



## 식품 가공 공정에서의 오존수 관리 동향, 사용 실태 및 활용 방안

김용수<sup>1,3</sup> · 박인숙<sup>1,3</sup> · 김애영<sup>1</sup> · 전경민<sup>1</sup> · 서유미<sup>1</sup> · 최성희<sup>1</sup> · 이영자<sup>2</sup> · 최현철<sup>2</sup> · 전대훈<sup>2</sup> · 김형일<sup>2</sup> · 하상도<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>한국보건산업진흥원, <sup>2</sup>식품의약품안전청, <sup>3</sup>중앙대학교 식품공학과

### Application, Utilization and Management of Ozone Water in Food Manufacturing

Yong-Soo Kim<sup>1,3</sup>, In-Sook Park<sup>1,3</sup>, Ae-Young Kim<sup>1</sup>, Kyoung-Min Jeon<sup>1</sup>, Yu-Mi Seo<sup>1</sup>, Sung-Hee Choi<sup>1</sup>  
Young-Ja Lee<sup>2</sup>, Hyoun-Chul Choi<sup>2</sup>, Dae-hoon Jeon<sup>2</sup>, Hyoung-il Kim<sup>2</sup>, and Sang-Do Ha<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Korea Health Industry Development Institute, <sup>2</sup>Korea Food & Drug Administration

<sup>3</sup>Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University

(Received March 23, 2008/Accepted June 15, 2008)

**ABSTRACT** – The ozone has the oxidizing power which is powerful the fluorine and the antimicrobial spectrum of wide scope. Researches were carried out to use the merits that ozone has in various fields including the food industry, and many studies are also conducted nowadays for more efficient use of ozone. The ozone was permitted legally as a food additive and was practically used in the United States, Australia, Japanese etc. In November 2007, ozone water was permitted as a food additive in Korea and the interest in the use of ozone water has been on the rise in the Korea's food industry. As a olisinfactant method, ozone has many advantages. The maintenance and management expenses of ozone are lower than the installation cost at early stages and no by-products are generated after use it compared to others. Recently the demand of ozone as a olisinfactant method is increasing drastically. Although ozone water is popularly used to sterilize raw foods like fruits, vegetables and meats, the cases are still limited and were verified by the survey results. However, the use of ozone water is gradually being increased and is focused on food services. Ozone water refers to a state where ozone is dissolved into water to more conveniently use ozone. Accordingly, ozone water should be managed in regards with the amount and time of water-dissolved ozone, and the control of discharged ozone concentration is required for safe use of ozone water. The items to control mentioned above are directly related to the performance of the devices, and therefore, it is required to newly establish the performance criteria of ozone water manufacturing devices.

**Key words** : Ozone water, Utilization, Management, Food manufacturing, Legal permit

오존(O<sub>3</sub>)은 산소원자 3개로 이루어진 산소의 동위체로서 공기 중의 산소가 번개나 태양광선, 자외선과 반응하여 생성되기도 하고, 고전압 하에서 전기적인 힘에 의해 생성되기도 하는 우리 주위에 항상 존재하는 물질이다<sup>1)</sup>. 순수한 오존은 매우 특이한 냄새를 가진 열은 푸른색 가스 또는 액체로 높은 농도에서는 푸른색을 나타내지만 2% 이하의 농도에서는 무색이어서 육안 식별이 불가능하다<sup>2)</sup>. 그러나 불소 다음의 강력한 산화제로 넓은 살균 스펙트럼을 가지고 있어 세균, 효모, 곰팡이, 바이러스 등 공기 유래 및 표면 미생물에 대한 살균력이 높다<sup>3-7)</sup>. 오존은 pH 6.0~8.5에서 살균력이 가장 높지만 pH가 낮을수록 불안정해지는 특성을 가졌고,

온도에 민감하여 수온이 증가할수록 오존의 용해도는 감소된다<sup>8)</sup>. 또한 반응성이 매우 빠르고 부산물로는 산소분자, 산, 알데히드, 케톤 등이 있으나 유해한 잔류물이나 이취를 남기지 않으며 다른 물질보다 환경부하량도 적다<sup>3)</sup>. 오존은 미생물의 세포막 등의 표층을 공격하여 파괴하고, 세포투과율이 변화되어 효소와 핵산을 불활성화함으로써 세포를 사멸시킨다(Fig. 1)<sup>9)</sup>. 오존의 강력한 산화력은 살균, 탈취, 탈색, 유무기물과 반응하는 특성을 갖는다<sup>10-12)</sup>. 그래서 식품 제조 용수, 생수, 음료 등의 식품 살균, 식품가공 장비의 살균, 식품가공 시설 내 공기 살균, 식품가공 폐수 처리, 포도주제조장비의 살균 등 식품가공공장에서 뿐 아니라 수영장, 온천, 냉각탑의 용수 살균과 공장 폐수처리 시 조류 제어 등에도 폭넓게 사용되고 있다<sup>13-17)</sup>.

오존을 이용한 살균법이 산업화하기에 적합하다고 판단되는 이유로 다른 가공법과 비교하면 초기 설비 비용에

\*Correspondence to: Sang-Do Ha, Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Ansong 456-756, Korea  
Tel: 82-31-670-4831, Fax: 82-31-675-4853  
E-mail: sangdoha@cau.ac.kr

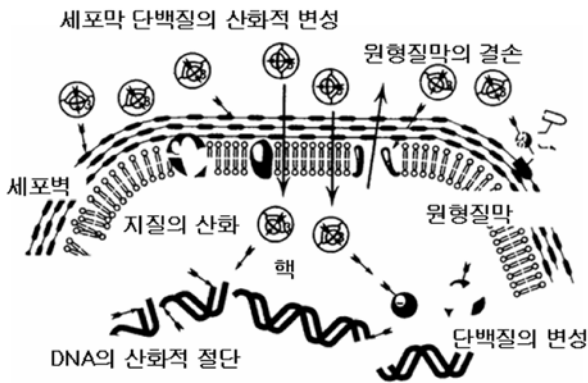


Fig. 1. 오존에 의한 미생물의 살균작용<sup>5)</sup>.

비해 유지 관리비가 저렴하다는 점과 잔류물질이 거의 없다는 장점 등으로 오존발생 살균소독장치에 대한 수요가 증가하고 있다. 현재 식품의 살균공정에 직접 이용되어 있는 사례는 적지만, 오존의 살균·탈취 및 선도 보관 유지의 뛰어난 효과에 대한 연구 사례들이 보고되고 있어 향후 이용 가능성이 높아지고 있다<sup>18-21)</sup>.

### 오존 제조기술 및 시장

최근 오존에 관련된 연구동향들을 살펴보면, 고농도 오존 생성을 위하여 오존의 용해성을 높이고, 배오존을 최소화 하는데 초점이 맞추어져 있다. 또한 오존을 발생하는 방식에 따라 자외선램프식, 방전식 및 전해분해식방식이 있다<sup>22)</sup>.

자외선 램프식 오존발생장치는 유해한 질소산화물이 포함되지 않은 깨끗한 오존을 생성하기 때문에 안전하며, 오존을 신속하게 분해하여 활성산소로 만들어 바로 효과를 발휘할 수 있다. 자외선 램프식 오존발생장치의 오존 생성 원리는 공기 중의 산소분자(O<sub>2</sub>)에 185 nm이하 파장의 자외선을 조사하면 산소분자는 선택적으로 활성화된 산소원자를 생성하고 산소분자와 재결합하여 오존(O<sub>3</sub>)을 생성하게 된다<sup>24)</sup>. 단, 오존 램프의 수명은 5,000~8,000시간으로

오존의 효력을 유지하기 위해 램프교환 등의 관리가 필요하다. 방전식 장치는 무성방전과 연면방전이 있으며 오존 발생장치로 가장 많이 사용하는 방식으로 대량의 오존을 생성할 수 있고, 원료가 공기 및 산소로 가격이 저렴하기 때문에 널리 사용되고 있다. 주로 정수장에서 사용하고 있으며 대용량의 방식으로 장시간 안정하게 발생능력을 유지할 수 있다. 전해분해식은 특수한 전해질과 전해물질을 사용하여 전기분해로 오존을 발생시키는 방식이다. 이 방식은 물이 원료이므로 질소산화물과 금속먼지 등 불순물이 생성되지 않는다. 또한 전처리 없이도 고농도의 오존생성이 가능하고, 물의 용해도가 높아 적은 발생량으로도 큰 효과를 얻는 것이 특징이다<sup>22, 25)</sup>. 대량 살균소독수가 필요한 수산가공품 등 식품가공공장에서 작업대 세척부터 손소독에 이르기까지 폭넓게 도입되고 있다. 하지만 순도가 높은 고농도 오존을 생성할 때는 수돗물에 포함된 마그네슘과 칼슘을 제거하는 탈이온 연수기가 설치되어야 한다.

국내 오존발생 살균소독장치는 AST 등 31개 업체를 통해 개발 및 상품화되고 있으며, 인접 국가인 일본의 영향을 받아 주로 벤처 또는 영세업체를 중심으로 시장이 형성되어 있다. 하지만 대부분의 기계장치들이 수입제품이 많고 그동안 식품분야에서의 사용에 대한 제도적인 제한으로 인해 양질의 기술을 가진 제조장치가 만들어지지 못하고 있는 실정이었다. 하지만 국내의 일부 제조업체의 경우 상당히 높은 기술력과 오랜 경험력을 보유하고 있어 향후 이들 제조업체의 잠재적인 능력이 발휘될 수 있을 것이라 생각된다<sup>26-30)</sup>.

국내외에서 시판되는 오존수 제조장치의 종류 및 발생량에 대하여 조사한 결과는 Table 2와 같다. 국내에서는 가정용에서 산업용에 이르는 복합장치까지 1~50,000 ppm의 오존발생장치가 시판되고 있으며, 일본은 저가 보급형부터 손가락전용발생장치 등 16개 업체의 137개 장치 모두 1~15 ppm의 농도의 오존수 발생장치가 있다. 미국은 22개 업체 182개 제품으로 0~1,000 ppm 사이 농도의 오존수 발생장치가 시판되고 있고 캐나다는 독자적 기술의

Table 1. 오존발생 방식 및 발생기의 특징<sup>23)</sup>

방식	자외선 램프식	방전식	전해분해식	
발생기	저압수은 램프	무성방전관	연면방전	
전원	185 nm 자외선, 50, 60 Hz 수W~수백W	고주파: 10~20kV 50Hz~2kHz	3~7kV 5~10kHz	
원리	O <sub>2</sub> + hν(185 nm) → 2O O + O <sub>2</sub> + M → O <sub>3</sub> + M	O <sub>2</sub> + e(>5.1eV) → 2O O + O <sub>2</sub> + M → O <sub>3</sub> + M	H <sub>2</sub> O → O <sub>3</sub> + 6H <sup>+</sup> + 6e	
원료	주변공기 혹은 산소	건조공기 또는 산소	이온교환수	
오존생성 수율	1.9 g/kWh	50 g/kWh	16.7 g/kWh	
오존 농도	0.5%	최대 14%	최대 20%	
특징	장치가 간단	대용량 오존제조 0~300 kg/h NO <sub>x</sub> ~1/100 O <sub>3</sub>	소용량 오존제조 0~100 g/h NO <sub>x</sub> ~1/50 O <sub>3</sub>	고농도 오존제조 수분함유

오존발생장치부터 30,000 ppm의 고농도 오존(수) 발생장치가 시판되고 있다(2007.12)<sup>31)</sup>.

### 국내외의 오존관리현황

기계장치로부터 생성되는 오존에 대한 국내외 관리현황은 Table 3과 같다.

#### 미국

미국에서 오존의 식품사용에 대한 관리규정은 표 4와 같다. 1982년 11월 5일 GRAS (Generally Recognized As Safe)로 지정되었고, 2001년 6월 26일 미국 FDA는 21 CFR part 173에서 가금육과 식육 등을 포함한 식품 등의 살균제로써 가스상 또는 액상으로 오존의 안전한 사용을 위해 식품첨가물로 허가하였다. 2000년 9월 13일 연방등록공고

내용에 따르면 EPRI (Electric Power Institute), AFTA (Agricultural and Food alliance)에 의해 제안되었으며, 식품첨가물 청원서 내용에는 유기합성농약으로 적용되고 있지 않은 오존을 식품의 처리, 저장, 가공 과정에서 살균제로써 가스 또는 액상으로써 상업적 목적으로의 신선 농식품의 처리, 포장에 위해 ARTCA (Antimicrobial Regulation Technical Correction Act)에 의해 개정된 FFDC (Federal Food, Drug and Cosmetic Act)의 규정에 따른 오존의 안전한 사용을 제안하였다. ARTCA와 관련해서는 상업적 목적으로 신선 농산물을 준비, 포장, 처리하는 데에 있어 살균제로써의 사용을 제안하였고 이러한 오존의 사용은 식품첨가물로써 FDA 규정을 따른다. 신선농산물에 대한 살균제로써 오존의 사용이 식품첨가물로 조례(21 U.S.C. 348의 409호)를 따르지만 이러한 사용은 FIFRA에 따라 농약으로써의 규정을 따를 수 있다. FDA에서는 청원서의 자료와 기타 관

Table 2. 각 국의 오존수 제조장치 현황

구분	제조사 및 제품	
국내	AST사의 OS-1200의 31개 제조사의 335개 제품 등	
국외	일본	실버 세이코사의 SMART OZONE FX2000의 15개 제조사의 136개 제품 등
	미국	o3ozone사의 DC PRO 450의 21개 제조사의 181개 제품 등
	독일	AIR TREE사의 C-Lasky Series의 30개 제품 등
	네덜란드	Lenntech사의 OT series의 2개 제품 등
	캐나다	OZOMAX사의 4VTT의 2개 제조사의 23개 제품 등
	중국	Shandong NIPPON사의 NPF10(S)의 66개 제품 등

Table 3. 국내외의 오존에 대한 관리현황

구분	관리현황		
	관리 구분	관리 여부	관리 조항
미국	식품첨가물	○	21 CFR 184.1563(직접첨가물) 21 CFR 173.368(2차 식품첨가물)
	수처리제	○	America Water Work Association(AWWA) 미국수도협회 규격
	환경(대기, 실내)	○	FDA Occupational and Health Administration(OSHA)
유럽	식품첨가물	×	Directive No.89/107/EEC-WHO EU level 식품첨가물 인정국가-덴마크(GRAS)
	수처리제	○	America Water Work Association(AWWA) 에 의해 Biocide로 관리
	환경(대기, 실내)	○	Derective 2002/3/EC(2002.02.12)
일본	식품첨가물	○	노동후생성 식품위생법
	수처리제	○	Japan Water Work Association(JWWA) 일본수도협회 규격
	환경(대기, 실내)	○	산업위생 협의회 29CFR 1910.1000
대한민국	식품첨가물	○	식품의약품안전청고시 2007-74호 식품첨가물의기준및규격 (2007. 11. 9)
	수처리제	○	환경부고시 제187호 수처리제의기준과규격 및 표시기준
	환경(대기, 실내)	○	환경부고시 다중이용시설등의실내공기질관리법 실내공기질 권고기준(제4조관련)

**Table 4.** 미국 내 오존의 식품에서의 사용규정

적용	관련 규정	사용제한
가금류 & 식육 등 식품	21 CFR 173,368	-
음용수(병)	21 CFR 184.1563	GMP 기준을 초과하지 않아야 한다. 현행 GMP 기준은 음용수 주입시 최대 잔류농도 0.4 mg/l이다.

런 자료를 평가하였고 이러한 정보를 토대로 오존의 식품 첨가물 사용이 안전하며 기술적 효과가 있다고 결론을 내렸다.

**호주 및 유럽**

호주의 경우, 식품제조가공시 가공보조제로써 GMP 기준이 적용될 경우 모든 식품에 사용이 허용되고 사용농도에 대한 규정은 없다. 유럽의 식품첨가물에 대한 관리는 유럽위원회 지침서 No. 95/2/EC에 의해서 관리되고 있고, 지침서에는 오존에 대해 식품첨가물로 허용하고 있지 않으며 다만 지침서 98/83/EC(1998)에 따라 음용수 소독을 목적으로 사용되는 수처리제(Disinfectants)로는 허용되고 있다. 프랑스는 정수처리에 관련하여 오존의 농도를 규제하지 않고 있으며, 식수살균에 농도의 제한 없이 사용이 가능하다. 또한 오존은 식품가공 물질로써 그 사용이 자유롭고, 1995년 이후 생선, 펄프의 표백에 사용이 허가되었다.

**일본**

일본에서는 1998년 후생성의 제 56호 후생성 생활위생국장 통지 식품위생법에 근거하는 첨가물의 표시등에 대해서에 의해 식품첨가물로 등재 되었으며, 농산가공품, 수산가공품, 야채 등의 살균과 기타 식품가공공장내의 살균, 상하수도의 살균 등에 사용되고 있으며, 제조용제로써 농도의 제한 없이 사용이 가능하다. 2007년 9월 11일 현재 기존 첨가물 리스트 No. 51에 등재되어 있다. 오존은 독성이 있어 고농도로 함유된 공기를 흡입하여서는 안 되며, 접촉시간, 농도에 따라 호흡기장애를 일으킬 수 있어 사용(취급)상의 주의가 요구되기 때문에 일본 산업위생 협의회에서 권고하는 작업 환경 농도의 기준을 인체에 영향을 미치는 최저 농도인 0.1 ppm 이하(0.20 mg/m<sup>3</sup>)(단 1일 8시간, 주 40시간 이내)로 규정하고 있다. 노동자가 1일 8시간, 주 40시간 정도의 노동 시간 중에, 육체적으로 격렬하지 않은 노동에 종사하는 경우, 노출 농도의 산술 평균치가 이 수치 이하이면, 대부분의 노동자에게 건강상의 악영향을 미치지 않는다고 판단되는 농도이다. 이 노출 농도란, 호흡 보호도구를 장착하고 있지 않는 상태로, 노동자가 작업 중에 흡입하는 공기 중의 농도이다. 또, 15분간의 평균 노출 농도가 허용 농도의 1.5배를 넘지 않는 것을 권고한다.

**우리나라**

우리나라에서는 효율적인 위생관리체계 구축 및 소비자

의 안전을 확보하려는 취지 하에 식품에 사용되는 오존수에 대해 2007년 11월 9일에 식품첨가물 ‘식품의약품 안전청 고시 제 2007-74호’로 고시되었다.

**배오존 관리동향**

일반적으로 배출오존 또는 off-gas라고 하여 오존수 제조 시 오존을 물에 용존시키고 남은 오존가스가 대기 중으로 방출되게 되는데 오존수 제조방식에 따라 배오존의 양은 상당히 높은 편차를 보인다. 일반적으로 단순접촉식이나 인젝터방식의 경우, 용존되지 못하고 대기 중으로 방출되는 오존가스의 양은 인입되는 양의 약 98% 정도가 되며, 이러한 배오존을 측정하기 위하여서는 가스상의 오존을 측정하는 기기들을 이용하게 되는데 이 부분에서 약간의 기술적인 변수가 발생하기도 한다. 대기 중으로 방출되는 배오존의 양이 일정하지 않은데다 오존수 제조장치의 사용 환경에 따라 지속적으로 배오존의 양이 달라 일반적으로 하루 평균 측정값을 기준으로 할 수 밖에 없다. 이 또한 체계적인 관리기준을 마련하기에는 너무 많은 상황변수와 조건변수가 존재하기 때문에 현실적으로 적합한 기준치를 마련하는 것이 매우 어려운 상황이다. 통상적으로 오존의 용존효율이 높을수록 인입되는 오존가스의 양에 비해 오존수 제조공정 후 배출되는 배오존의 양은 적게 되므로, 오존수 제조방식에 있어서 단순한 오존가스 폭기식이나 인젝터 등을 이용하여 물과의 순간적인 접촉만을 유도하는 방식들에 대하여 집중적으로 관리를 한다면 이러한 문제점들은 일정부분 해결될 것이다. 단, 0.1 ppm 이하의 저농도의 오존수가 필요한 곳이라면 인입되는 오존가스의 양을 미량으로 조절하여 배오존의 양을 상당부분 줄일 수 있을 것이다. 그러나 작업환경 내에 배오존이 과다하게 존재할 경우 인체에 여러 가지 독성을 미치게 되는데 주로 호흡기에 영향을 미친다. 이러한 급성독성은 오존의 농도와 노출시간에 따라 다르게 나타나는데 오존의 노출과 생체에 대한 작용을 표 5에 나타냈다. 반복해서 저농도의 오존에 노출되는 경우에는 만성중독의 증상으로 식욕감퇴, 두통, 수면장애등이 생긴다. 따라서 국가별 오존의 실내와 대기 환경 허용기준은 평균 1시간에서 8시간의 평균 노출한계를 규제하고 있고 작업환경 기준은 최대허용한계치(TLV)와 단기노출농도한계(STEL)로 허용기준을 정하고 있다 (Table 6)<sup>31)</sup>.

국내에서는 “다중이용시설등의실내공기질관리법”(2006

**Table 5.** 오존의 농도에 따른 인체에의 영향

오존농도(ppm)	인체에 영향
0.01~0.02	다소 냄새를 느낌(곧 무감각해짐).
0.1	뚜렷한 냄새를 느끼고, 코와 인후부에 자극
0.2~0.5	3~6시간 노출로 시각이 저하
0.5	상부기도에 뚜렷한 자극을 느낌
1~2	2시간 노출로 두통, 가슴압박, 갈증을 느끼며 반복하여 폭로 시 만성중독
5~10	맥박증가, 몸에 통증, 마취증상이 나타남
15~20	작은 동물은 2시간 내에 사망
50	인간은 1시간노출로 생명에 위협

**Table 6.** 국가별 오존의 실내 환경 허용기준

오존농도(ppm)	노출한계	비고
실내환경	0.005 ppm (미국, ACGIA)	8시간 평균
	0.03 ppm (뉴질랜드)	8시간 평균
	0.08 ppm (WHO Europe)	8시간 평균
	0.1 ppm (WHO Europe)	1시간 평균
대기환경	0.12 ppm (USA EPA)	
	0.06 ppm (일본)	1시간 평균
	0.082 ppm (캐나다 보건성)	1시간 평균
	0.08 ppm (한국, 대기환경보전법)	1시간 평균
	0.1 ppm (한국, 대기환경보전법)	8시간 평균
작업환경	0.1 ppm (USA ACGIA)	최대허용
	0.3 ppm (USA ACGIA)	한계치 (TLV)
	0.1 ppm (일본산업위생학회)	단기노출농도
	0.1 ppm (한국 노동부)	한계 (STEL)

년 12월 30일) 실내공기질 권고기준(제4조 관련)에 따라 오존을 관리하고 있다. 지하상가, 여객터미널, 도서관 및 박물관 등의 다중이용시설 대다수에서는 실내기준 0.06 ppm 이하, 연면적 2,000m<sup>2</sup> 이상의 실내주차장에서는 0.08 ppm 이하로 관리한다.

### 식품가공공장에서의 오존발생 살균소독장치 사용현황

오존은 최근 수족관, 콩나물 공장, 제빙 공장, 식품 저장고 등에 이용하는 사례가 점점 늘고 있으며, 공기청정제로도 이용되고 있다. 국제오존학회(International Ozone Association)에 등록되어 있는 국외의 오존적용 사례를 보면 농업, 환경, 어업 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 특히 음용수, 농업용수 등의 수처리 등에 많이 사용된다(Table 7). 국내에서도 상수도, 오수, 폐수 및 분뇨 등의 수처리에 주로 사용하고 있고 공업용수의 살균 목적으로 사용된다. 또한 급식시설용 식자재 및 조리기구의 살균을 목적으로 사용되고 있다(Table 8).

미국의 경우 주로 사육시설이나 육가공품의 위생관리에

오존수를 사용하고 있으며, 식품 위생관리에 사용되고 있는 오존수에 대해서는 사용대상에 따라 사용량이 정해져 있다. 일본의 경우는 야채나 과일의 저장관리, 가공식품에 사용되는 원료 및 재료의 위생관리에 사용되고 있다(Table 9). 국내에서도 대부분 오존의 식품이용은 과일, 채소, 식육 등 식품의 원재료 처리에 사용된다. 오존수의 사용현황을 보면 식품분야보다 환경이나 농업분야에 더 다양하게 사용되고 있다(Table 10).

### 국내 식품가공공장에서의 살균소독제 기계장치 사용실태 조사

국내에서 사용되는 오존발생 살균소독장치의 사용실태 조사를 위하여 HACCP 지정기관을 받은 식품가공공장 및 단체급식업체를 대상으로 설문 및 방문조사를 실시한 결과<sup>10)</sup>에 따르면 설문에 응답한 30여개 업체의 70%가 살균소독을 목적으로 기계장치를 설치하여 사용하고 있었다. 이들 기계장치 중에서 약 80%가 자외선 소독기를 사용하고 있으며 식품가공공장의 4%, 단체급식업체 5%만이 오존발생 살균소독장치를 사용하고 있었다. 식품가공공장과 단체급식업체의 기계장치 대부분은 작업장 내부에 설치해 놓았으며, 또한 식품가공공장 및 단체급식업체 71% 이상이 관리지침서를 가지고 관리하고 있었다. 식품가공공장의 75%와 단체급식업체의 88%가 살균소독장치 소독액의 농도는 확인하지 않는다는 것을 확인할 수 있었다(Table 11, 12).

### 식품가공공장에서의 오존수 활용 및 관리방안

오존은 다른 화합물에 비해 살균력이 강하고, 염소계 등의 다른 화학제제와 달리 Trihalomethan과 같은 유해한 반응부산물을 생성시키지 않는다는 장점을 가지고 있다. 또한 산소만을 원료로 하고 있어 전력만 충족되면 제조와 관리가 용이하여 국내외의 다양한 산업분야에서 사용하고 있다. 최근 국내에서도 오존의 장점에 대한 관심이 높아지면서 식품산업현장으로 사용될 수 있도록 2007년 11월 9일 식품첨가물로 고시되었다.

국내, 외적으로 오존수를 사용하는 여러 가지 처리 분야가 활성화되고 있지만 살균, 세척용제로써의 오존수의 정의가 명확하지 않아 사용자 입장에서는 많은 혼선과 시간적 경제적 시행착오를 겪고 있다. 오존수 처리와 수처리 및 공중위생법상의 수질처리에서 사용되어지는 오존의 경우도 오존수로 명칭 되어짐에 따라 살균세척용제로서의 기능을 구현하기 위하여서는 반드시 일정한 용존 농도 이상의 오존이 물속에 유지되어야함에도 불구하고 일부에서는 적절치 않은 기기들이 유통되어지고 있다. 그러므로 살균세척용제로서의 적용에 있어 기계장치에 대한 성능기준이 엄격히 관리되어야 한다고 사료된다.

오존수를 현장에서 살균, 세척용으로써 사용할 경우 적정 용존 오존 농도의 유지시간이 약 10~20분 이상 되어야만 작업환경에서 안정적으로 사용이 가능한 것으로 나타나 1.0 ppm 이하로 용존 오존의 농도가 감소할 경우 현장 내에서 올바른 적용이 어려울 것으로 판단된다. 동시에 오존수 활용 시 오존가스의 과다배출, 즉 배오존으로 인하여 작업자 및 작업환경에 악영향을 초래 할 수 있기 때문에 오존수 제조장치를 사용함에 있어 안전하게 사용할 수 있는 사용지침 등이 필요할 것으로 생각된다. 또한 식품에 사용되는 식품 제조용수는 식품위생법 시행규칙 제22조(영업허가의 신청) 제8호 및 제27조(영업의신고등) 제5호에 의하면 먹는물관리법에 의한 먹는물수질검사가관이 발행한 수질검사성적서(수돗물이 아닌 지하수 등을 먹는물 또

는 식품등의 제조과정이나 식품의 조리, 세척등에 사용하는 경우에 한한다)를 첨부하도록 규정하고 있다. 수질검사항목은 54항목으로 항목 중 소독부산물 6개항목(잔류염소, 클로랄하이드레이트, 디브로모아세토니트릴, 디클로로아세토니트릴, 트리클로로아세토니트릴, 할로아세틱에시드)에는 오존수에서 소독 부산물로 발생할 수 있는 가능성을 가진 성분은 없다. 하지만 오존수의 안전관리를 위해서 오존수에 대한 수질검사를 반드시 실시하게 하여 성적서를 구비하는 것으로 관리를 실시해야한다. 물론 식품첨가물 지정 절차에 따라 오존수 발생장치를 통하여 생성되는 성분들에 대한 내용이 검토되겠지만, 본 연구를 통해서 나온 결과를 종합하여 발생장치를 통한 오존수의 관리방안을 조심스럽게 제시하였다. 향후 고려되어야 할 사항은 발생장치의

Table 7. 국외 오존 제조장치 적용현황

분야	오존 적용
농업	곡물 처리, 곰팡이 제거, 무세미 처리, 토양개선, 토양처리/훈증처리
환경	실내 외 공기처리, 수처리(폐수, 재생)
식품	음용수, 가공식품, 식품보존
어업	양식, 수족관
기타	생물공학, 화장품, 의학, 치과, 마이크로 전자공학, 도시하수, 수영장, 온천, 가축 배설물, 약제

Table 8. 국내 오존 제조장치 사용현황

적용분야	오존수의 효과	국내적용 사업장	비고
상수도처리	소독, 맛, 냄새 제거, 응집, 침전 효율 향상, 발암물질 생성억제 미량 유기물 제거	정수처리장 - 부산 화명, 덕산 진해 석동, 마산 칠서, 김해, 양산 등 10여 곳	초대형, 대형 오존발생 장치 시설이 대부분이며 현재까지 수입품이 주류임. 2008년까지 전국에 약 80% 설치 예정
오수 처리	BOD, COD 저감 및 탈색 냄새 제거	기업체 연수원 20여 곳, 국내 골프장 50여 곳과 APT 30여 곳에 적용	처리 결과가 양호하며 색도의 처리로 주민의 민원이 거의 없음
폐수 처리	BOD, COD 제거와 탈색, CN 등 독성 물질의 조기 산화 고도처리	도금 공업, 제지 공업, 석유 화학 계통 등 국내 50여 곳에 적용	중, 대형 장치가 많으며 오존 처리 시 타 처리에 비해 경제성이 뛰어나지 않음
분뇨 처리	탈취, BOD, COD 제거용, 탈색	국내 약 15여 곳 이내로 악취 제거용으로 이용되었으며 기타 장치와 결합하여 이용	탈취용은 250 g/hr 이하의 소형이며 수처리용 탈색에 이용 시 효과가 높음
산업에의 이용	P.E 접착성 강화용	1회용 주사기 제조업체 국내 10여 곳 적용	주사바늘의 접착성 강화로 바늘의 탈착 방지
	펄프, 제자의 표백	국내에는 전무하나 동구권 노르웨이, 핀란드에서 사용	초대형 오존발생장치가 이용되며 1500 kg/hr 용량도 있음
	의약품 제조, 화학 공업	국내 약 5여 곳 적용	산화용도이며 부대방지 용도
공장 용수	냉각탑 살균, 지하수 이용 시 Fe, Mn 제거, 소독, 탈취	국내 30여 곳 적용 원수의 수질 악화로 늘어가는 있는 추세	재활용수의 처리에 적합하며, 대형건물의 중수도처리 등에 적합
기타 용도	가정에서 사용하는 살균제	국내 여러 제조업체가 있으나 안전장치 미약과 적정용존농도 부족으로 효과 미지수	오존의 용도는 다양하나 장치 안정성 측면 취약
	급식시설용 : 식자재 및 조리기구 살균으로 식중독 예방용	전국 초중고급급식시설 환경개선의 일환으로 2007년 하반기부터 도입예정	2007~2012 5개년 계획으로 교육부 주관 “급식시설환경개선” 프로젝트 확정됨. 장치의 관리기준 강화필요
	공기정화기, 에어컨 등 흡입 공기 살균 용도	국내 제품에 이용되고 있으나 규모나 매출 면에서 시장성이 적음	살균 용도이나 부속장치로 이용되기 때문에 한정된 용량

**Table 9.** 국외 오존수의 식품 관련산업 분야별 적용 현황

구분	분야	적용	
미국	축산	<ul style="list-style-type: none"> <li>친환경축산</li> <li>육가공 공장</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사육시설 위생관리, 가축 병관리</li> <li>· 육가공품의 위생관리 및 저장기간 증대</li> </ul>
	가공식품	원료 및 재료의 위생관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 닭고기 가공공장(위생관리, 염소계 살균소독제 대체)</li> <li>· 오존수 얼음 생산</li> </ul>
일본	농산물	안전한 세척농산물생산	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 오존수 세척농산물 생산기술 개발</li> <li>· 야채 저장관리 적용</li> </ul>
	가공식품	원료 및 재료의 위생관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 식품제조 전 공정에 오존수 살균시스템 적용</li> <li>· 아이스크림 전 공정에 오존수 살균시스템 도입</li> <li>· 오카야마현 쌀 도정공정에 활용</li> <li>· 우유/두부/생면/만두/통조림 등</li> </ul>

**Table 10.** 국내 오존수의 식품 관련 분야별 적용

분야	시장구분	적용 방법	
식품위생	급식시설	· 작업장, 식기, 원료, 공정 등 살균, 세척, HACCP 관리	
	가공	· 무세미 등	
	수산물	· 해양수산부 싱싱회 사업	
	사육 단계	· 항생제 사용 경감, 가축 건강 관리, 친환경축산연계	
	축산물	도축 공장	· 작업장, 공정, 도체 등 살균, 세척
		가공 공장	· 작업장, 공정, 도체, 포장품 등 살균, 세척
친환경 농업	유통 단계	· 소분, 보관, 진열시 살균, 세척	
	축산농가(단체)	· 소독제 사용 경감, 친환경 축사관리, 축산물 생산단계 HACCP 연계	
잔류농약 경감	경종농가(단체)	· 채소(시설재배지), 과수 재배에서 유기합성농약 대체	
	생산단계	· 포장시 잔류농약 분해 및 세척, 살균	
잔류농약 경감	유통단계	· 소분시 잔류농약 분해 및 세척, 살균	

**Table 11.** 국내 살균소독제 기계장치 사용 실태조사 - 일반사항

구분	설문 응답	단체급식		식품가공공장	
		사용분포	백분율(%)	사용분포	백분율(%)
기계장치 설치 여부	예	7	70	17	49
	아니요	3	30	18	51
기계장치 구입예정	예	4	44	17	65
	아니요	5	56	9	35
구입예정인 기계장치 종류	차아염소산수 제조장치	0	0	1	4
	차아염소산나트륨제조장치	1	20	1	4
	오존수 제조장치	0	0	2	7
	이산화염소 제조장치	0	0	1	4
	자외선 소독기	3	60	17	63
	전기소독기	1	20	3	11
	기타	0	0	2	7
구입예정인 기계장치 사용용도	식재료 살균소독	1	17	2	7
	칼, 도마 등 살균소독	3	50	16	55
	식품접촉기계장치 살균소독	2	33	7	24
	벽바닥 등 식품비접촉면 살균소독	0	0	2	7
	기타	0	0	2	7

설계와 제조방법에 따라 제조성분의 특성이 차이를 보이고 있어 실질적으로는 기계장치, 발생장치에 대한 관리가

**Table 12.** 국내 살균소독제 기계장치 사용 실태조사 - 세부사항

구분	설문 응답	단체급식		식품가공공장	
		사용분포	백분율(%)	사용분포	백분율(%)
기계장치 종류	차아염소산수 제조장치	0	0	0	0
	차아염소산나트륨 제조장치	0	0	0	0
	오존수 제조장치	1	5	1	4
	이산화염소 제조장치	0	0	0	0
	자외선 소독기	16	76	20	80
	전기 소독기	4	19	4	16
설치 장소	(제조공정)작업장 내부	14	82	12	80
	건물내부 작업장이외의 별도장소	3	18	3	20
	건물외부	0	0	0	0
사용 여부	예	17	100	20	91
	아니요	0	0	2	9
미사용 사유	효과가 없어서	0	0	0	0
	사용이 불편해서	0	0	0	0
	유지비가 많이 들어서	0	0	0	0
	기타	0	0	2	100
주사용 용도	식자재(원재료)	1	6	0	0
	칼, 도마 등 식품접촉 기구	16	94	10	77
	바닥 및 벽면 세척	0	0	0	0
	야채절단기 등 식품접촉기계장비류	0	0	2	15
	기타	0	0	1	8
관리여부	예	12	71	10	71
	아니요	3	18	2	14
	△	2	12	2	14
관리지침서 유무	예	15	88	6	46
	아니요	2	12	6	46
	△	0	0	1	8
관리항목	점검자	9	25	2	25
	점검일시	10	28	2	25
	사용시간	6	17	1	13
	사용농도/온도	11	31	1	13
	기타	0	0	2	25
농도확인	예	1	13	2	25
	아니요	7	88	6	75
농도확인방법	비색법	0	0	1	25
	적정법	0	0	0	0
	전도법	0	0	0	0
	분석장비(LC, GC 등)사용	1	50	0	0
	기타	1	50	3	75

△ : 살균소독제 관리지침이 선행요건에 포함되어 있을 경우 .



필요한 실정이다. 이는 단시간에 이루어질 수 있는 문제가 아니라 정부 부처간의 중복관리 등 선결될 과제가 있다. 변형된 접근방법으로는 협회나 관련 전문연구소 등을 활용한 오존수 발생장치 인증제도의 도입을 고려해야 할 것이다.

## 요 약

오존은 불소 다음으로 강력한 산화력을 가지고 있으며 넓은 범위의 살균 스펙트럼을 가진 성분이다. 식품산업을 포함한 다양한 분야에서 오존이 가진 장점을 이용하기 위한 연구가 진행되었고 지금도 효율적인 이용을 위한 많은 연구들이 이루어지고 있다. 오존은 미국, 호주 및 일본 등에서는 이미 식품첨가물로 허가되어 사용되고, 국내에서도 2007년 11월에 오존수를 식품첨가물로 허가하면서 국내 식품산업계에서 오존수 이용에 대한 관심이 증가되고 있다. 오존을 이용한 살균방법은 다른 방법들과 비교해보면 초기 설비비에 비해 유지관리비가 저렴하고, 사용 후 부산물이 거의 없다는 장점을 가지고 있으며, 최근의 식품 안전 요구증대와 맞물려 그 수요가 증가될 전망이다. 국내에서 오존수는 과일, 채소, 식육 등 식품의 원재료 처리하는 살균용제로서 주로 사용되고 있으나 실태조사의 결과에 따르면 이용사례는 극히 제한적이었다. 그러나 오존수 생성 기계장치의 국내 시장이 급속도로 확대되면서, 단체급식을 중심으로 점차 사용이 증가되고 있는 추세이다. 오존수는 오존을 좀 더 편리하게 이용할 수 있도록 물에 용존 시킨 상태를 말한다. 따라서 오존수는 오존의 용존량과 용존된 오존의 지속시간 등에 대하여 철저히 관리되어야 하며, 안전한 사용을 위해서는 배오존 농도 관리도 필요하다. 상기 관리항목들은 대부분이 기계장치의 자체성능과 직결되는 것이기 때문에 오존수 제조장치의 성능기준을 새롭게 정립할 필요가 있다.

## 감사의 글

이 논문은 2007년도 식품의약품안전청의 지원에 의해 연구되었음(KFDA-07052식품안015).

## 참고문헌

- Latimer, W. M.: The oxidation states of the elements and their potentials in aqueous solutions, 2nd ed. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall (1952).
- Rice, R. G.: Application of ozone in water and wastewater treatment. In: Rice RG, ed. Analytical aspects of ozone: treatment of water and wastewater. Chelsea, MI, Lewis Publishers 7-26 (1986).
- Norman, G. M. and Robert, B. G.: Principle Of Food Sanitation Chapter 10 Sanitizers. Springer, 182 (2006).
- Barth, M. M., Zhou, C., Mercier, M., and Payne, F. A.: Ozone storage effects on anthocyanin content and fungal growth in blackberries. *J. Food Sci.* **60**, 1286-7 (1995).
- Bazarova, V. I.: Use of ozone in storage of apples, *Food Sci. Technol. Abstr.* **14**, J1653 (1982).
- Dwankanath, C. T., Rayner, E. T., Mann, G. E., and Dollar, F. G.: Reduction of aflatoxin levels in cottonseed and peanut meals by ozonation. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **45**, 93-95 (1968).
- Gammon, R. and Kerelak, K.: Gaseous sterilization of foods. *Am. Inst. Chem. Engrsymp. Ser.* **69**, 91 (1973).
- Staelin, J. and Hoigne, J.: Decomposition of ozone in water, rate of initiation by hydroxide ions hydrogen peroxide. *Environmental Science and Technology*, **16**, 676-681 (1982).
- 佐藤 順 외, 미생물살균실용데이터집, SCIENCE FORUM (2005).
- Horvath, M., Bilitzky, L., and Huttner, J.: Ozone. *Elsevier.* 68-74, 304-31 (1985).
- Ishizaki, K., Shinriki, and N., Matsuyama, H.: Inactivation of *Bacillus* spores by gaseous ozone. *J. Appl. Bacteriol.* **60**, 67-72 (1986).
- Kaess, G. and Weidemann, J. F.: Ozone treatment of chilled beef. *J. Food Technol.* **3**, 325-333 (1968).
- Rice, R. G.: Ozone In the United States of America state-of-the-art. *Ozone Sciebcce Engineering* **21**, 99-18 (1999).
- Kim, J. G., Yousef, A. E., Chism, G. W.: Use ozone to inactivate microorganism on lettuce. *J. Food Safety* **19**, 17-34 (1999).
- Weavers, L. K., Wickramanayake, G. B., : Disinfection and Sterilization Using Ozone. 205-214
- Parish, M. E, Beuchat, L. R., Suslow, T. V., Harris, L, J., Garrett, E. H., Farber, J. N., Busta, F. F.: Methods to Reduce/ Eliminate Pathogens from Fresh and Fresh-Cut Produce, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* **2**, 161-173(Supplement) (2003).
- peeters, J. E., Mazas A, E., Masschelein, W. J., Villacorta Martinez de Materana I., Debacker, E.: Effect of disinfection of drinking water with ozone or chlorine dioxide on survival of *Cryposporidium parvum* oocysts, *Appl. Environ. Microbiol.* **55**, 1529-1522 (1989).
- Sarig, P., Zahavi, T., Zutkhi, Y., Yannai, S., Lisker, N., and Ben-Arie, R.: Ozone for control of post-harvest decay of table rgapes caused Rhizopus stolonifer, *Physiol Mol Plant Pathol* **48**, 403-15 (1996).
- SCIENCE FORUM: 식품공장세정살균메뉴얼 (2006).
- Sheldon, B. W. and Brown, R.: Efficacy of ozone as a disinfectant for poultry carcasses and chill water. *J. Food Sci.* **51**, 305-309 (1986).
- The Ohio State University (Department of Food Science and Technology): 오존과 오존의 현황 및 미래 식품산업의 적용 (2003).
- Use of ozone in the food industry, Clemson University (Department of Animal and Veterinary Sciences) (2002).
- 오존핸드북 杉光 : 오존의 기초와 응용, 光琳 (2000).
- Masschelein, W. J.: Ozonization manual for water and waste-

- water treatment. New York: John Wiley & sons (1982).
25. Langlais, B., Reckow, D. A., and Brink, D. R.: Ozone in water treatment, application and engineering. Chelsea, MI, *Lewis Publishers*. 106-109 (1991).
  26. 見市知昭, 林信哉, 器原哲, 佐藤三郎, 山部長兵衛: 수중기포 내 방전에 의한 오존 생성, 전기학회논문지 A121, 448-4521 (2001).
  27. 池部, 中西, 荒井 : 오존발생기에 있어서의 방전 생성 입자의 진전 과정, 전기학회논문지A, 109, 474-480 (1988).
  28. 고농도오존이용연구전문위원회, 오존이용에 관한 안전관리기준, 경제산업성 에너지절약기술개발프로그램 (2005).
  29. 박석준, 박지용(연세대학교 생명공학과): 식품산업에서 오존살균법의 이용, 식품과학과 산업 33, 50-57 (2000).
  30. 宗宮 功 외, 일본오존협회 오존핸드북편집위원회: 오존핸드북 (2004).
  31. Kim, Y. S., Ha, S. D., and Choi, S. H.: 살균소독제 관리방안에 관한 연구. 식품의약품안전청 (2007).