

Trichloroisocyanuric Acid와 Calcium Hypochlorite의 농도 및 접촉시간에 따른 대장균의 사멸특성

¹강자경 · ¹박현주 · ²김응수
¹한국의국어대학교 환경학과, ²인하대학교 화공생명공학부
 (접수 : 2002. 4. 13., 게재승인 : 2002. 6. 25.)

Disinfection Effect of Trichloroisocyanuric Acid and Calcium Hypochlorite on *Escherichia coli* in Water

Ja-Kyung Kang¹, Hyun-Joo Park¹, and Eung-So Kim²†

¹Department of Environmental Science, Hankuk University of Foreign Studies, Kyunggi-Do 449-791, Korea

²Division of Chemical Engineering and Biotechnology, Inha University, Incheon 402-751, Korea

(Received : 2002. 4. 13., Accepted : 2002. 6. 25.)

The disinfection effects of trichloroisocyanuric acid (TICA) and calcium hypochlorite on *E. coli* in aqueous suspension were comparatively characterized at various concentrations and exposure times of each disinfectant. When the *E. coli* (10^7 CFU/mL) cells were exposed with a solution containing 12 ppm each of TICA and calcium hypochlorite, a 90% of the initial cells were killed in 4 sec and 390 sec, respectively. In addition, calcium hypochlorite lost its disinfection effect in about 1 hr exposure under the sun light, whereas TICA maintained its disinfection effect up to 6 hrs under the same condition. These comparative studies demonstrate that TICA is a more effective and stable disinfectant than calcium hypochlorite to sterilize *E. coli* in aqueous suspension.

Key Words : disinfection, trichloroisocyanuric acid, calcium hypochlorite

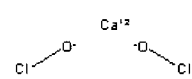
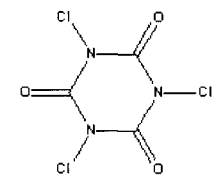
서론

소독이란 각종 질병을 유발시킬 수 있는 미생물을 사멸하는 수단으로서, 다양한 종류의 박테리아, 바이러스, 세균, 원생동물, 기생충 등의 수인성 전염병으로부터 인간 및 가축을 보호하는데 그 목적이 있다(1). 일반적으로 소독제의 효능은 소독제를 사용할 때의 조건 (즉, 소독제의 종류 및 농도, 소독제와 미생물과의 접촉시간, 온도, pH)과 미생물의 상태 (세포벽과 세포막의 조성, 균의 성장상태, 점액분비 여부, 콜로니와 생물막의 형성, 초기미생물농도)에 따라 소독력의 차이가 나타난다고 보고되어 있다(2-5).

Calcium hypochlorite 와 trichloroisocyanuric acid (TICA)로 대표되는 고형 (solid) 염소계 소독제(Table 1)는 물에 용해되었을 때 매우 효과적인 살균력을 가질 뿐만 아니라 값이 저렴하고 운반과 보관이 용이하다는 이점 때문에 현재 우리나라 하수처리장에서 미생물을 살균하기 위해 가장 광범위하게

사용되는 소독제들이다. 비록 이들 소독제의 다양한 물리·화학적 특성은 잘 알려져 있으나, 동일한 조건하에서의 이들 소독제 상호간의 미생물 사멸특성 비교연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 calcium hypochlorite 와 TICA 소독제의 농도 및 접촉시간에 따른 대장균 사멸특성을 규명함으로써, 동일한 소독효과를 얻기 위한 소독제별 최적조건을 비교 제시하고자 한다.

Table 1. Calcium hypochlorite 와 TICA의 화학적 특성

	Calcium hypochlorite	TICA
유효염소함량	75%	90%
분자식	Ca(OCl) ₂	C ₃ Cl ₃ N ₃ O ₃
구조식		
pH	용해 측정시 알칼리성 (16ppm 용해시 pH 7.9)	용해 측정시 산성 (16ppm 용해시 pH 5.0)

† Corresponding Author : Division of Chemical Engineering and Biotechnology, Inha University, Incheon 402-751, Korea
 Tel : +82-32-860-8318, Fax : +82-32-872-4046

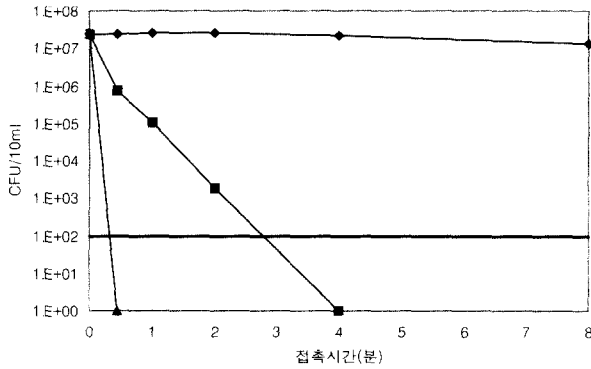


Figure 1. Disinfection effect of TICA on *E. coli* cells in aqueous suspension phase. The concentrations of disinfectant(ppm) : -◆- 4, -■- 8, -▲- 12, -x- 16, — Non-detectable range.

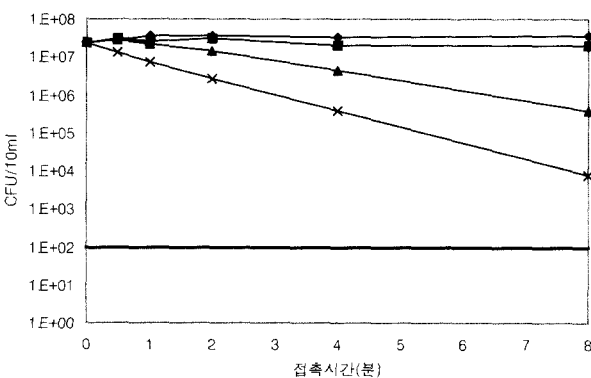


Figure 2. Disinfection effect of calcium hypochlorite on *E. coli* cells in aqueous suspension phase. The concentrations of disinfectant(ppm) : -◆- 4, -■- 8, -▲- 12, -x- 16, — Non-detectable range.

재료 및 방법

사용균주와 배양조건

소독력을 측정하기 위한 미생물로서 대장균 (*E. coli* DH5 a)을 37℃에서 OD_{600nm}=1이 될 때까지 배양시켜 사용하였다. 배양시 사용한 L-broth배지의 조성은 Trypton 10 g, yeast extract 5 g, NaCl 5 g, glucose 0.5 g in 1 L of distilled water 이다.

소독제 종류 및 소독력 측정

소독력을 비교할 소독제 (Table 1)로는 유효염소함량 90%의 TICA (Neochlor 90, Shikoku Chemical Co. Japan)와 유효염소함량 75%의 calcium hypochlorite (Toyosoda Co. Japan)를 사용하였다. 소독제는 실험 직전에 증류수에 충분히 용해시킨 후 각각 농도별로 증류수에 희석하여 소독력을 측정하였다. 대장균 부유액 100 μL (10⁸ CFU/mL)을 TICA와 calcium hypochlorite 용액 (4, 8, 12, 16 ppm) 10 mL에 접종시킨 후 즉시 vortex 시켜서 충분히 혼합시켰다. 각각의 접촉시간 (30초~8분)에 따라 100 μL를 취한 후 증류수 900 μL에 희석하여 충분히 vortex 시킨 후, 그 중 100 μL를 L-agar (agar 10 g, trypton 5 g, yeast extract 5 g, NaCl 5 g, glucose 0.5 g in 1 L of distilled water) 배지에 도말하여 18 hr 동안 37℃에서 배양시킨 후 CFU (colony forming unit)를 측정하였다.

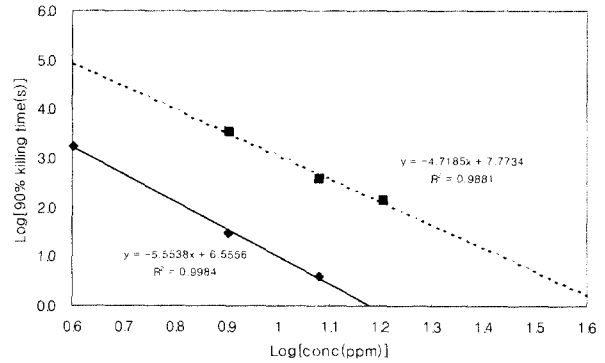


Figure 3. Disinfection effect on the 90% killing time of *E. coli* cells in TICA(◆) and calcium hypochlorite(■).

소독 지속력 측정

50 ppm의 TICA 용액과 calcium hypochlorite 용액 500 mL을 각각 햇빛이 잘드는 창가에 정치시켜 직사광선을 받도록 하였다. 각 시간별로 10 mL씩 sampling한 후, 여기에 100 μL의 대장균 부유액 (10⁸ CFU/mL)을 접종시킨 다음 즉시 vortex 시켜서 충분히 혼합시켰다. 1분 동안 접촉시킨 다음 100 μL를 취하여 900 μL의 증류수에 희석하고 충분히 vortex 시킨 후, 그 중 100 μL를 L-agar 배지에 도말하여 18hr 동안 37℃에서 배양시킨 후 CFU를 측정하였다.

결과 및 고찰

소독제 농도 및 접촉시간에 따른 소독력 측정

증류수에 각각 다른 농도로 용해된 TICA와 calcium hypochlorite에 의한 대장균 사멸률을 측정된 결과, TICA의 경우 12 ppm에서 4초만에 90%가 사멸되었으나 calcium hypochlorite의 경우에는 같은 소독제 농도에서 390초 동안이나 접촉해야 유사한 사멸효과를 얻을 수 있었다 (Figure 1, 2). Calcium hypochlorite 16 ppm의 경우에는 8분 동안 접촉시켜도 단지 10³CFU 만이 감소하였다. 이와 같은 사멸률은 TICA 8 ppm에서 1분 30초 동안 접촉시켰을 때의 사멸효과와 비슷한 결과이며 (Figure 1, 2), calcium hypochlorite 4ppm에서는 8분까지 접촉시켜도 전혀 사멸효과가 관찰되지 않았다 (Figure 1, 2). Figure 3은 각각의 소독제에 대하여 대장균 90%가 사멸하는데 걸리는 시간과 소독제 농도 결과로서, 같은 실험조건이 적용된다면 각각의 소독제에 의한 대장균의 사멸률을 예측할 수 있다. 같은 농도로 소독제를 주입시켜도 TICA가 calcium hypochlorite보다 훨씬 짧은 시간 내에 미생물을 사멸시키고 또한 낮은 농도로 주입시켜도 같은 사멸효과를 얻을 수 있는 이유는, TICA가 calcium hypochlorite에 비해 유효염소함량이 약 15% 정도 많이 함유되어 있으며 또한 용해시 유리 isocyanuric acid에 의한 유효 성분 HOCl의 안정화 작용으로 인하여 유리 잔류 염소의 지속성이 높기 때문으로 추정된다(1).

소독 지속력 비교

같은 농도 (50ppm)의 소독제 용액 TICA와 calcium hypochlorite를 햇빛에 노출시킨 결과, calcium hypochlorite의 경우 햇빛에 1시간 노출되자 소독력이 급격히 감소하기 시작하여

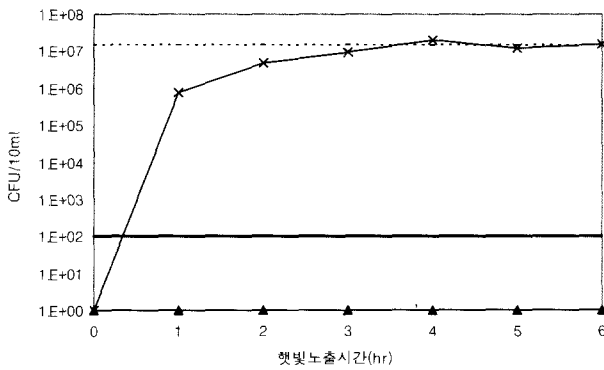


Figure 4. Disinfection effect reduction by sun light in TICA(▲) and calcium hypochlorite(×). --- initial cell concentration, — Non-detectable range.

4시간 노출된 후에는 거의 소독력을 상실하였다 (Figure 4). 반면 TICA는 햇빛에 6시간동안 노출되어도 초기 소독력을 계속 지속함이 관찰되었다(Figure 4). 이는 TICA로부터 생성되는 isocyanuric acid가 HOCl의 안정도를 증가시켜 햇빛에 의한 분해를 억제하는 반면 calcium hypochlorite로부터 생성되는 OCI는 매우 불안정하여 햇빛에 의해 분해가 매우 촉진되어 소독력이 급격히 감소하기 때문으로 추정된다(1).

요약

염소계 소독제인 TICA (Trichloro isocyanuric acid)와 calcium hypochlorite에 의한 대장균의 사멸특성을 비교하기 위하여, 접촉시간과 소독제의 농도를 달리 하여 소독력을 측정하였다. 소독제의 농도는 4~16 ppm으로 하고 접촉시간은 30sec, 1, 2, 4, 8 min으로 하여 각각 측정하였다. TICA 12 ppm에서 4초만에 90%의 대장균이 사멸하였다. 하지만 calcium hypochlorite

12 ppm에서는 390초 동안 접촉시켜야 같은 사멸효과를 얻을 수 있었다. 또한 햇빛에 의한 소독력의 감소를 측정한 결과 TICA는 햇빛에 6시간동안 노출되어도 소독력이 유지되었으나, calcium hypochlorite는 햇빛에 1시간만 노출되어도 소독력이 급격히 감소하기 시작하여 4시간만에 소독력을 완전히 상실하였다. 본 실험조건 하에서는 TICA가 calcium hypochlorite보다 대장균에 대한 사멸률 및 소독지속력이 모두 우수하게 측정되었으며, 또한 본 연구결과로부터 동일한 소독효과를 얻기 위한 소독제별 최적조건을 비교 제시하였다.

감사

본 연구는 2001년 한국외국어대학교 산학연컨소시움과 성원엔비캡(주) 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Gabriel bitton (1996), Wastewater microbiology, John Wiley & Sons, New York, NY.
2. Junli, H., Li, W., Nanqi, R., Li, L. X., Fun, S. R., and Guanle, Y. (1997), Disinfection effect of chlorine dioxide on viruses, algae and animal planktons in water. *Water Res*, **31**, 455-460.
3. Roberto F., Ilaria, N., Antonella, M., and Antonerita G. (1998), Bactericidal activity of chlorine dioxide against *Escherichia coli* in water and on hard surfaces. *J. Food. Prot.*, **61**, 668-672.
4. McFeters, G. A., Yu, F. P., Pyle, B. H., and Stewart P. S. (1995), Physiological methods to study biofilm disinfection, *J. Ind. Microbiol.* **15**, 333-338.
5. Junli, H., Li, W., Nanqi, R., Fang, M., and Juli (1997), Disinfection effect of chlorine dioxide on bacteria in water. *Water Res*, **31**, 607-613.