

오존수 및 염소수 세척이 신선편이 당근의 품질 및 미생물억제에 미치는 영향

김지강[†] · Yaguang Luo¹ · 임채일

농촌진흥청 원예연구소 저장이용과, ¹USDA-Produce Quality and Safety Laboratory

Effect of Ozonated Water and Chlorine Water Wash on the Quality and Microbial De-contamination of Fresh-cut Carrot Shreds

Ji-Gang Kim[†], Yaguang Luo¹ and Chai-Il Lim

Postharvest Technology Division, National Horticultural Research Institute, Suwon 440-706, Korea

¹Produce Quality and Safety Laboratory, United States Department of Agriculture, Beltsville, MD, USA

Abstract

Little information exists on how wash operations affect water quality, or the efficacy of sanitizers on vegetable quality and microbial reduction in fresh-cut carrot shreds. This study evaluated the efficacy of chlorine and ozone in reducing microbial loads and maintaining vegetable quality of carrot shreds. Fresh-cut carrot shreds were treated with various chlorine and ozone concentrations for differing times. The samples were then centrifuged to remove excess water, packaged in film, and stored at 5°C. The results indicated that varying the ozonated water wash time affected microbial growth, the development of unpleasant odors, color, and the overall quality of carrot shreds. Ozonated water washing for 20 min maintained vegetable quality by inhibiting unpleasant odors, the development of whiteness, and by reducing microbial populations. A single chlorine water wash was effective and resulted in better vegetable quality when compared with two washes. Samples washed for 20 min in ozonated water, however, had better vegetable quality and smaller microbial counts compared to samples washed once in chlorine water. A 20 min ozonated water wash is an attractive method for the maintenance of vegetable quality and shelf-life in fresh-cut carrot shreds.

Key words : fresh-cut, carrot, sanitizer, ozonated water, chlorine wash

서 론

1)

신선편이 채소는 소비자에게 편이성을 제공하면서 수요가 크게 증가하고 있으나 가공과정 중 절단, 박피 등의 물리적인 변화로 인하여 쉽게 품질이 변하거나 미생물 증식이 발생할 수 있다(1). 신선편이 채소 가공과정에서 초기 미생물 오염을 감소시킬 수 있는 대표적인 방법은 세척과정 중에 살균소독을 실시하는데 일반적으로 원료 채소에 묻어 있는 먼지, 벌레 등의 이물질을 제거하는 1차 세척을 한 뒤, 2차 세척에서 살균소독제를 사용하고 있다.

염소는 일반 과일, 채소뿐만 아니라 신선편이 품목의 미

생물 오염을 감소시키기 위하여 현재 가장 널리 사용되고 있는 대표적인 살균소독제이다. 그러나 살균소독 효과가 불안정하여 병원균 제거 효과가 떨어지기도 하고, 염소 부산물의 형성은 인체의 건강을 나쁘게 할 수도 있다(2). 따라서 신선편이 채소 세척에 있어서 보다 안전하고 효과적으로 미생물 오염을 제거할 수 있는 살균소독방법에 관심을 두고 있다.

최근 산화력이 높아서 염소보다 훨씬 더 빠르게 미생물을 사멸시키는 오존수를 이용한 세척방법이 신선편이 채소 세척에 시도되고 있다. 오존은 1 ppm 이하의 낮은 농도로도 사용이 가능하고, 빨리 산소로 분해하여 잔류물이 남지 않으며, 처리과정 중에 염소와 같이 pH를 조절 할 필요가 없다(3). 오존의 미생물에 대한 치사효과는 산화과정을 통해 나타나는 것으로 여러 과일, 채소에서 부패를 방지하는

[†]Corresponding author. E-mail : kjg3@rda.go.kr
Phone : 82-31-240-3658, Fax : 82-31-240-3670

데 매우 효과적인 연구결과가 보고되어(4) 신선편이 품목에서도 사용이 검토되어 왔다. 그동안 국내에서도 산업체에서 일반 과일, 채소 및 신선편이 품목에 대하여 오존수 세척을 실시하였으나 살균 효과를 크게 얻지 못하였는데, 이는 적정 오존수 세척 사용기술이 미흡하기 때문으로 여겨진다.

채소류 중 주로 세척되어 유통되고 있는 당근은 최근에는 다양한 절단 형태로 가공되는 중요한 신선편이 품목 중의 하나로, 막대기 모양의 스틱(stick), 동전 모양의 슬라이스(slice), 정사각형 모양의 다이스(dice) 및 가늘게 썬 채(shred) 등의 형태로 가공되고 있다. 신선편이 당근은 저장 유통 중에 미생물 오염에 의한 부패와 당근 표면에 나타나는 백화현상(whitening) 등으로 인하여 쉽게 품질이 변할 수 있다(5). 신선편이 당근의 미생물 제어를 위한 살균소독 방법으로서 당근채를 acidified sodium chlorite 처리시 세척하지 않은 것 보다 *E. coli* O157:H7 를 5 log 감소시킬 수 있었고(2), Peroxyacetic acid를 이용한 혼합제제 사용시 당근채의 총균수 감소 및 품질향상 효과가 최근에 보고되었다(6). 그러나 실제 신선편이 생산 현장에서 사용이 시도되고 있는 오존수에 의한 신선편이 당근의 세척기술에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 신선편이 당근채의 미생물 제어와 유통 중 품질 유지를 위한 오존수 세척 효과 및 적정 처리조건을 구명하고자 염소수 세척과 비교하여 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에 사용한 당근(*Daucus carota* L.)은 세척된 것으로 미국 동부지역의 도매시장(Jessup, MD)에서 구입하여 5°C에서 저장한 뒤 1일 이내에 사용하였다.

신선편이 가공 및 세척방법

당근은 채소 절단기(Cuisinart, East Windsor, USA)를 이용하여 채(shredded) 형태로 절단되었다. 절단된 당근은 수돗물 세척(control), 50 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 염소수(NaOCl)의 pH를 6.3으로 조정된 뒤 1회 세척(Cl 1 time), 세척에 사용된 염소수에 새로운 당근 샘플을 2차 세척처리(Cl 2 time) 하였으며, 이때 세척수와 샘플의 비율은 20:1 이었고, 각각 1분간 세척하였다. 또한 당근 샘플은 오존발생기(Clean Air and Water Systems, Ozone Safe Food Inc., USA)를 통하여 연속적으로 순환되는 오존수에서 각각 1, 5, 20분 세척되었는데, 이 때 오존수의 산화환원지수(oxidation reduction potential, ORP)는 각각 367, 348, 335 이었다. 그리고 오존발생기에서 공급되는 최초 오존수의 농도는 2.0 ppm 이었고, 사용된 오존발생기는 오존가스가 물속에서 액화되기 쉽도록 균질기(vortexer)가 부착되어 있으며, 액화되지 않은 오존을 제거

하기 위한 분해시스템을 갖추었다. 세척된 당근 샘플은 원심분리형 건조기(Garroue Spin Dryer, Meyer Machine Co., USA)에서 650 rpm 속도로 2분 탈수된 뒤, 샘플 150 g을 산소투과율 29.2 $\text{pmol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{Pa}^{-1}$ 의 polyethylene 필름 (19×12 cm)에 포장하여 5°C에서 3주간 저장되었다.

세척수 분석

당근 샘플의 살균소독에 사용된 세척수의 화학적산소 요구량(chemical oxygen demand, COD)은 세척수 샘플을 채취하여 희석한 뒤 미국환경청(EPA)으로부터 승인된 HACH (7)의 Chemical Oxygen Demand Method 8000에 의해 분석용 샘플을 준비하고, 분광광도계(SpectraMax M5, Molecular Devices, USA) 620 nm에서 측정하였다. 그리고 세척수의 pH는 pH 측정기(AR15, Accumet Research, Fisher Scientific Co., USA)를 사용하였고, 가용성고형물(soluble solids content, SSC)은 굴절당도계(model 10450, American Optical, USA)를 사용하여 측정하였으며, 세척수의 총균수는 멸균 펩톤수(pH 7.4)로 희석한 뒤 당근채의 총균수 분석에 사용된 방법으로 측정하였다.

기체조성 및 품질분석

신선편이 당근채 저장기간 중 포장 내부의 기체조성(O_2 및 CO_2)은 필름 표면에 septum을 부착한 뒤 헤드스페이스 가스분석기(Checkmate 9900, PBI Dansensor Co., Denmark)를 이용하여 측정하였다. 전기전도율은 샘플 50 g을 증류수 500 mL에 침지시켜 20°C에서 30분 방치한 뒤 conductivity meter (Model 162, Orion, Germany)를 이용하여 조사하였고, 경도는 압착 분쇄(shear-compression) 방식의 경도측정기(Model TMS-90, Food Technology Corporation, USA)를 이용하여 부착된 cell(Model CS-1)에 50 g의 당근채를 넣고 1 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 속도로 분쇄하여 측정하였다. 색은 각 샘플 bag의 양쪽 면을 Chroma Meter (Model CR-300, Minolta Corp., Japan)를 사용하여 측정된 뒤 L, a, b 값을 Klaiber 등(5)과 Bolin and Huxsoll (8)의 방법으로 백화지수(whiteness index, $\text{WI}=100-[(100-L^*)^2+a^{*2}+b^{*2}]^{0.5}$)로 변환하였다.

미생물분석

당근채의 미생물 분석은 20 g의 당근채를 180 ml의 0.1% 멸균 펩톤수(pH 7.4)를 가한 뒤 균질기(Lab Stomacher 400, Seward Medical, UK)를 이용 260 rpm으로 2분간 균질화하였다. 그리고 나서 멸균된 glass wool을 이용하여 여과시킨 뒤, 멸균 펩톤수에 연속적으로 희석한 뒤 자동접종기(Wassp II Sprial Plater, DW Scientific, UK)를 이용하여 접종하였다. 총균수는 샘플을 tryptic soy agar (TSA, Difco Lab, USA) 배지에 접종하여 28°C에서 24시간 배양하였고, 젖산균은 NaOH를 이용하여 pH가 6.5로 조절된 *Lactobacilli* MRS broth (MRS, Difco Lab, USA) 배지에 샘플을 접종하여

20% CO₂ 환경의 배양기(38°C)에서 72시간 배양되었으며, TSA 및 MRS 각각 모두 자동균수측정기(ProtoCOL, Synoptics, UK)를 이용하여 균수를 측정하였다.

관능평가

당근채 저장 중 샘플에 대한 관능적 품질평가는 Wang 등(9)의 방법과 같이 3명의 훈련된 평가원들이 샘플 포장용 개봉한 뒤 곧바로 이취를 평가하였고, 이어 전체적 품질을 평가하였다. 이취발생 정도는 평가하였고, Lopez-Galvez 등(10)의 방법에 의해 5단계의 점수를 부여(0 = none; 1 = slight; 2 = moderate; 3 = strong; and 4 = sever) 하였으며, 점수 2를 초과하는 것은 상품성이 없는 것으로 간주하였다. 전체적 품질은 저장 후 9일 및 12일에 Meilgaard 등(11)의 방법에 의해 9단계 점수를 부여하여(9 = like extremely; 8 = like very much; 7 = like moderately; 6 = like slightly; 5 = neither like nor dislike; 4 = dislike slightly; 3 = dislike moderately; 2 = dislike very much; and 1 = dislike extremely) 평가하였고, 점수 6은 상품성의 한계로 간주되었다(11).

결과 및 고찰

세척수의 수질 및 총균수

당근채를 세척한 세척수의 pH, SSC, COD, ORP 및 총균수는 Table 1과 같다. 당근 샘플 세척후의 COD는 염소수 2회 사용이 가장 높게 나타났으며, 오존수 세척에서 낮게 나타났는데 이는 오존이 폐수 등의 생분해 작용에 영향을 미쳐 오존처리농도가 높을수록 COD를 감소시켰다는(12) 보고와 관련이 있는 것으로 여겨졌다. 그러나 같은 오존수 농도에서는 시간이 오래일수록 즙액 유출 등으로 인하여 COD가 증가 하였다. 당근채 세척후 pH는 수도물에서 7.16이었으나 염소수에서는 1, 2회 세척시 각각 5.86, 5.87로 크게 낮아졌는데 이는 염소수의 살균효과를 높이기 위하여 세척전에 pH를 6.3으로 조절한 것이 영향을 미쳤으며, 오존

수는 세척시간이 오래일수록 pH가 감소하였는데 이는 세척되는 동안 당근샘플에서 나온 당근 즙액이 영향을 미친 것으로 여겨진다. 세척수의 SSC는 세척횟수가 많거나 세척 시간이 오래일수록 증가하였으며, 염소수 1분 세척(1회)보다 오존수 1분 세척의 SSC가 높았는데 이는 염소수 세척이 빠른 속도의 순환식 장치로 교반이 보다 심하였기에 당근 즙액 추출이 용이했던 것으로 여겨진다. 세척수의 색은 염소수 2회 세척시 즙액의 유출로 인하여 Hue값이 증가하여 황색 및 적색을 많이 띄었으나, 오존수에서는 세척시간이 오래일수록 감소하였으며, 특히 20분 세척시 - 38.2를 나타내어 다른 세척처리와 달리 - 값으로 증가하여 청색 및 녹색에 가까워졌다. 세척수의 총 균수는 염소수 1차세척이 가장 적었으며, 오존수는 세척시간이 경과할수록 균수가 감소하였으나 오존수 20분 세척이 염소수 1회, 2회 세척보다 높게 나타났다. 이는 염소세척의 경우 세척후에도 유리 염소가 세척수에 잔류하면서 살균력을 지니고 있으나, 오존은 미생물을 빠르게 사멸 시키지만 오존수가 미생물 접촉 시 초기 오존농도 1.1 ppm에서도 30초 후 검출이 안 될 정도로 빨리 분해되는 결과(13)와 관련하여 당근채를 세척하자마자 낮아진 오존수의 잔류농도는 물에 대한 살균력을 지니지 못한 것이 하나의 원인일 것으로 여겨졌다.

포장 내부의 기체조성

신선편이 당근채의 MA저장 중 포장내부의 O₂ 농도는 모든 세척처리에서 빠르게 감소하여, 저장 1주 만에 거의 0 kPa에 이르렀고 저장기간 내내 그 농도를 유지하였으나, CO₂ 농도는 급격히 증가하여 저장 1주 만에 모든 세척처리에서 19.3~20.9 kPa에 이르렀으며 저장기간 내내 높은 CO₂ 를 축적하였다(Fig. 1). 그러나 O₂와 달리 CO₂에서는 저장 2주 이후에 세척처리에 따라 차이가 나타나 오존 20분 처리시 가장 낮은 CO₂ 농도를 나타내었다. 신선편이 채소 저장 중 O₂ 농도에 대하여 Kim 등(14)은 유통 중 이취발생 및 낮은 O₂ 농도에 의한 장해 발생을 억제하기 위해서는 1% 이상의 O₂ 농도가 요구된다고 하였고, Klaiber 등(5)은 당근채의 적정 O₂ 및 CO₂ 농도는 각각 2-5, 15-20 kPa라고 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 저장 1주 후에 O₂ 농도가 크게 낮아졌는데, 이는 사용한 MA포장 필름이 적정 O₂ 농도를 조성하기에 부족한 것으로 여겨졌다. 포장 내부의 CO₂ 농도는 1주 후에 Klaiber 등(5)이 권장한 15-20 kPa 수준을 나타냈다. 신선편이 상추류의 적정 MA 조건은 1~3 kPa O₂ 와 5~10 kPa CO₂로 간주되어 왔으나(15) 실제 상품화되어 있는 많은 셀러드 포장에서 O₂ 농도가 낮고, CO₂가 높은 상태로 유통되는 것을 볼 수 있고(10), 당근채의 경우에도 권장된 O₂ 농도보다 실제 매우 낮은 상태로 유통되는 것을 볼 수 있다.

Table 1. Effect of sanitizers on the water quality and total microbial count of water used for carrot washing

Treatment	COD (mg/L)	pH	Soluble solid content (%)	Hue	Total microbial count (CFU/ml)
Water	1,022±20	7.16±0.01	0.40±0.00	76.9±0.68	3.95×10 ⁴
Cl 1 time	1,109±10	5.86±0.03	0.43±0.03	72.7±1.57	6.25×10 ¹
Cl 2 time	1,375±12	5.87±0.03	0.57±0.03	94.4±0.69	3.50×10 ²
O ₃ 1 min	999±11	7.13±0.01	0.50±0.00	68.6±1.25	2.38×10 ⁴
O ₃ 5 min	1,014±11	7.10±0.02	0.63±0.03	57.4±1.41	2.05×10 ⁴
O ₃ 20 min	1,036±21	6.97±0.01	0.77±0.03	-38.2±0.99	9.00×10 ²

Values are means (n=3) ±S.E.

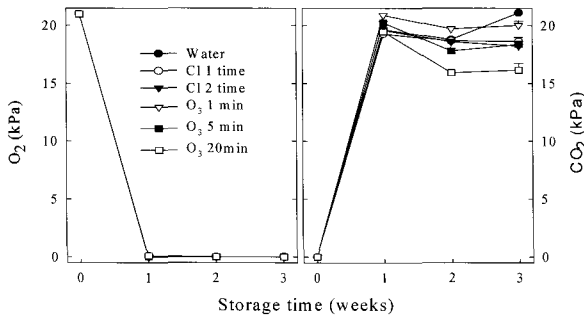


Fig. 1. O₂ and CO₂ partial pressure within packages of fresh-cut carrots stored at 5°C for up to 3 weeks. Vertical lines represent SE (SE bars were not shown when masked by the symbol).

전기전도율 및 경도

신선편이 당근채의 전기전도율은 가공 후 저장 1주까지 감소하다가 약간 증가하거나 안정한 수준을 유지하였으며, 이 후 급격한 증가를 나타내었다 (Fig. 2 left). 저장 3주후 세척처리에 따라 전기전도율의 차이가 나타나 오존 20분 처리에서 57 μ S로 가장 낮게 나타났고, 다음에 염소 1회 세척이 96 μ S로 낮게 나타났으며, 물세척과 오존수 1분 세척은 각각 1040, 410 μ S로 높게 나타났다. 일반적으로 전기전도율은 식물의 상처 및 세포벽 붕괴의 간접적인 지표로 사용되고 있고(16), 신선편이 채소 가공 중 절단에 의해 전기전도율은 증가한다(17). 식물 조직에서 전기전도율의 변화에 대한 정확한 기작은 아직 밝혀지지 않았으나 반응패턴은 식물 조직이 절단에 의해 상처를 받아 급격히 증가한 뒤 피해를 받은 세포벽의 회복으로 감소하여 완만하게 나타나다가 저장기간이 오래 지나면 다시 증가하였다(18-20). 신선편이 채소 저장유통 중 저장 후기에 전기전도율의 증가는 품질의 부패와 관련이 있는 것으로 부패가 심한 것이 전기전도율이 높은 것으로 보고(6,19,20)하였으며, 본 실험에서도 이러한 패턴과 유사하게 나타났다.

저장유통 중 당근채 조직의 경도는 완만하게 감소하다가 저장 2주 후에 크게 낮아졌다(Fig. 2 right). 세척처리별 경도

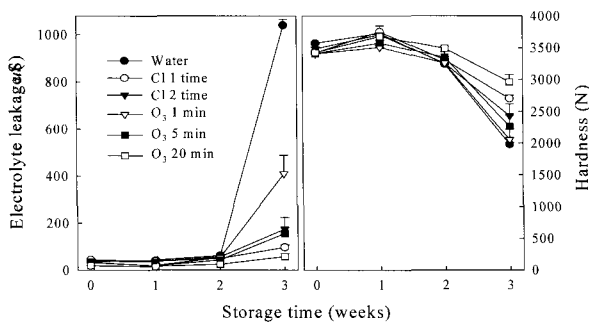


Fig. 2. Electrolyte leakage and texture of fresh-cut carrot shreds stored at 5°C for up to 3 weeks. Vertical lines represent SE (SE bars were not shown when masked by the symbol).

의 차이는 저장 3주후에 나타나 control과 염소수 1분 세척에서 연화가 심하여 경도가 낮게 나타났고, 오존 20분 처리와, 염소수 1회 세척에서 경도가 높게 유지되었다. 신선편이 당근의 경도에 대하여 Klaiber 등(5)은 당근 채 저장 중 건조가 되면서 저장 9일 후 경도가 증가하였다고 보고하였다. 본 실험에서도 저장 1주 후에 전반적으로 경도의 증가를 나타내어 유사한 결과를 보였으나 저장 2주를 지나고 나서 경도가 감소하였는데 이는 저장 중 조직의 연화가 미생물 증식으로 인한 부패와 관련이 있을 것으로 여겨졌다.

백화지수 및 pH

신선편이 채소에서 변색은 매우 중요한 품질변화 요인 중의 하나이며, 신선편이 당근의 경우 저장유통 중에 표면에 백화현상이 나타나면서 품질을 쉽게 상실하고 있다. 세척처리별 당근채 저장 중 백화현상을 나타내는 백화지수 (Whiteness index, WI)는 저장 2주까지 증가하다가 3주에는 다시 감소를 나타내었다(Fig. 3 left). 당근 표면의 백화현상은 건조와 lignification 으로 여겨지고 있으며(21), 세척, 절단 당근은 저장 중 WI의 증가가 나타난다(5,6). 본 실험에서도 저장 2주 까지는 WI의 증가를 나타냈으나 3주에 감소한 것으로 보아 저장 중 건조가 진행되면서 WI가 증가하였다가 저장 후반에 조직이 연화되면서 표면의 색에 영향을 준 것으로 여겨졌다. 세척처리별 WI는 오존 20분에서 가장 낮아 백화현상 억제에 효과적인 것으로 나타났다.

당근 채 저장 중 맛에 영향을 줄 수 있는 pH를 측정 한 결과 저장기간 중에 계속 감소를 나타내었다(Fig. 3 right). 세척처리별로는 오존수 20분이 가장 높게 나타났고, 다음은 오존수 5분 및 염소수 1회 세척 순으로 높게 나타났다. 당근채의 pH 변화는 저장 2주 후에 크게 낮아졌는데 신선편이 채소에서 저장 중 pH의 감소는 미생물에 의해 영향을 크게 받으며, 주로 젖산균의 증식으로 인하여 샘플에서 젖산의 산 함량이 증가하여(1) 변화하는 것으로 보고되었다.

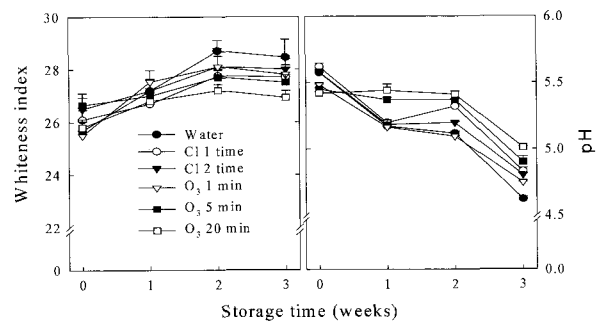


Fig. 3. Whiteness index and pH of fresh-cut carrot shreds stored at 5°C for up to 3 weeks. Vertical lines represent SE (SE bars were not shown when masked by the symbol).

미생물

당근채 저장 중 총균수와 젖산균의 변화는 Fig. 4와 같다.

세척 직후 당근채의 총균수는 염소수 1회 세척이 4.91 log CFU/g로 가장 적게 나타났으나 오존수는 20분 세척에서도 5.26 log CFU/g로 물세척에 비하여 0.04 log의 낮은 감소효과만 나타내었다. 그러나 당근채 저장 1, 2주에는 염소수 1회 세척과 오존수 20분 세척이 물세척 보다 각각 1.5, 1.4 log의 총균수가 낮게 나타나 미생물 증식 억제에 효과가 있는 것으로 나타났다. 그리고 당근채의 젖산균은 세척 직후에는 염소수 및 오존수 세척이 물세척에 비하여 log 감소가 크지는 않았으나 저장 2주 후에는 오존수 20분 세척한 당근채의 젖산균수가 7.03 log CFU/g로 가장 낮게 나타났고 이어 염소수 1회 세척은 7.25 log CFU/g로 모두 물세척 (7.91 log CFU/g) 보다 낮아 젖산균 증식 억제에 효과를 나타내었다.

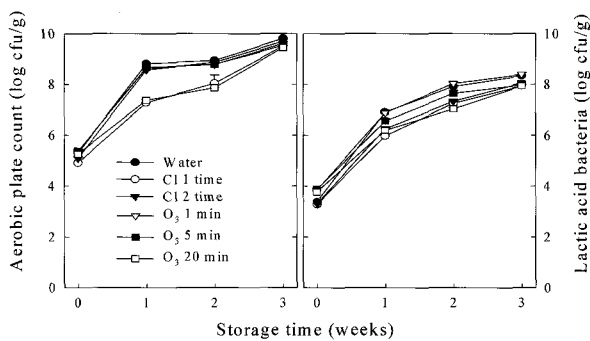


Fig. 4. Aerobic plate count and lactic acid bacteria of fresh-cut carrot shreds stored at 5°C for up to 3 weeks. Vertical lines represent SE (SE bars were not shown when masked by the symbol).

그동안 신선편이 채소 세척에 가장 널리 사용되어온 염소수 세척을 대체하기 위하여 최근 신선편이 당근채를 재료로 하여 새로운 살균소독제를 이용하여 연구한 결과 Gonzalez 등(2)은 1,000 mL·L⁻¹ acidified sodium chlorite (ASC)가 총균수 억제에 효과를 나타냈다고 하였다. 그러나 Kim 등(6)은 1,000 L·L⁻¹ 농도의 ASC는 비록 미생물 억제에는 효과가 있으나 경도의 저하 등 품질에 있어서 문제가 있어 당근채에 적합하지 못하다고 하였고, 30 L·L⁻¹의 Peroxyacetic acid를 사용한 혼합제제(PA)로 미생물 억제와 품질 향상에 효과를 나타냈다고 보고하였다. 그러나 현재 PA는 국내에서 신선 과일, 채소 등의 농산물 세척에 사용이 어려워 오존수를 이용한 세척방법 구명이 산업적 활용이 높을 것으로 여겨졌다.

관능평가

신선편이 당근의 이취 및 전체적인 품질은 Fig. 5와 같다. 당근채 저장 중 이취는 모든 세척처리에서 저장 1주 부터 감지되어 저장 기간 중 꾸준한 증가를 나타내었으나, 오존수 20분 처리는 가장 낮게 완만한 증가를 나타내었다. 그리고 당근채 저장 3주에 물세척은 이취지수 2를 초과하여 상품성이 없는 것으로 간주되었고, 오존수 20분 처리를 제

외한 다른 처리도 지수 2에 가까웠으나 오존수 20분은 이취 지수 1 미만을 나타내어 이취 억제에 효과적 이었다. 신선편이 채소에서 이취 발생은 제품 포장 내부의 낮은 O₂ 및

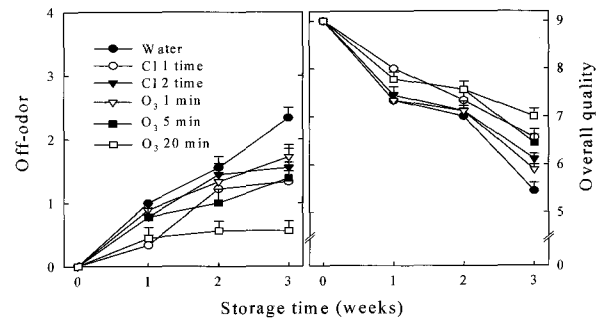


Fig. 5. Off-odor development and overall quality of fresh-cut carrot shreds stored at 5°C after 9 and 12 days. Vertical lines represent SE.

높은 CO₂ 농도에 의한 혐기적 호흡과정의 산물이다(22, 23). 본 실험에서 오존수 20분 처리는 효과적으로 이취 발생의 정도를 지연시켰는데 이는 저장기간 중 상대적으로 CO₂ 농도의 축적이 낮았던 것이 원인으로 여겨졌다.

저장기간 중 당근채의 전체적 품질을 관능평가한 결과 저장 2주까지 오존수 20분과 염소수 1회 세척 처리가 높은 점수를 나타내었으며, 저장 3주 후에는 오존수 20분 처리가 7.0점으로 가장 높은 점수를 나타내었다. 이는 오존수 20분 처리가 염소수 1회 세척보다 저장 3주 후 상대적으로 낮은 WI와 이취발생으로 인하여 높은 점수를 얻는데 영향을 미쳤을 것이다. 오존수 처리한 당근채는 오존처리 시간에 따라 관능평가의 차이가 나타나 오존 처리시간이 오래일수록 높은 점수를 나타내었다. 오존수 1분 처리한 당근채는 저장 3주 후 점수가 5.9로 상품성을 상실하였으며, 오존수 5분 세척도 20분 처리에 비하여 낮은 정도, 높은 WI와 이취발생으로 인하여 관능적 점수가 낮게 나타났다.

당근채의 관능적 품질은 미생물수와도 관계가 있는 것으로 나타나 저장 중 미생물수가 가장 적은 오존수 20분 처리가 높은 관능점수를 나타내었으며, 5°C에서 저장 3주 까지 상품성을 유지할 수 있었다. 따라서 오존수 20분 처리는 당근채의 품질과 미생물적 안전성을 동시에 향상시킬 수 있는 살균소독방법으로 여겨졌으며, 염소세척을 대체할 수 있는 방법으로 신선편이 당근채 세척처리에 활용이 필요한 것으로 나타났다.

요 약

신선편이 당근채 세척시 오존수 사용에 의한 품질 및 안전성 향상 효과를 구명하기 위해 연구를 수행하였다. 세척 당근을 절단한 뒤 100 ppm의 염소수에 1, 2회 세척 및

오존발생장치에서 공급되는 초기 오존수 농도 2 ppm에서 1, 5, 20분 세척한 뒤 O_2 투과율 $29.2 \text{ pmol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa}^{-1}$ 필름으로 포장하여 5°C 에서 3주간 저장되었다. 당근채의 오존수 세척처리는 저장 중 포장내부의 기체 조성, 당근채의 품질 및 미생물 수에 영향을 미쳤다. 오존수 20분 처리는 당근채 저장 중 CO_2 농도가 낮고, 경도가 높았으며, 백화지수(WI), 이취발생 및 미생물 수가 적어 가장 높은 관능점수를 나타내며 저장 3주까지 상품성을 유지하였다. 그러나 염소수 1회 세척은 비록 미생물 수는 오존수 20분 처리와 함께 낮게 나타났으나 품질에 있어서 상대적으로 WI와 이취발생이 높아 오존수 20분 보다 품질변화가 심하였다. 따라서 오존수 20분 처리는 신선편이 당근채의 염소 세척을 대체할 수 있는 방법으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구에 사용된 오존수 세척장비는 미국 Ozone Safe Food Inc. (North Palm Springs, CA)에서 제공한 것으로, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Jaxsens, L., Devlieghere, F., Ragaert, P., Vanneste, E. and Debevere, J. (2003) Relation between microbiological quality, metabolite production and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh-cut produce. *Intl. J. Food Microbiology*, 83, 263-280
2. Gonzalez R.J., Luo, Y., Ruiz-Cruz, S. and McEvoy, J.L. (2004) Efficacy of sanitizers to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut carrot shreds under simulated process water conditions. *J. Food Protect*, 67, 2375-2380
3. Khadre, M.A., Yousef, A.E. and Kim, J.G. (2001) Microbiological aspects of ozone applications in food: a review. *J. Food Sci.* 66, 1242-1252
4. Xu, L. (1999) Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables. *Food Technol.*, 53, 58-62
5. Klaiber, R.G., Baur, S., Wolf, G., Hammes, W.P. and Carle, R. (2005) Quality of minimally processed carrots as affected by warm water washing and chlorination. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, 351-362
6. Kim, J.G. (2004) Improvement of washing method of fresh-cut carrot. Postharvest Technology Division, National Horticultural Research Institute Research Report.
7. HACH (2002) Chemical oxygen demand, Method 8000. In: *Water analysis handbook*. HACH Chemical Company. Loveland, CO, U.S.A. p.1-8
8. Bolin, H., and Huxsoll C. (1991) Control of minimally processed carrot (Docc ddot) surface discoloration caused by abrasion peeling. *J. Food Sci.*, 56, 416-418
9. Wang, H., Feng, H. and Luo, Y. (2004) Microbial reduction and storage quality of fresh-cut cilantro washed with acidic electrolyzed water and aqueous ozone. *Food Research International*, 37, 949-956
10. Lopez-Galvez, G., Peiser, G., Nie, X. and Cantwell, M. (1997) Quality changes in packaged salad products during storage. *Zeithschrift Lebensmittel-Untersuchung Forschung*. 205, 64-72
11. Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. (1991) *Sensory evaluation techniques*. 2nd ed. CRC Press Inc., Boca Raton, Fla. U.S.A. p.211-217
12. Bijan, L. and Mohseni, M. (2005) Integrated ozone and biotreatment of pulp mill effluent and changes in biodegradability and molecular weight distribution of organic compounds. *Water Research*, 39, 3763-3772
13. Kim, J.G. and Yousef, A.E. (2000) Inactivation Kinetics of foodborne spoilage and pathogenic bacteria by ozone. *J. Food Sci.*, 65, 521-528
14. Kim, J.G., Luo, Y., Saftner, R.A. and Gross, K.C. (2005) Delayed modified atmosphere packaging of fresh-cut Romaine lettuce: Effects on quality maintenance and shelf-life. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 130, 116-120
15. Ballantyne A., Stark R. and Selman J.D. (1988) Modified atmosphere packaging of shredded lettuce. *J. Food Sci. Technol.*, 23, 267-274
16. Hong, J.H., Douglas, J.M. Mary, J.C. and Gross, K.C. (2000) Tomato cultivation systems affect subsequent quality of fresh-cut fruit slices. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 125, 729-735
17. Jiang, Y., Shina, T., Nakamura, N. and Nakahara, A. (2001) Electrical conductivity evaluation of postharvest strawberry damage. *J. Food Sci.*, 66, 1392-1395
18. Kim, J.G., Choi, S.T. and Lim, C.I. (2005) Effect of delayed modified atmosphere packaging on quality of fresh-cut iceberg lettuce. *Korean J. Hort. Sci. Technol.*, 23, 140-145
19. Kim, J.G., Luo, Y., Yang, T., Saftner, R.A. and Gross, K.C. (2005) Effect of initial oxygen concentration and film oxygen transmission rate on the quality of fresh-cut romaine lettuce. *J. Sci. Food and Agri.*, 85, 1622-1630
20. Luo, Y., McEvoy, J.L., Wachtel, M.R., Kim, J.G. and

- Huang, Y. (2004) Package atmosphere affects postharvest biology and quality of fresh-cut cilantro leaves. *HortScience*, 39, 567-570
21. Li, P. and Barth. M.M. (1998) Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly processed carrots. *Postharvest Biol. Technol.*, 14, 51-60
22. Cameron, A.C., Talasila, P.C. and Joles, D.W. (1995) Predicting film permeability needs fo modified atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, 30, 25-34
23. Smyth, A.B., Song, J. and Cameron, A.C. (1998) Modified atmosphere packaged cut iceberg lettuce: Effect of temperature and O₂ partial pressure on respiration and quality. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 4556-4562

(접수 2006년 10월 2일, 채택 2007년 1월 26일)