업, 육가공산업, 학교급식 등의 분

야로 급속히 보급되었다. 보급 초기의 고농도 강산성차아염소산수(강산성 전기분해수)는 관련 규정이 미비하여 최대 200-300 ppm의 고농도로 사용되기도 하였다. 식품의약품안전처에서는 2007년 고시 2007-74호에 의거 식품첨가물로 인가하여 식품 및 기구·용기 살균소독제로 사용할 수 있도록 하였다. 식품위생법상의 식품첨가물로 허용된 차아염소산류는 다음 표 2와 같다.

기계적으로 생성시키는 차아염소산수는 대부분 식염이나 염산과 같은 원료물질을 전해조에서 전기분해하고 생성된 고농도 염소용액을 원수로 수백수 천배 희석하여 목적하는 농도로 제조한다. 미산성 차아염소산수도 기본적으로는 2~6%의 염산용액을 무격막전해조에 투입·전해하여 원수로 1,000-3,000배 희석시켜 차아염소산(HOCl)이 10-30 ppm 함유되고 pH가 5.0-6.5인 수용액으로 생성시킨다. 그러나 유효염소농도를 30 ppm 이상으로 발생시키는 것은 전기화학적으로 매우 어렵고 생성효율이 급격히 감소한다. 즉, 염산 투입량과 전극의 인가

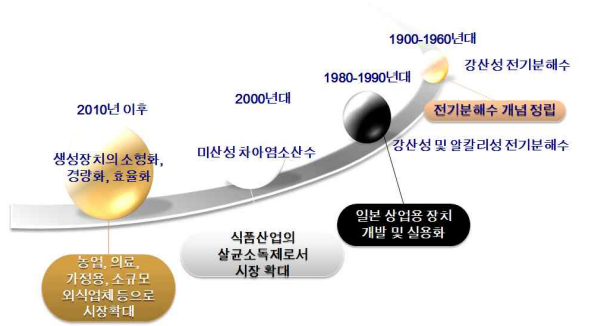


그림 1. 차아염소산수 생성기술의 발전단계

표 2. 식품첨가물공전상의 분류

첨가물명	차아염소산나트륨		차아염소산수	
	Sodium hypochlorite	강산성 차아염소산수	약산성 차아염소산수	미산성차아염소산수
정의	- 유효성분으로 차아염소산나트륨을 함유하는 것을 말하며, 식염수를 전기분해의 방법으로 얻어지는 것도 포함	- 0.2%이하의 염화나트륨 수용액을 격막으로 분리된 양극 및 음극에 의해 구성된 유격막전해조내에서 전해해서 양극 측으로부터 얻어지는 수용액	- 적절한 농도의 염화나트륨 수용액을 격막으로 분리된 양극 및 음극에 의해 구성된 유격막전해조내에서 전해해서 양극 측으로부터 얻어지는 수용액 또는 양극에서 얻어지는 수용액에 음극에서 얻어지는 수용액을 가한 것	- 염산 또는 염산에 염화나트륨 수용액을 첨가하여 적절한 농도로 조정한 수용액을 무격막전해조내에서 전해해서 얻어지는 수용액
	- 유효염소 4.0% 이상 (식염수를 전기분해의 방법으로 얻어지는 것은 100 ppm 이상)	- 유효염소 20-60ppm - pH 2.7 이하	- 유효염소 10-60ppm - pH 2.7-5.0	- 유효염소 10-80ppm - pH 5.0-6.5
사용기준	과실류, 채소류 등 식품의 살균목적 이외에 사용하여서는 아니 되며, 최종식품의 완성 전에 제거하여야 한다			

전력을 상승시키면 소기의 목적을 달성할 수 있으나 차아염소산의 농도를 높이면 동일 mol수의 염산이 생성되기 때문에 pH가 과도하게 낮아지게 된다. 이러한 문제는 염산에 NaCl을 첨가하거나 경도성분을 첨가한 혼합액을 전해질로 하여 생성시키는 방법으로 극복할 수 있으며 이러한 발생방식은 10-20 ton/hr의 대용량의 생성이 가능한 생성장치의 제작을 가능하게 하였다.

미국에서는 강전해수 생성장치가 주류를 이루고 있고 유가공(유가공)업체, 우유 농가(펜실바니아 만 10,000개 농가)의 milking parlour, 음료생산업체의 CIP(Cleaning in place), 도계업체에서 많이 사용되고 있다. 주요 생산업체로는 EAU Technologies Inc., MIOX, Terris consolidated Industries, Amano USA, Hoshizaki USA 등이 있다. 유럽은 미국과 동일한 경향이며 덴마크, 벨기에, 프랑스, 독일 등에서 전해차아염소산수의 업계이용이 점증되고 있다. 생산업체로는 덴마크의 Danish water clean, 프랑스의 CERAM HYD, 에스토니아의 Envirollyte Industries International Ltd. 등이 있다. 전해차아염소산수의 주요 용도로는 유가공(乳加工), 도계 도축, 식품 및 음료 CIP, 농작물제배, 가축사양, 채유, 정수 및 폐수 처리, 선박평형수 처리, 수산양식, 치 의료, 냉각탑 순환수소독, 수영장 소독 등이 있다.

기존의 미산성 차아염소산수는 유효염소 농도가 30 ppm으로 규정되어 있었으나 30 ppm으로는 저항성이 큰 *Bacillus*속, *Clostridium*속군의 아포, 곰팡이 등에 대해서는 살균 유효성을 확보하기 어려웠으며, 일본 식품분석센터의 시험에 의하면 고초균의 경우 초기농도 2.8×10^7 CFU/mL의 아포현탁액 1 mL를 9 mL의 미산성차아염소산수(pH 5.5, 유효염소농도 30 ppm, 수용액온도 20°C)에 첨가하여 3분간 처리 후 생존균수를 조사한 결과 5.0×10^6 CFU/mL로서 잔존율이 19.8%였고 10분간 처리 후에도 2×10^2 CFU/mL이 잔존하였다.

일본 식품안전위원회 전해차아염소산수 성분규

격 개정에 관한 첨가물 부회(部會)의 보고서에 의하면 이와 같은 살균효과를 나타내려면 적어도 50 ppm 이상의 차아염소산을 함유하여야 한다고 하였으며 이를 반영, 2012년 후생노동성 고시에 의거 미산성차아염소산수의 유효염소농도를 80 ppm까지 상향 조정하였고, pH 2.7이상 5.0 미만, 유효염소농도 10-60 ppm의 약산성차아염소산수(Weak acidic hypochlorous acid water)를 신규 살균제로 인가하였다. 미국 FDA에서는 열·과채류의 살균소독에 있어 차아염소산수의 유효염소농도를 40 ppm 이상의 것을 사용할 것을 권장하고 있고 FSIS에서는 도계육의 냉각수(chilling water) 유효염소농도를 50 ppm으로 하여 사용할 것을 제시하고 있다.

차아염소산수 생성장치는 기기적인 특성상 피전해수에 함유된 경도성분(hardness)이 제거되지 않으면 격막과 음극판에 마그네슘과 칼슘의 수산화물이 스케일로 석출 퇴적하여 전해효율이 낮아지고 생성수의 관로가 막히는 등의 문제점으로 전반적인 차아염소산수의 살균 유효성이 감소하게 되므로 사용시 pH와 유효염소 자체를 주기적으로 모니터링하고 기기적인 성능 유지를 위해 적절한 관리가 필요하

미생물 저감효과

신선편이 농산물의 미생물 저감을 위해 사용되는 차아염소산수는 높은 산화력을 기반으로 한 살균력에도 불구하고 실제 현장에서의 1-2 log cycle/g의 미생물 저감효과를 얻기 어렵다. 이는 살균소독력이 농도와 시간(CT)에 의해 결정되나 이는 살균소독제와 미생물의 완전한 접촉을 전제로 한다. 그러나 신선 농산물의 세척·살균에 있어서는 실제적인 접촉에 한계가 있을 것으로 추측하고 있다. 식물체의 물리·화학적 특성 자체에서 기인하는 물과의 접촉 한계성, air-pocket 등의 형성, 바이오필름, 그리고 공정속도 및 품질손상 최소화를 위한 처리시간의 제한성 등이 있다. 하지만 실제 공정에서의 감균의

대부분은 침지이후 약 3분 이내에 대부분 이루어지는 것으로 알려져 있고 실제로 pilot plant 규모의 세척설비를 사용한 경우 강산성, 약산성, 미산성, 약알칼리성 차아염소산수의 상추에 대한 살균효과는 품질손상을 감안하지 않고 10분 3회 연속 침지살균한 경우 초기 오염도 10^4 - 10^6 cfu/g에서 3 log cycle/g 이하로의 감소가 나타나지 않았다(농기평 보고서 발간번호 11-1543000-000759-01, 신선 농산물의 노로바이러스 및 식중독균 저감화 기술개발, 2014).

HClO를 비롯한 대부분의 염소는 미생물의 불활성화에 있어 선택성이 없고 세척공정에서 cleaning water를 대체하여 표면 오염 미생물을 물리적으로 가능한 범위내에서 불활성화하여 최소화하는데 목적이 있다. 특히 실제 산업현장에서 활용하기 위해서는 적합한 세척공정의 설계가 필요하다. 이 공정을 설계하는 데에는 여러 요소가 고려되어야 하지만 가장 중요한 요소는 대상 과실이나 채소류의 품질손상을 일으키지 않는 범위내의 농도와 시간이다.

자연계에 존재하는 미생물은 표면에 대한 자연적인 친화력을 가지고 있고 부착시에는 세포들을 세척만으로 쉽게 제거할 수 있지만 부착 후 생장이 지속되면 비가역적으로 흡착되어 세균막과 세포외 물질(extracellular products)을 형성하게 된다. 이러한 층을 바이오필름이라 하며 바이오필름이 형성하게 되면 표면으로부터의 제거가 매우 어렵다. 바이오필름은 미생물이 생물학적 또는 비생물학적 표면에 부착하여 자리면서 형성한 3차원적 구조를 의미하며, 통상적으로 미생물과 미생물이 분비한 extracellular polymeric substance(EPS), 외부에서 부착된 물질들을 통칭한다. 최근의 연구에서는 지구상에 존재하는 99%의 미생물들은 표면에서 바이오필름을 형성한 상태로 존재하며, 단지 1%의 미생물만이 부유상태(suspension)로 존재하고 있다는 견해도 있다. 특히 신선편이 농산물과 관련해서는 *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Bacillus cereus* 등의 주요 식중독균들은 특정

조건에서 바이오필름을 형성할 수 있으며, 이 균들은 바이오필름을 형성한 후 산화살균제(NaOCl, ClO₂, Peracetic acids 등) 및 다양한 환경 스트레스에 노출되었을 때 1,000-10,000배 이상의 저항성 증가가 나타난다는 보고도 있다. 더불어 바이오필름은 신선편이 농산물의 전처리공정에서 시설이나 설비 등 농산물이 접촉하는 표면에도 형성되며 이 경우 지속적으로 오염을 유발시킬 수 있기 때문에 효과적인 억제 방안이 필요한 실정이며 표면처리 방법으로 고압세척, 초음파, 스팀, 효소처리, 천연항균물질 등의 방법이 연구되고 있지만 과일이나 채소와 같은 농산물의 전처리에 실용적으로 활용할 수 있는 처리기술과 접촉 효율을 향상시킬 수 있는 기술개발이 필요하다.

마이크로-나노버블

마이크로버블은 일본을 중심으로 환경정화, 수산양식, 전자산업, 미용 등의 분야에서 활용 연구가 진행되어온 기술이며 농식품 및 농산물의 세척과 미생물저감에 대한 부분적인 연구가 진행되어 온 기술이다. 국내에서도 Cha et al.(2009)은 마이크로수준의 버블로 상추를 대상으로 5분간 처리로 약 1 log cycle/g의 미생물 저감효과가 있지만 일반 버블과는 유의적인 차이가 없고 잔류농약의 경우에는 2-3배의 제거효과가 있었다고 하였다.

일반적으로는 마이크로버블(microbubbles, MBs)과 나노버블(nanobubbles, NBs)은 직경 10 - 50 μm와 <200 nm 이하의 버블을 의미한다. 마이크로버블-나노버블의 생성방법은 화학적인 방법과 유체역학적인 방법으로 크게 구분되며 와류중에 기체를 투입하여 미세기포로 분산하는 현상을 이용하는 방법이다. 이는 크게 가압식, 선회식, 가압선회식 등의 방법으로 생성한다. 일반 버블과 마이크로 크기의 버블은 수중에서 상승하면서 표면에서 파열되어 소멸되지만 마이크로 이하 크기의 버블은 수중에서 소멸하는 것으로 알려져 있다. 특히 산소 대신 다른

기체를 투입할 수 있으므로 이를 응용한 오존 투입 마이크로버블은 보다 강력한 산화력을 얻게 된다. 또한 free radical 생성이 가능하므로 살균, 탈취, 난분해성 화학물질의 분해 등에 활용하고자 하는 연구가 진행중이다.

신선편이 농산물의 세척과 미생물 저감을 위해 제작한 pilot scale의 복합세척살균장치(그림 2)의 나노-마이크로 버블(NMB)은 버블의 직경이 10-50 μm 의 범위(평균 30 μm)이며 기포의 밀도가 1000~3000 개/mL 존재하고 이들 기포의 표면은 마이너스(-)로 대전되는 것으로 추정하고 있다(한국식품연구원, 유기농 신선 농식품의 수확후 생물학적 안전성 확보를 위한 관리시스템 개발, 수행중). 깻잎을 결속단위로 처리한 결과 1 log cycle/g의 저감효과가 확인되었으며 45°C의 증온수(heat shock)를 사용한 결과 약 1.5 log cycle/g의 저감효과가 나타나 차아염소산수와 유사한 수준의 저감효과를 얻을 수 있는 것으로 판단되었다. 반면 저장기간 중 조직손상은 마이크로버블 및 증온수 처리가 무처리 대비 약 10% 이상의 전기전도도 차이를 나타내었다(그림 3).

살균소독수(제)/미생물 저감 방법에 따라 조직손상도를 측정한 결과 아래의 표 3에서와 같이 비세척의 2.87 ± 0.7 ds/m에 비해 산화력이 상대적으로 높은 50 ppm의 이산화염소는 6.8 ± 1.2 ds/m, 30 ppm의 미산성 차아염소산수와 차아염소산수는 각각 4.4 ± 0.4 ds/m, 4.1 ds/m을 나타낸 반면 미생물 저감효과가 이보다 높은 마이크로버블과 45°C 열처리 병용이 3.6 ± 0.9 ds/m로 상대적으로 낮게 나타났다. 이러한 전기전도도의 증가는 비타민 채소의 품질손상이 상대적으로 높았다는 것을 나타내며 이는 품질수명을 단축시킬 가능성이 있음을 나타낸다.

신선편이 가공공정의 개선방안

농산물의 품질은 재배환경, 재배시기, 수확시기, 기후 환경 등에 따른 환경적 요인과 품종 및 품목에 따른 생리작용(호흡, 수분증산, 에틸렌 발생, 성숙도, 장애 등), 저장온도, 저장습도, 유통관리기술, 품질관리기술(선별, 예냉, 전처리, 포장, 저장, 수송 기술 등)과 유통환경(온도, 상대습도, 가스조성, 에틸렌 조성, 빛, 진동, 충격 등) 등의 다양한 요인에 의



그림 2. 마이크로버블 및 열처리 복합처리 시스템(pilot scale)

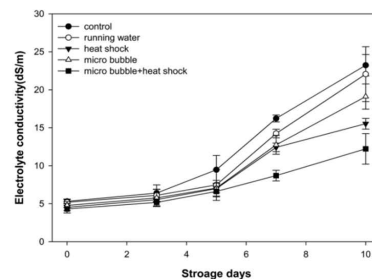
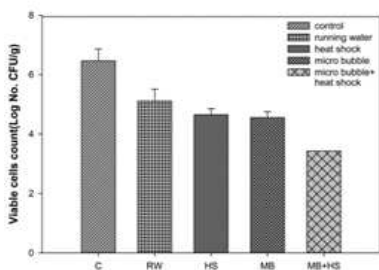


그림 3. 마이크로버블 및 열처리 복합처리 시스템의 미생물 저감효과 및 저장중 전기전도도 변화

표 3. 미생물 저감조건에 따른 비타민 채소의 미생물 저감효과 및 전기전도도의 변화

종 류	처리시간	처리조건	전기전도도 (ds/m)	일반세균 (cfu/g)	곰팡이 (cfu/g)
비세척	-	-	2.8±0.7	1.6×10 ⁶	5.3×10 ²
전해산화수	2분/500g	30 ppm	4.4±0.4	2.4×10 ⁵	3.3×10 ¹
이산화염소		50 ppm	6.8±1.2	9.7×10 ³	1.1×10 ²
차아염소산나트륨수		200 ppm	4.1±0.3	6.2×10 ⁵	1.2×10 ²
MB+ HS		45℃	3.6±0.9	9.5×10 ⁴	1.0×10 ²

자료 : 한국식품연구원, 유기농 신선 농식품의 수확후 생물학적 안전성 확보를 위한 관리시스템 개발, (수행중)

해 결정된다.

현재의 신선편이 가공공정과 품질관리 개념하에서는 미생물학적 안전성을 확보하기 위해 세척과 살균공정에서 충분한 수준의 미생물 저감이 이루어져야 한다. 그러나 산화를 기반으로 하는 화학적 살균소독제와 물리적 손상 가능성이 높은 시스템을 이용하는 미생물 저감공정은 물리, 화학적 품질 손상과 생리적 스트레스를 유발, 유통과정에서 품질저하가 심화될 가능성이 높다. 또한 유통과정에서는 대부분의 미생물 생육제어를 온도에 의존하여야 하지만 부적절한 온도관리 및 품질저하에 따른 유통과정 중의 증균이 가속화될 가능성이 상존해 있다. 신선편이 농산물은 다른 식품재료와는 달리 수확 후에도 계속 생리 활동이 지속되는 특징을 가지고 있기 때문에 고품질의 제품을 공급하기 위해서는 적기에 수확하는 것부터 시작하여 수확 후 제품화되기 전까지 원료의 품질저하를 최소화하기 위한 관리기술이 요구되고 저장, 전처리, 포장, 유통 등 전 공정에서 품질손상을 억제할 수 있는 체계적 품질관리가 필요하다. 또한 제조공정상에서 발생하는 미생물 증식과 교차오염 그리고 유통과정 중의 미생물 증식을 효과적으로 억제시킬 수 있는 기술의 개발과 도입이 필요하다.



참고문헌

1. Agarwal A, Ng WJ, Liu Y (2001) Principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment, Chemosphere, 84, 1175-1180
2. Beuchat LR (1998) Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: a review. Food Safety Issues, Food Safety Unit, World Health Organization, Geneva, WHO/FSF/FOS/98.2.
3. Beuchat LR (2002) Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. Microbes and Infection, 4, 413-423
4. Faille C, Fontaine F, Benezech T (2001) Potential occurrence of adhering living Bacillus spores in

- milk product processing lines. Journal of Applied Microbiol, 90(6), 892-900
5. Hood SK, Zottola EA (1995) Biofilms in food-processing. Food Control, 6(1), 9 - 18
 6. Hricova D, Stephan R, Zweifel (2008) Electrolyzed water and its application in the food industry. J. Food Prot, 71(9), 1934-1947
 7. Huang YR, Hung YC, Hsu SY, Huang YW, Hwang DF (2008) Application of electrolyzed water in food industry. Food Control, 19, 329-345
 8. Issa-Zacharia A, Kamitani Y, Morita K, Iwasaki K (2010) Sanitization potency of slightly acidic electrolyzed water against pure cultures of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, in comparison with that of other food sanitizers. Food Control, 21, 740-745
 9. Jefferson KK (2004) What drives bacteria to produce a biofilm? Fems Microbiology Letters, 236(2), 163-173
 10. Koide S, Takeda J, Shi J, Shono H, Atungulu GG (2009) Disinfection efficacy of slightly acidic electrolyzed water on fresh cut cabbage. Food Control, 20, 294-297
 11. Lee SA, Youn AR, Kwon KH, Kim BS, Cha HS (2009) Washing Effect of Micro-Bubbles and Changes in Quality of Lettuce(*Lactuca sativa* L.) during Storage. Korean J. Food Preserv, 16(3), 321-326
 12. Len SV, Hung YC, Erickson M, Kim C (2000) Ultraviolet spectrophotometric characterization and bactericidal properties of electrolyzed oxidizing water as influenced by amperage and pH. J Food Prot, 63, 1534-1537
 13. Norwood DE, Gilmour A (2000) Growth and resistance to sodium hypochlorite of *Listeria monocytogenes* in a steady-state multispecies biofilm. J. Appl. Microbiol, 88, 512-520
 14. Quan Y, Choi KD, Chung DH, Shin IS (2010) Evaluation of bactericidal activity of weakly acidic electrolyzed water (WAEW) against *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus*. J. Food Microbiol, 136, 255-260
 15. Rahman SME, Ding T, Oh DH (2010) Effectiveness of low concentration electrolyzed water to inactivate foodborne pathogens under different environmental conditions. International J. Food Microbiol, 139, 147-153
 16. Shoji Koide, Jun-ichi Takeda, John Shi, Hiroshi Shono, Griffiths G. Atungulu (2009) Disinfection efficacy of slightly acidic electrolyzed water on fresh cut cabbage, Food Control, 20, 294-297
 17. Suzuki K, Nakamura T, Kokubo S, Tomita M (2005) The chemical properties of slightly electrolyzed water prepared with hydrochloric acid as a raw material. Bokin Bobai, 33(2), 63-71
 18. Zhao Q, Wang C, Liu Y, Wang S (2007) Bacterial adhesion on the metal-polymer composite coatings. International Journal of Adhesion and Adhesives, 27(2), 85-91