

오존수를 활용한 부분 가공 원예산물의 청정화 및 유통성 증진

황용수* · 전일율¹ · 구자형

Improvement of Market Quality of Minimally Processed Horticultural Products Using Ozone

Yong Soo Hwang* · Il Yeul Jun¹ · Ja Hyeung Ku

Abstract

The bacterial density of partially processed horticultural crops in the commercial market was relatively high probably due to improper handling or processing. Between crops, the bacterial density was low in peeled garlic and ranged above 10^8 cfu · g⁻¹fw in other crops. Especially in brake fern, the bacterial density was the highest and non food materials such as packing strips were found. There was difference in the effects of ozone-treated water washing treatment between crops. In root crops such as burdock and lotus root, ozone showed positive effect on preventing discoloration as well as lowering bacterial density resulting in the increase of marketing period. Any positive effect was not found when sliced crops were treated over 5 min at $0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ of dissolved ozone. In lettuce slices, leaf tissues were severely discolored and rapidly soften at $0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ for 2 min dipping. Ozone was highly effective on inhibiting bacterium propagation and off-flavor. This effect was more stronger in *Fischer ligulariata* than brake fern, probably due to the difference of tissue thickness. Results indicated that ozone-treated water washing had a strong potential to improve the market quality of partially processed horticultural crops including dried wild greens and sliced root crops.

본 연구는 대산농촌문화재단의 지원(2002년)에 의하여 수행된 연구 결과의 일부임
충남대학교 식물자원학부(Div. of Plant Science and Resources, Chungnam National Univ. Daejeon 305-764, Korea.)

¹논산시농업기술센터(Nonsan Agriculture Technology Center, Nonsan 320-860, Korea)

*corresponding author(yshwang@cnu.ac.kr)

서 론

우리나라에서 도라지, 연근, 우엉 등은 부분 가공 식품으로 오래 전부터 이용되고 있으며 최근에는 마늘, 밤, 더덕 등도 소비하기 편하게 껍질을 벗겨 유통되는 사례가 많아지고 있다. 이외에도 고사리, 취나물 등의 나물은 데친 후 건조하여 유통되고 있으며 최근 패스트푸드점을 비롯한 외식업체에서는 계절한 양상추 또는 세척한 쌈채소 등을 구입하여 이용하는 사례가 많아지고 있어 전통적인 원예산물의 유통보다 이용하기 편리한 형태로 부분 가공하여 판매되는 사례가 많다. 그러나 부분 가공한 식품소재는 쉽게 변색되거나 부패하기 때문에 신선도 유지기간이 짧은 문제점을 안고 있다. 연근, 우엉과 같은 작물은 박피 또는 세절한 다음 변색과 부패를 억제하기 위하여 황산화물을 처리하는 경우가 흔하여 소비자의 부분가공채소에 대한 불신을 일으키고 있다.

오존은 산화력이 강력하고 대기 중에 잔류하는 시간이 짧아 다양한 분야에서 살균, 탈색 등의 목적으로 활용되고 있다. 이러한 오존의 특성을 활용하여 원예산물의 저장 중 신선도를 유지하고 부패를 방지하고자 하는 노력이 수행되어 왔는데 작물의 종류, 처리 방법, 농도 등에 따라 효과가 균일하지 않지만 일부 작물에서는 적절한 처리와 농도 조건에서 부패를 방지할 수 있는 가능성이 제시되었다. 신선한 당근 저장에서 기상으로 저장고에 대한 오존처리는 부패를 억제하는 효과가 있는 것으로 보고되었다(Liew와 Prange, 1995). 반면에 접종한 복숭아에서는 부패균의 종류에 따라 상이한 반응을 나타내며(Paulo 등, 2002) 양송이에 대한 오존 처리는 외부 조직의 갈변을 증가시킨 반면 내부 조직의 갈변을 억제시켰다고(Escriche, 등 2001) 하였다. 건조 옥수수 저장에서 오존은 50mg

$\cdot L^{-1}$ 농도로 3일간 처리할 때 훈증을 대체할 수 있는 수단으로 평가하였다. 이러한 효과 이외에 원예산물의 세척과정에서 발생하는 폐수 처리에서도 오존은 효과적이어서 생식용 올리브 처리에서 발생한 폐수에 오존을 처리함으로써 재활용이 가능하다고 하였다. 한편 가공식품 또는 가공실에 대한 오존 처리 효과를 검토한 연구에서 분말 가공 식품에서 오존 처리 농도와 시간이 길어질수록 살균 효과가 증가한다고 하였고(Naitoh, 1992) 용존 오존수를 처리할 때 $4\sim 5\text{mg} \cdot L^{-1}$ 에서 효과적이었으며 기상으로 처리할 때에는 처리실의 습도가 높을 때 유리하다고 하였다(Naitoh와 Izaki, 1990). Naitoh(1994)는 식품가공실에 대한 저농도 오존 공급 0.003~0.112ppm은 공기 전염성 미생물 제어에 효과적인 것으로 밝혔다.

최근 소비자들은 가공 식품에서 부패를 방지하기 위한 식품 첨가제에 대한 불신을 가지고 있어 이를 해소하기 위한 방안의 하나로 오존을 활용하는 것이 유리할 것으로 제시되기도 하였다(Gould, 1996). 이와 같이 오존은 신선한 작물 뿐 아니라 가공 식품의 살균에도 오존의 활용 가능성이 제시되어 몇몇 부패성 미생물의 제어 효과적인 것으로 보고되어 있다. 그러나 나물과 같은 원예산물에 오존을 활용한 사례는 찾아볼 수 없었다.

우리나라에서 전통적으로 이용하여 온 부분가공 원예산물의 경우, 종류에 따라 상품성을 저하시키는 원인이 다양한데 연근 또는 박피한 우엉과 같은 근채류에서는 조직의 갈변이 상품성을 저하시키는 중요한 원인이며 이러한 작물을 다룰 때 온도 환경 등이 부적절하면 짧은 유통 기간 중에도 이취가 발생하거나 부패가 증가하여 문제가 되는 경우가 있다. 특히 나물류는 열처리로 청정화가 가능하지만 처리 후 관리가 부적절하여 유통 과정에서 변질되는 경우가 종종 발생함으로 이들에 대한

위생적인 처리방안을 마련하는 것이 필요하다. 또한 건조한 나물을 열처리 없이 물에 불려 판매하는 경우가 흔한데 이러한 경우 미생물의 번식에 따른 이취 발생이 심하여 상품 가치가 손상되거나 폐기하는 사례가 흔하다. 이러한 작물은 처리 후 물에 용존시킨 오존을 처리할 때 탈색과 동시에 살균 효과를 얻을 가능성이 있으며 나물류에서도 초기에 세균 밀도를 낮추어 판매 가능 기간을 연장시킬 수 있는 가능성이 있는 것으로 예상된다. 본 연구는 국내에서 소비하기 편리하도록 부분 가공 원예산물의 청정화와 유통 기간을 연장시키기 위한 관리 기법을 개발할 수 있다면 편이식품 제공 기회를 확대함으로써 국내 생산 원예산물의 소비 확대에도 기여할 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 본 연구는 이러한 실정을 고려하여 우리나라에서 전통적으로 이용되어 온 부분 가공 식품의 유통성을 증진시키고 아울러 식품 안전성을 확보하기 위하여 오존의 산화력과 살균력을 활용하기 위한 방안을 마련하고자 실시하였다.

재료 및 방법

부분 가공 채소의 유통 실태 조사: 시판되고 있는 부분가공 또는 소포장되어 판매되고 있는 농산물의 유형을 조사하기 위하여 도매시장, 대형유통센터 및 백화점의 슈퍼마켓을 방문하여 농산물 판매 유형을 조사하고 시판되고 있는 최소가공농산물을 구입하여 그 품질 상태를 살펴보았다. 시판 농산물의 위생 상태를 나타내는 지표를 얻기 위하여 채집한 조직으로부터 미생물을 분리하여 미생물 밀도를 조사하였다.

오존수 생산: 오존수 제조는 오존발생기[Ozone generator Lab-2, (주)오존텍]로 발생시킨 오존을

기포발생기를 사용하여 물에 직접 용해시켰으며 용존 오존수 농도는 간이 비색측정기(Chemets kit, R-7402, Japan)를 이용하였다. 오존 처리 조건은 산소 유량을 4.8L/min으로 조절하였고 이 때 발생하는 오존 농도는 16.5 g/m³이었다. 발생한 오존은 버블러를 통하여 처리할 물에 폭기시켜 주었고 처리수의 온도는 23℃이었다. 오존 폭기 시간에 따른 용존 오존 농도를 조사하였을 때 오존 폭기 시간이 길어짐에 따라 용존 오존 농도가 증가하였는데 5분간 폭기하였을 때에는 0.3 mg · L⁻¹, 10분에서 0.5 mg · L⁻¹, 15분 처리에서는 최대 0.7 mg · L⁻¹까지 증가하였다.

오존수 처리: 도매시장에서 구입한 연근, 밤, 우엉, 양상추, 고사리 등을 구입하여 연근과 밤은 관행적으로 껍질을 벗긴 다음 용존 오존수에 담가 처리하였고 처리를 마친 작물은 소형 조리용 탈수기를 이용하여 탈수하고 시중에서 판매되는 형태와 유사하게 스틸로폼접시에 담아 랩으로 포장하였다. 양상추는 상품성이 없는 겉잎을 제거하고 절단한 다음 오존수로 세척하여 진술한 것과 동일하게 포장하였다. 대조구는 관행적으로 물로 세척한 다음 탈수하여 동일하게 포장하였다. 시중에서 물에 불려 판매되는 고사리를 구입하여 오존수 처리를 마치고 탈수, 포장하였으며 무처리하는 흐르는 수돗물에 세척하여 탈수한 다음 포장하였다. 또한 건조하여 판매하는 취나물을 구입하여 1일 동안 물에 불려 오존수와 수돗물로 세척한 다음 고사리와 같은 방법으로 탈수, 포장하여 모의 유통 조건에서 상품성을 조사하였다.

모의 유통 조건 및 품질 조사: 포장을 마친 작물은 10℃ 항온기에 넣어 모의 판매 조건을 부여하였으며 경시적으로 표본을 취하여 품질을 비교하였다. 유통 기간에 따른 외관 품질을 육안으로 조사하여 상품성이 우수한 것을 5, 낮은 것을 1로

구분하였으며 2 이하의 등급은 판매 가치를 상실한 것으로 판단하였다. 조직의 색변화는 색도차계 (CR-200, Minolta)를 이용하여 조사하였다. 포장 용기 내부의 가스 조성은 TCD를 장착한 GC (Shimastu GC-14B, Japan)를 이용하여 조사하였다. 비타민 C함량은 DNS법으로 조사하였다. 품질 조사는 무작위로 채취한 조직에 대하여 처리별로 3반복으로 실시하였다.

미생물 밀도 조사: 미생물 밀도를 조사하기 위하여 조직을 멸균한 유발과 유발봉을 이용하여 마쇄한 다음 마쇄물을 희석하여 배지에 접종하였다. 접종한 petridish는 곰팡이의 경우 25°C, 세균은 28°C에서 3일정도 배양한 다음 colony를 계측하였다. 곰팡이 밀도 조사는 PDA배지를 이용하였고 세균 밀도 조사는 NA배지를 이용하였다. 부분가공 채소류에서 발견된 균은 주로 세균이었으므로 본 연구에서는 세균 밀도에 대한 결과만 표기하였다. 균밀도 조사는 5반복으로 실시하였다.

결과 및 고찰

최소가공 농산물의 실태 조사: 현재 시중에서 판매되고 있는 부분가공 농산물의 실태를 조사하기 위하여 대전광역시에 위치한 2곳의 도매시장, 백화점 슈퍼마켓, 농협 슈퍼마켓 등을 방문하여 판매되고 있는 부분가공 농산물의 유형과 포장 상태를 살펴보았다. 부분가공 농산물은 가공하지 않고 생체를 다듬어 판매되고 있는 유형과 삶거나 부분 가공하여 판매되는 유형으로 구분되었다. 또한 업소마다 판매되고 있는 부분 가공 농산물의 종류에는 차이가 있었으나 도매시장에서는 주로 연근, 고사리, 마늘, 우엉, 생강 등이 껍질을 벗겨 소비자가 원하는 양을 계량하여 판매하고 있었고

백화점 또는 대형유통센터의 슈퍼마켓에서는 이들을 계량하여 랩으로 포장한 다음 판매하는 형태를 취하고 있었으며 이외에도 소포장한 다음 판매하는 농산물로는 들깨 잎, 풋고추, 홍고추, 우엉, 고추 잎, 비름나물, 강남콩, 해초, 다시마, 미나리, 취나물, 씀바귀, 고들빼기, 무순, 콜리플라워, 브로콜리, 고구마순, 더덕 등이었다. 또한 계절에 따라 간밤, 풋대추, 열加里 배추, 해초, 솔잎 등이 소포장 형태 유통되고 있다.

도매시장에서 소매되고 있는 농산물 중 고사리와 연근은 변색과 부패하는 것을 방지하기 위하여 물에 담가두고 판매하고 있었는데 이들이 위생적인 처리 과정을 통하여 판매되고 있는지 여부는 알 수 없었다. 본 연구 수행 중 구입한 고사리를 조사한 결과 매우 불결한 상태를 보였으며 특히 담배꽂초, 포장 끈 등의 여러 가지 이물질까지 혼재된 경우도 있어 식품으로 사용 가능한지에 대하여 많은 의문점을 낳았다. 최근 핵가족 단위로 가족 구성원이 적은 상태에서는 일시에 소비하는 농산물의 양이 적기 때문에 소포장된 농산물의 수요가 급증하고 있으며 또한 조리가 쉬운 부분가공 농산물의 판매가 증가하고 있는 점에 미루어 보다 위생적인 처리를 통한 유통 기간 연장 및 안전한 농산물 공급 체계를 구축하는 것이 시급할 것으로 예상된다.

부분가공 농산물의 미생물 밀도 및 외관 품질 조사: 시판되고 있는 부분가공 농산물의 위생 상태를 살피기 위하여 우엉, 생강, 고사리, 도라지, 연근을 도매시장과 대형 유통센터의 슈퍼마켓에서 구입하여 미생물 밀도와 외관 품질을 조사하였다.

수집한 소포장 농산물의 균 밀도를 조사한 결과 (표 1), 모든 작물에서 세균밀도가 10^7 cfu · g⁻¹fw 이상 수준으로 조사되었는데 고사리가 그 중 가장 높은 밀도를 보여주어 2.7×10^{10} cfu · g⁻¹fw으로 매

Table 1. Bacterial density of partially processed horticultural products in market, Daejeon area.

Crop name	Bacterial density (cfu · g ⁻¹ fw)	Remarks
Great burdock	3.3x10 ⁸	Severe browning
Ginger	9.0x10 ⁹	Visibly sound, washed
Brake fern	2.7x10 ¹⁰	Off-flavor, water soaked
Balloon flower	8.6x10 ⁸	Visibly sound, peeled
Garlic	2.2x10 ⁷	Visibly sound, peeled
Lotus root (bleached)	1.3x10 ⁸	Visibly sound, peeled and sliced
Lotus root (unbleached)	2.8x10 ⁹	Severe browning, peeled and sliced

Table 2. Effect of ozone-treated water washing on the bacterial density and appearance quality in partially processed horticultural crops.

Crops	Dissolved ozone concentration (mg · L ⁻¹)	Dipping time (min)	Simulated marketing (days)	Bacterial density (cfu · g ⁻¹ fw)	Appearance	Degree of off-flavor ²
Brake fern	0	3	4	8.76x10 ⁹	Sound	+++
	0.3	3	4	1.08x10 ⁷	Sound	+
Lotus root	0	5	4	4.56x10 ⁷	Browning	+
	0.3	5	4	9.43x10 ⁶	Sound	-
Great burdock	0	5	4	1.30x10 ⁵	Browning	+
	0.3	5	4	3.30x10 ⁴	Sound	-
	0.3	10	4	5.93x10 ⁵	Browning	+
Lettuce	0	3	4	1.13x10 ⁶	Browning (mild)	-
	0.3	3	4	6.30x10 ⁵	Browning (mild)	-
	0.3	6	4	1.83x10 ⁶	Browning (severe)	+
Chestnut (peeled)	0	0	28	-	Browning (severe)	+++
	0	3	28	-	Sound	+++
	0.3	3	28	-	Sound	+

²Bacterial density was determined after simulated marketing period and the degree of off-flavor was expressed from - (none), + (mild), ++ (medium) and +++ (severe).

우 높았다. 다음으로 생강과 표백하지 않은 연근으로 나타났으며 표백 처리한 연근 그리고 우엉이 다음이었으며 세균 밀도가 가장 낮은 것은 깎마늘이었다. 연근의 경우 표백 처리한 것이 그렇지 않은 것에 비하여 세균 밀도가 1/20로 감소되었는데 이는 표백제 처리에 따른 황산화물에 의한 살균

효과 때문일 것으로 추정되었다. 그러나 이러한 표백 처리에 따른 잔류 성분의 안정성 여부는 확인되지 않았다.

본 연구에서 세균을 동정하지 않았으나 판매되고 있는 농산물에서 검출된 세균이 병원성 미생물일 것으로 판단되지 않지만 세균 밀도가 매우 높

게 측정된 사실은 이러한 농산물의 위생 처리 또는 판매 과정에서 관리가 부적절할 것으로 추정할 수 있었다. 또한 일부 표본에서는 대장균과 유사한 colony가 관찰되어 부분 가공한 농산물을 담가두는 물의 수질이 부적절하였을 가능성도 있다. 현재 조사된 세균 밀도는 일반적으로 토양에서 분리되는 세균 밀도가 $10^8 \sim 10^{10}/g$ 인 점을 감안하면 부분 가공된 농산물에서 검출된 세균 밀도를 기준으로 할 때 시판 중인 부분가공 원예산물에 대한 보다 적극적인 위생 처리가 필요할 것으로 예상된다.

외관 품질도 우영과 연근 경우에는 심하게 갈변되어 상품 가치가 낮았으나 표백 처리한 연근의 경우에는 외관의 색도가 우수하였고 세균 밀도도 낮았으나 소비자의 구매 호응도는 낮은 것으로 판단된다. 특히 고사리는 건조시킨 것을 물에 불려 판매하고 있었는데 이취가 발생하여 매우 비위생적인 판매 경로를 취하고 있는 것으로 추정되어 이러한 농산물의 유통 과정을 개선할 필요성이 확인되었다.

오존수 처리가 몇 가지 원예산물의 유통성에 미치는 영향: 시중에서 구입한 물에 불린 고사리와 기타 신선 상태로 판매되는 작물을 구입하여 표피를 벗기거나 잘라 오존수 처리를 마친 다음 모의 유통경로를 부여하고 세균 밀도와 외관 품질을 조사하였다(표 2). 시판되고 있는 물에 불린 고사리와 연근을 구입하여 고사리는 대조구로 3회 흐르는 수돗물에 세척하였고 오존수 처리구는 $0.3mg \cdot L^{-1}$ 의 오존수에 5분간 침지하여 처리한 다음 모두 탈수하여 소포장하고 시중의 판매조건과 유사하게 $10^\circ C$ 에서 보관하였다. 구입한 고사리의 경우 처리 전에는 다소간의 이취가 발생하였으나 세척 후에는 이취가 감지되지 않았다. 판매 조건을 2일간 부여한 다음 외관을 조사하였을 때 처리간에 특별한 차이는 관찰되지 않았지만 포장 용기

내부의 가스 표본을 조사하였을 때 CO_2 농도에 차이를 나타내어 무처리(수돗물 세척)의 경우 1.43%, 오존수 세척의 경우는 0.76%로 조사되어 무처리구의 세균밀도 증가에 의한 CO_2 증가가 더욱 빠르게 진행되고 있음을 확인할 수 있었다. 포장을 뜯고 냄새를 확인하였을 때 무처리에서는 비교적 강한 이취가 발생한 반면 오존수 처리구에서는 거의 냄새가 감지되지 않았다. 고사리의 경우 건조 과정을 거친 것으로 조직이 이미 신선 상태를 상실하였기 때문에 이취와 이산화탄소 증가는 감염된 미생물의 번식에 의한 것으로 간주될 수 있는데 오존수 처리는 조직의 미생물 밀도를 현저히 낮추기 때문에 모의 유통 중 미생물이 증식할 지라도 처리간에 증식 속도에 차이가 있어 오존수 처리에서 이취 발생이나 포장용기 내부의 이산화탄소 축적이 적었을 것으로 판단된다. 그러나 건조한 고사리를 다시 불려 놓은 상태이었으므로 외관상 조직이 무르거나 상품성이 저하된 느낌을 받지 않았다.

연근의 경우 무처리는 모의유통 4일에 조직이 갈변된 현상이 처리구에 비하여 현저히 심하였으며 약간 이취가 발생하였지만 상품가치는 있는 것으로 판단되었다. 오존수 처리구의 경우는 절단면이 갈변되는 현상은 관찰되지 않았지만 포장이 완전하지 못한 경우에는 절단면이 다소 건조해진 느낌을 주었다. 우영의 경우 처리 시간이 10분일 경우 무처리와 마찬가지로 갈변 증상이 관찰되었고 세균 밀도도 무처리와 거의 같은 수준이었다. 이러한 결과는 오존수 처리 시간이 길어짐에 따라 살균 및 표백 효과가 있었지만 조직이 부분적으로 파괴되어 모의 유통 후에는 손상 받은 조직으로부터 세포액이 누출되어 나타난 현상으로 추정되었다. 양상추의 경우 연근이나 우영과 달리 조직이 약하므로 오존수 처리에 따른 효과가 뚜렷하지 못

하여 오존수 처리구에서도 갈변 증상이 관찰되었다. 특히 처리 시간이 6분이었을 때에는 3분 처리에 비하여 이러한 현상이 심하게 나타났고 무처리에 비하여 결코 유리한 결과를 보여주지 않았다.

간밤의 경우에는 세척하지 않고 포장한 경우에는 심하게 조직이 갈변되었고 10°C 28일 저장 후에는 매우 심한 이취가 발생하여 상품 가치를 상실하였다. 수세한 경우에도 갈변이 발생하고 이취가 심하게 발생하고 조직이 다소 물러지는 현상이 관찰되어 상품 가치를 상실한 것으로 판단하였다. 반면에 오존수 3분 처리는 약한 이취가 발생하였으나 그 정도는 매우 약하여 오존수 처리에서 유리한 결과를 얻었다. 이상의 결과로 볼 때 조직의 상태 또는 치밀도에 따라 오존수 처리 효과가 달리 나타난 것으로 생각할 수 있어 작물 유형에 따

른 보다 정밀한 조사가 진행될 필요가 있을 것으로 판단된다.

우엉과 연근에 대한 오존수 처리효과: 연근과 우엉에 대한 오존수 처리를 마치고 모의 유통 4일까지 절단면의 색을 조사한 결과(표 3), 무처리의 경우 옅은 황색이 감도는 상태이었는데 비하여 오존수 5분처리의 경우 비교적 밝은 황색을 지니고 있어 상품 가치가 높게 평가되었다. 그러나 10분 처리의 경우 처리 2일까지는 특별한 장애가 관찰되지 않았지만 4일에는 갈변 정도가 5분 처리에 비하여 짙어진 느낌을 주었지만 색도차계로 조사하였을 때 처리간 유의차가 인정되지 않았다. 따라서 관능적으로 품질을 평가하였을 때 모의 유통 4일에서 무처리의 경우 상품성을 상실하지 않았지만 상품 가치가 처리구에 비하여 낮아진 것으로

Table 3. Effect of ozone-treated water dipping on the surface color changes and appearance quality

Crops ^z	Treatment	Days after treatment	Hue angle	Appearance ^y (Index)
Great burdock	Tap water	0	914±14.2	5
		2	87.7± 2.5	3
		4	90.3± 3.5	3
	Ozone (5 min)	0	-	-
		2	88.2± 3.5	4
		4	90.6± 4.1	4
Ozone (10 min)	0	-	-	
	2	86.5± 4.8	4	
	4	90.3±14.4	4	
	4	91.9± 4.9	2	
Lotus root	Tap water	0	96.6± 5.0	5
		2	94.1± 6.4	3
		4	91.9± 4.9	2
	Ozone (10 min)	0	-	-
		2	97.0± 2.2	4
		4	84.6± 4.4	4

^zSamples were peeled, sliced at approximately 3-4 mm in thickness, washed, and packed in stylofoam tray.

^yAppearance quality was measured in the ranges from 5 (excellent) to 1 (very poor). Samples below 3 were regarded as market quality loss.

Table 4. Effect of ozone-treated water on the percentage of weigh loss in sliced great burdock.

Dipping Time (min)	Dissolved ozone concentration (mg · L ⁻¹)	Days of simulated marketing	
		2	4
0	0	3.4±0.3	4.3±0.1
5	0.3	2.6±0.3	5.2±0.3
10	0.3	3.1±0.1	5.3±0.1

평가되었다.

처리를 마친 우영을 상대로 모의 유통 과정에서 감량을 조사한 결과(표 4) 처리구의 감량이 모의 유통 2일까지는 처리간 차이가 없었으나 4일에는 처리구의 감량이 무처리구보다 다소 높았다. 이러한 결과는 오존수에 처리함으로써 절단면의 조직이 손상을 받아 일어난 것으로 추정할 수 있는데 유통 기간이 더욱 길어질수록 오존수 처리에 따른 불리한 현상이 나타날 가능성을 배제할 수 없다. 그러나 판매상에서 판매되는 일반적인 유통 기간을 고려할 때 2일 이내에 소비되므로 오존수 처리는 관행적인 황산화물 처리에 의한 표백과 살균 처리를 대체할 수 있는 가능성을 보인 것으로 판단된다. 또한 본 실험에서 처리한 조직을 무균 상

태에서 두고 포장한 것이 아니기 때문에 살균된 조직일지라도 2차 감염에 의한 문제점을 배제한 것이 아니므로 처리 작업에서 보다 청정한 상태를 유지한다면 더욱 효과적일 것으로 판단된다.

우영과 연근에서 포장 용기 내부 공기 조성을 조사하였을 때(표 5) 고사리와 달리(미발표 자료) 처리간 차이가 뚜렷하지 않았다. 식물 조직에 내생하는 세균은 다양하며 균채류인 우영과 연근은 다른 식물조직보다 내생균의 밀도가 높을 가능성이 있다. 특히 오존수에 의한 살균효과는 오존수와 직접 접촉하는 표면으로 제한되므로 조직 내부에 서식하는 균에는 거의 영향을 미치지 못하므로 10℃의 비교적 높은 모의 유통 환경에서 이들 내생균의 증식이 발생하므로 포장 용기의 가스 조성에 차이를 보이지 않았을 가능성이 있다.

양상추 및 나물류에 대한 오존수 처리 효과:

양상추는 패스트푸드점에서 세절한 상태로 많이 소비되므로 오존수를 이용하여 청정한 양상추 공급 방안을 마련하고자 실시하였다(표 6). 모의 유통 중 무게감량은 오존수 처리에서 무처리보다 높았는데 오존수 처리시간이 길수록 더욱 감량이 높게 나타났다. 오존수 처리에 의한 조직의 스트레스 정도를 살피기 위하여 에틸렌을 조사하였을 때 처

Table 5. Effect of ozone-treated water washing on the changes of gas composition in packages for great burdock and lotus root.

Crops	Time of dipping (min)	Days of simulated marketing					
		0		2		4	
		CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂
(%)							
Great burdock	0	9.7±2.1	1.4±0.2	9.9±0.1	2.0±0.1	11.6±0.6	2.6±0.1
	5	9.5±0.2	1.6±0.1	10.0±0.3	1.8±0.1	12.8±1.0	2.1±0.2
	10	10.0±0.1	1.8±0.0	10.0±0.0	1.9±0.1	9.6±0.1	2.0±0.0
Lotus root	0	14.0±0.4	0.8±0.1	14.0±0.4	0.7±0.1	13.3±1.8	1.2±0.3
	5	-	-	13.7±0.4	0.7±0.1	13.1±0.2	0.7±0.1

Table 6. Effect of ozone-treated water washing on the marketing potential in sliced lettuce.

Treatment	Days after treatment	Weight loss (%)	Ethylene ($\mu\text{l} \cdot \text{L}^{-1}$)	Vitamin C ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{fw}$)
Untreated	0	0	1.38±0.75	665.3± 70.7
	2	1.38±0.10	trace	763.1±129.7
	5	3.58±0.45	trace	627.4±112.5
Ozone (3 min)	0	0	0.88±0.13	634.2± 21.7
	2	2.77±0.32	trace	767.9±111.1
	5	4.44±0.42	trace	591.8± 63.5
Ozone (6 min)	0	0	3.09±0.14	588.0±103.7
	2	2.60±0.31	trace	574.5± 88.7
	5	6.17±0.54	trace	487.9± 53.4

Table 7. Effect of ozone-treated water dipping on the change of bacterial density in water soaked potherbs.

Potherbs	Treatment	Bacterial density($\times 10^4$)
Brake fern	Untreated	5.8
	Water washing	58.4
	Ozone	59.0
<i>Fischer ligulariata</i>	Untreated	2.0
	Water washing	119.0
	Ozone	3.5

리가 편차가 심하여 유의성이 확인되지 않았지만 3분 처리에서 무처리보다 낮았고 6분 처리에서는 무처리보다 높은 에틸렌 발생량을 보여주었다. 비타민 C 함량을 조사하였을 때 조직 간 편차가 매우 높게 나타났는데 이는 세절한 부위에 따른 편차로 추정되었다. 처리간에는 처리 직후에 조사한 경우에도 6분 처리에서는 무처리에 비하여 비타민 C 함량이 낮았고 모의 유통을 경과한 다음에는 더욱 낮아진 결과를 보여 진술한 작물에 대한 반응과 차이를 보였다. 특히 색의 변화도 심하여 6분 처리의 경우 갈변 정도가 무처리에 비하여 월등히 높아 바람직하지 않았으며 조직이 물러지는 현상

도 관찰되었다(자료미제시).

건조한 나물을 유통할 경우 소비에 불편한 점이 많아 일반 소비자의 선호가 떨어지는 경향이 있으므로 이러한 나물의 청정화 방안을 모색하기 위하여 오존수의 활용 가능성을 검토하였다(표 7). 건조한 나물로부터 세균을 분리하였을 때 나물 종류에 관계없이 균밀도는 매우 낮은 상태이었다. 그러나 수침 24시간 후 수세한 처리와 오존수 처리한 경우를 비교하였을 때 나물 종류에 따라 균밀도에 많은 차이를 보여주었다. 즉, 조직이 두꺼운 고사리의 경우 오존수와 수세 처리간 차이가 없었으나 취나물의 경우 오존수 처리에서 현저히 낮은 수준이었는데 이는 조직의 특성에 따른 차이로 판단된다. 고사리의 경우 줄기부위가 취나물에 비하여 두껍기 때문에 수침 과정에서 균이 조직 내부로 침투하여 번식하기 때문에 오존수를 처리하여도 균과 직접 접촉하지 못하므로 살균 효과가 떨어지지만 취나물의 경우 잎 조직이 얇아 오존수에 노출하였을 때 얇은 조직 내부로 오존수가 침투할 수 있기 때문에 살균 효과가 월등히 우수한 것으로 조사되었다. 이러한 결과를 토대로 추정할 때 나물류에 대한 오존수 처리는 나물의 편이 식품화에

기여할 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 결과는 다른 건조 나물에서도 확인되었는데 다래순, 고추 잎과 같이 조직이 얇을 경우 진공 포장하여 모의 유통 조건을 부여할 때 20일 이상 이취나 향의 손색없이 품질이 유지되는 것으로 나타났다(자료 미 제시).

이상의 결과를 살필 때 오존수 처리에 의한 부분가공 원예산물의 청정화 가능성을 얻었으나 작물 유형에 따라 보다 구체적인 처리 농도 및 시간에 대하여 구체적인 조건을 확립할 필요가 있을 것으로 판단된다. 양상추의 경우 조직이 약하여 본 연구에서 처리한 조건에서는 탁월한 효과를 나타내지 못한 반면 우엉과 연근은 변색 방지는 물론 살균 효과가 인정되어 실용화 가능성을 보여주었다. 나물의 경우 조직의 성상에 따른 처리 농도 및 시간을 조절할 필요가 있으며 조직이 얇을 경우 우수한 효과를 나타내지만 조직이 두꺼울 경우 처리 초기부터 세균의 증식을 억제할 수 있는 방안을 모색하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

적 요

시중에서 유통되는 부분 가공 원예산물의 세균 밀도는 매우 높아 청결 상태가 불량하였다. 작물별로는 깎마늘에 세균밀도가 낮았으며 기타 작물의 경우 미생물 밀도는 10^8 이상이였다. 특히 고사리의 경우 가장 세균 밀도가 높을 뿐 아니라 이물질이 혼입된 경우도 있었다. 오존수 처리반응은 작물의 유형에 따라 차이를 나타내었는데 근채류인 우엉과 연근은 변색을 방지할 뿐 아니라 살균 효과로 세절한 작물의 유통성을 향상시킬 수 있었으나 $0.3\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 농도에서 5분 이상 처리할 경우 오히려 불리하였다. 양상추의 경우 $0.3\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 2분

을 초과하여 처리할 때 조직이 물러지고 변색이 더욱 심하여 처리시간과 농도에 대한 구체적인 검토가 필요하였다. 건조나물의 경우 살균효과 뿐 아니라 유통 중 세균 증식에 따른 이취 발생을 억제하는데 효과적이었다. 이러한 효과는 조직이 두꺼운 고사리보다 얇은 취나물에서 더욱 뚜렷하였다. 본 연구에서 얻어진 결과를 살필 때 건조나물을 비롯한 연근, 우엉 등의 작물에 대하여서는 실용화 가능성이 있는 것으로 판단된다.

인용문헌

1. Benitez, F.J., J. Acero, and A.I. Leal. 2003. Purification of storage brines from the preservation of table loives. *Journal of Hazardous Materials* B96:155-169.
2. Escriche, I., J.A. Serra, M. Gomez, and M.J. Galotto. 2001. Effect of ozone treatment and storage temperature on physicochemical properties of mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Food Sci. and Tech. International* 7:251-258.
3. Gould, G.W. 1996. Potential of irradiation as a component of mild combination preservation procedures. *Radiat. Phys. Chem.* 48:366.
4. Kells, S.A., L.J. Mason, D.E. Maier, and C.P. Woloshuk. 2001. Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. *J. Sotred Products Res.* 37:371-382.
5. Liew, C.L. and R.K. Prange. 1995. Effect of ozone and storage temperature on postharvest disease and physiology of carrots (*Daucus carota* L.). *J. of Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:563-567.
6. Naitoh, S. 1992. Studies on the application of ozone in food preservation-Synergistic sporicidal effects of ozone and ascorbic acid, isoascorbic acid to *Bacillus subtilis* spore. *The Soc. for Antibacterial and Antifungal Agent.* 20(11):565-570.

-
7. Naitoh, S. 1994. Studies on the application of ozone in food preservation. 17(10):483-489.
 8. Naitoh, S. and T. Izaki. 1990. Studies on the application of ozone in food preservation-Ozone inactivation of *Clostridium thermoaceticum* and *Clostridium thermosaccharolyticum*. The Soc. for Antibacterial and Antifungal Agent. 18(9):423-430.
 9. Palou, L., C.H. Crisosto, J.L. Smilanick, J.E. Adaskaveg, and J.P. Zoffoli. 2002. Effect of 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 24:39-48.