

오존처리가 가축 음용수 수질에 미치는 영향

최희철 · 이덕수 · 강희설 · 최동윤 · 유용희 · 한정대 · 노환국 · 권두중 · 김형호 · 김용국*
농촌진흥청 축산기술연구소

Effect of Ozone Treatment on Livestock Drinking Water Quality

Choi H. C., Lee D. S., Kang H. S., Choi D. Y., Yoo Y. H., Han J. D., Noh H. K.,
Kwon D. J., Kim H. H. and Kim Y. K.*
National Livestock Research Institute, R.D.A.

Summary

This research was carried out to investigate the effect of ozone treatment to improve the livestock drinking water quality. Ozone concentration treated was 18.5~36.5ppm in each system. PH and dissolved oxygen(DO) concentration in drinking water was increased by ozone and ozone+anion treatment. But there was no difference in UV used for drinking water treatment. Oxidation and Reduction Potential(ORP) was increased while ozone was treated. Colony Forming Unit(CFU) of *E. coli* 08:H⁻, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* was decreased after 30 minute to 1 hour ozone and UV treatment.

(Key words : Livestock, Drinking water, Ozone)

서 론

물은 가축에 있어서 가장 중요한 영양성분 중의 하나이다. 초생추 체성분의 85%, 자돈 80%, 산란계 55~60%, 성돈 60%가 물로 구성되어 있으며 10%가 탈수되면 생리적 이상을 초래하고 20%가 탈수되면 폐사한다^{3) 9)}. 물은 사료를 소화기관으로 운반하고 혈액의 구성성분이 되어 영양분을 각 기관에 운반하며 노폐물이나 독성물질을 몸밖으로 배출시키고 체온을 유지하는 등 체내에서 여러 가

지 중요한 역할을 수행한다⁹⁾. 한편 오존은 나쁜 냄새를 뜻하는 그리스어 Ozein에서 유래된 말로 특유의 자극적 냄새가 나는 기체의 명칭이며 1785년 독일 Van Marum에 의해 발견되었으며 불소 다음으로 강력한 산화력을 갖고 있어 살균, 탈취, 탈색, 유·무기물 분해 등 여러 분야에서 이용되고 있다^{4, 5, 6, 7, 8, 10, 11)}. 오존은 산소와 불완전한 동소체로서 분자식은 O₃로 표현되며 분자량은 48, 밀도 2.14kg/m³(0℃, 1atm), 융점 -192.7℃(760mmHg), 비등점 -111.9℃이며 상온에서 두꺼운 층으로

* 충남대학교 농과대학(College of Agriculture, Chungnam National University)

있을 때 청색을 띠지만 통상 무색이며 자극성 냄새가 있다. 산소보다 용해도가 높으나 분압이 작아서 일반적인 온도나 압력에서 수 ppm이내이다. 오존은 역반응이 자발적으로 진행되어 산소로 분해되며 20℃에서 반감기는 20~30분이다. 또한 오존이 자기분해하는 과정에서 OH radical을 발생하는데 이는 오존 자체의 산화력(2.07v)보다 높은 3.08v의 산화력을 갖고 있다.^{2, 4, 10}. 1891년 독일의 정수처리장의 Pilot plant에 오존을 적용한 이래 유럽, 일본, 미국 등을 비롯한 국내 정수처리장에서도 살균을 목적으로 이용되고 있다.⁹ 오존의 세균 불활성화 기전은 세포막의 파손에 의한 생물기능 저해 및 DNA 손상, 세포질의 유출 등에 의하여 세포막의 효소가 산화되어 활성을 잃게 하는 것이며 바이러스의 경우 카프시드 단백질과 DNA 또는 RNA 본체에 모두 작용하며 카프시드 단백질 손상시 바이러스는 세포에 흡착되지 못하게 되며 DNA 및 RNA 손상시 증식기능을 잃는다⁷. 따라서 최근 양계·양돈농장에서 음용수 수질향상을 위하여 오존을 이용하는 농가가 급속히 증가하고 있어 처리효과를 구명하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험기간 및 장소

본 시험은 2000년 5월 16일부터 6월 12까

지 축산기술연구소에서 수행하였다.

2. 공시재료 및 시험방법

축산기술연구소에서 가축에게 급여하는 지하수를 1톤 용량의 플라스틱 통에 넣은 후 배양 증균된 표준균주(*E. coli* 08:H, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*)를 접종한 후 3종류의 오존발생기(UV Lamp(UVL), O₃ Generator(O₃), O₃+Anion Generator(O₃A))에 대하여 처리시간별 물의 특성 변화와 살균효과를 조사 하였다. 공시표준균주인 *E. coli* 08:H와 *Staphylococcus aureus*는 Brain Heart Infusion broth에 37℃ 인큐베이터에서 24시간 증균하였으며 *Salmonella typhimurium*은 Selenite Cystine Broth에 37℃ 인큐베이터에서 24시간 증균하여 가축 음수용 물에 접종한 후 오존처리를 하였으며, 처리 시간대별로 시료를 채취하여 1ml를 멸균식염수에 10의 배수로 희석하여 Plate Count Agar에 접종하여 37℃ 인큐베이터에서 48시간 배양 후 균수를 조사하였다.

결과 및 고찰

1. pH의 변화

표 2에서 보는 바와 같이 UVL이나 Control구의 경우 처리 전후에 pH의 변화가 없었으나 O₃A구나 O₃구의 경우 오존 처리 전 pH는

Table 1. Ozone concentration treated for livestock drinking water

(Unit: mg/ℓ)

Items	O ₃ A	O ₃	UVL	Control
30min.	20.0	18.5	0	0
1Hr.	24.3	18.5	0	0
3Hr.	30.5	36.5	0	0
6Hr.	25.5	33.0	0	0

*. O₃A: Ozone+Anion, O₃: Ozone, UVL: UV Lamp.

Table 2. Changes of pH in livestock drinking water by ozone treatment

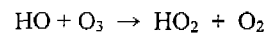
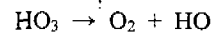
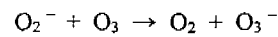
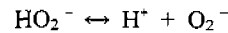
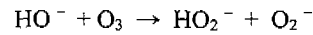
Item	O ₃ A	O ₃	UVL	Control
0 min.	6.84	6.81	6.80	6.78
30 min.	7.12	6.89	6.79	6.78
1 hr.	7.30	6.96	6.77	6.80
3 hr.	7.88	7.25	6.86	6.81
6 hr.	8.01	7.59	6.83	6.80

6.81~6.84이었으나 오존처리시간이 경과할수록 pH는 증가하여 O₃구의 경우 7.59로 증가하였으며 O₃A구의 경우 8.01로 증가하였다. 이는 오존처리시 오존의 역반응이 자발적으로 진행되면서 산소로 분해되는 과정에서 OH radical을 발생하는데¹⁰⁾ 이 OH 라디칼이 pH를 높이는 역할을 하는 것으로 사료된다.

2. 용존산소량의 변화

대비구와 자외선램프식 오존발생기를 이용하여 음용수를 처리하였을 경우에는 용존산소량이 증가하지 않고 시간이 경과할수록 오히려 감소하는 경향이였다. 그러나 표 3에서 보는 바와 같이 O₃구의 경우 음용수 중의 용존산소량은 처리 전 6.4mg/l에 비하여 1시간 처리 후 8.23mg/l로 급격히 증가하였으며 3시간 이후 8.4mg/l 정도를 유지하였으며 O₃A구의 경우에도 처리 전 6.43mg/l에서 30분 처리 후 8.53mg/l로 증가하여 수중의 용존산소량이 증가되었다. 이는 아래 제시된

반응식¹¹⁾에서 보는 바와 같이 오존의 분해 과정 중에 수중에 O₂가 용해되어 용존산소량이 증가하는 것으로 사료된다.



3. 산화환원전위차의 변화

표 4에서 보는 바와 같이 가축 음용수에 오존처리를 할 경우 O₃구와 O₃A구는 산화환원전위차가 증가하였으며 처리 전 164.3~168.7mV 정도였으나 처리 30분 후 O₃구 459.3mV, O₃A구 335.7mV로 급격히 증가하였으며 1시간 후부터 일정한 수준을 유지하였다. 이는 오존이 자기분해하는 과정에서 오존 자체의 산화력(2.07v) 보다도 높은 3.08v의 산화력을 갖고 있는 OH radical을 발생하

Table 3. Changes of dissolved oxygen(DO) concentration in livestock drinking water by ozone treatment

(Unit : mg/ l)

Item	O ₃ A	O ₃	UVL	Control
0 min.	6.43	6.40	6.23	6.17
30 min.	8.53	7.93	6.13	6.03
1 hr.	8.87	8.23	5.97	6.27
3 hr.	8.70	8.43	5.50	6.07
6 hr.	8.43	8.40	5.37	5.63

Table 4. Changes of oxidation reduction potential, ORP, in livestock drinking water by ozone treatment

(Unit: mV)				
Item	O ₃ A	O ₃	UVL	Control
0 min.	164.3	168.7	174.7	171.7
30 min.	335.7	459.3	291.0	266.7
1 hr.	433.3	500.3	366.3	334.0
3 hr.	406.0	499.3	308.0	264.0
6 hr.	409.7	502.3	293.7	240.0

Table 5. Bactericidal effect by ozone treatment after bacteria inoculation to livestock drinking water

(Unit: CFU/ml)				
Item	O ₃ A	O ₃	UVL	Control
<i>E. coli</i> 08:H				
0 min.	1.8 × 10 ⁴	2.8 × 10 ⁴	1.2 × 10 ⁴	2.1 × 10 ⁴
30 min.	0	1.3 × 10 ⁴	0	5.2 × 10 ⁴
1 hr.	0	1.0 × 10 ¹	0	2.7 × 10 ⁴
3 hr.	0	0	0	1.8 × 10 ⁴
6 hr.	0	0	0	4.1 × 10 ⁴
<i>Salmonella typhimurium</i>				
0 min.	1.6 × 10 ³	9.0 × 10 ²	-	-
30 min.	0	1.0 × 10 ¹	-	-
1 hr.	0	0	-	-
3 hr.	0	0	-	-
6 hr.	0	0	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>				
0 min.	3.3 × 10 ³	4.0 × 10 ⁴	2.5 × 10 ³	1.5 × 10 ³
30 min.	0	0	1.0 × 10 ¹	2.2 × 10 ³
1 hr.	0	0	0.6 × 10 ¹	3.0 × 10 ³
3 hr.	0	0	0	2.9 × 10 ⁴
6 hr.	0	0	0	4.2 × 10 ⁴

는데¹⁰⁾ 이로 인하여 처리수의 산화환원전위차가 증가하는 것으로 보인다. 그러나 램프 타입 오존발생기와 대비구의 경우에는 산화환원전위차는 완만하게 증가하였다.

4. 미생물 살균효과

가축 음용수에 *E. coli* 08:H⁻, *Salmonella*

typhimurium, *Staphylococcus aureus* 등 3종류의 표준균주를 접종 후 오존처리시간대 별로 살균효과를 조사하였다. 표 5에서 보는 바와 같이 O₃A구, O₃구, UVL구 등 3종류의 오존발생기 모두 처리 30분 후에는 모든 처리구에서 세균수가 급격히 감소하여 더 이상의 균이 검출되지 않은 반면 대비구의 경우 세균수가 증가한 것으로 보아 가축음용수에 오

존처리시 살균효과가 높은 것으로 나타났으며 이는 宗宮 功 등(1993)과 平田 强(1994)이 제시한 결과와 같은 경향이었다.

적 요

양돈·양계농장에서 가축음용수 수질향상을 위하여 이용이 확대되고 있는 오존발생기의 이용효과를 구명하고자 가축음용수에 3종의 표준균주를 접종 후 O₃A, O₃, UVL 등 3종류의 오존발생기를 공시하여 처리하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 가축음용수 오존처리시 pH는 O₃A구 6.84에서 8.01로, O₃구 6.81에서 7.59로 증가했으나 UVL, Control구는 변화가 없었다.
2. 용존산소량은 O₃A구 6.43ppm에서 8.43ppm으로, O₃구 6.40ppm에서 8.40ppm으로 증가했으나 UVL, Control구는 변화가 없었다.
3. 산화환원전위치는 O₃A구는 처리전 168.7mV에서 502.3mV로 증가하였으며 O₃구는 164.3mV에서 409.7mV로 급격히 증가하였으나 UVL구나 Control구는 완만한 증가를 보였다.
4. 가축음용수에 *E. coli* 08:H⁻, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*를 접종 후 오존처리시 처리 30분 후 세균수는 급격하게 감소하였다.

인 용 문 헌

1. Graze, W. H. and Kang, J. W. 1988. Advanced oxidation processes for treatment of groundwater contaminated with trichloroethylene and tetrachloroethylene. J. of American Water Works Association. 80(5): 57.
2. Graze, W. H., Kang, J. W. and D. H. Chapin. 1987. The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation. Ozone Sci. and Engrg., 9(4):335.
3. Houpt, T. R. 1970. In Dukes Physiology of domestic animals. 8th Ed.
4. Murphy, J. K., Hulsey, R. A., Long, B. W. and Amarnath, R. K. Use of ozone and advanced oxidation processes to remove color from pulp and paper mill effluents. Proceedings, 11th Ozone World Congress.
5. Toyooki Aoki. 1994. 오존의 용수처리 역사와 이용상황. 첨단환경기술. 1994(1): 26-31.
6. 宗宮 功. 1993. 新版 Ozone 利用의 新技術. 三誘書房.
7. 平田 强. 1994. 오존의 소독효과. 첨단환경기술. 1994(4):33-37.
8. 강준원. 1994. 고급산화법의 수처리 이용. 첨단환경기술. 1994(1):5-15.
9. 변명대, 최원필, 이대영. 1976. 최신가축생리위생학. 선진문화사. p 83.
10. 최동진. 1997. Humic acid를 포함한 상수의 오존처리에 따른 Aldehyde류의 생성에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문 p.3.
11. 형 훈. 1998. 한외여과를 이용한 정수처리 공정에서 전오존처리가 막투과유속과 처리수 수질에 미치는 영향에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문.