

CHLORINE DIOXIDE(이산화염소)

Where is it Used? How does it Work?(사용용도 및 작용원리)

GENERAL(일반)

이산화염소(chlorine dioxide, ClO₂)는 황록색의 기체로 염소(chlorine)와 유사한 냄새를 가지고 있으며, 기체라는 자체의 특성 때문에 탁월한 확산력, 침투력과 멸균력을 가지고 있다. 이산화 염소(chlorine dioxide)라는 이름에 염소(chlorine)라는 말이 들어가 있지만, 이산화탄소(carbon dioxide)가 탄소원소(elemental carbon)과 다른 것만큼이나 그 특성이 염소(chlorine)와 아주 다르다. 이산화염소(chlorine dioxide, ClO₂)는 1900년대 초반부터 소독제(disinfectant)로 인정되어 왔으며, 많은 응용분야에서 미국의 EPA(Environmental Protection Agency)와 미국의 FDA(Food and Drug Administration)의 인증을 받았다. 이산화염소(chlorine dioxide, ClO₂)는 광범위한 소염제(anti-inflammatory agent), 살균제(bactericidal agent), 살진균제(fungicidal agent), 살바이러스제(virucidal agent) 뿐만 아니라 탈취제로도 효과가 입증되었으며, 베타락탐(beta-lactam)을 비활성화하고 요충(pinworm)과 그 알을 파괴할 수 있다.

Chlorine dioxide (ClO₂) is a yellow-green gas with an odor similar to chlorine with excellent distribution, penetration and sterilization abilities due to its gaseous nature. Although chlorine dioxide has chlorine in its name, its properties are very different, much like carbon dioxide is different than elemental carbon. Chlorine dioxide has been recognized as a disinfectant since the early 1900s and has been approved by the US Environmental Protection Agency (EPA) and the US Food and Drug Administration (FDA) for many applications. It has been demonstrated effective as a broad spectrum, anti-inflammatory, bactericidal, fungicidal, and virucidal agent, as well as a deodorizer, and also able to inactivate beta-lactams and destroy both pinworms and their eggs

MOLECULAR SIZE MATTERS(분자 크기 문제)

위의 그림에서 볼 수 있듯이 이산화염소(chlorine dioxide) 가스 분자의 크기는 미생물과 바이러스 보다 훨씬 작은 0.124nm여서, 이러한 미생물들이 숨어 있는 어떠한 곳도 쉽게 투과할 수 있다.

As can be seen in the chart above, the size of a chlorine dioxide gas molecule is 0.124 nm, much smaller than microorganisms and viruses, allowing the gas to easily penetrate into any areas where these microorganisms might be concealed.

CHEMICAL PROPERTIES(화학적 특성)

이산화염소(chlorine dioxide)의 이름에 염소(chlorine)이라는 말이 들어가 있지만, 이산화염소의 화학적 성질은 염소의 화학적 성질과는 근본적으로 다르다. 이산화염소가 다른 물질과 반응을 할 때, 더 약해지고 더 선택적이어서 더 효율적이고 효과적인 멸균제(sterilizer)이다. 예를 들어 이산화염소는 암모니아(ammonia) 또는 대부분의 유기 화합물과 반응하지 않는다. 이산화염소는 염소와 달리 제품들을 염소화(chlorinating)하지 않고 산화(oxidizing)시킨다. 이산화염소는 환경적으로 바람직하지 않은 염소를 포함하고 있는 유기화합물을 생성하지 않는다. 이산화염소는 또한 눈으로 확인할 수 있는 황록색의 기체이기 때문에 측광장치로 측정이 가능하다.

Although chlorine dioxide has "chlorine" in its name, its chemistry is radically different from that of chlorine. When reacting with other substances, it is weaker and more selective, allowing it to be a more efficient and effective sterilizer. For example, it does not react with ammonia or most organic compounds. Chlorine dioxide oxidizes products rather than chlorinating them, so unlike chlorine, chlorine dioxide will not produce environmentally undesirable organic compounds containing chlorine. Chlorine dioxide is also a visible yellow-green gas allowing it to be measured in real-time with photometric devices.

INACTIVATION OF SPORES VS. BACTERIA(포자 대 박테리아의 비활성화)

포자(spore)와 박테리아 비활성화 간의 차이는 멸균(sterilization)과 소독(disinfection) 간의 차이와 유사하다. 멸균제(sterilant)로써 분류되는 화학제는 포자를 비활성화하는 데 효과적이라는 것을 입증하여야 한다. 포자는 죽이기 가장 힘든 미생물 중에 하나이다. 그리고 이러한 이유로 멸균제(sterilizing agent)는 가장 강력한 오염제거제(decontaminating agent)로 간주되며, 모든 미생물을 모두 죽이게 된다. 반면에 소독(disinfection)은 포자 또는 모든 미생물의 완전한 비활성화를 요구하지 않고, 일반적으로 몇몇 세균(vegetative bacteria)의 종류에 대해 유효성이 검증된다. 이러한 이유로 소독제(disinfecting agent)는 덜 강력한 오염제거제(decontaminating agent)이며 멸균제(sterilizing agent)에 비해 덜 효과적이다.

"세균내 포자(bacterial endospore)는 가장 지속적 형태의 미생물 중 하나이며, 보통 공격적인 비활성화 절차를 필요로 한다. 세균(vegetative bacteria)는 일반적으로 세균내 포자에 비해 훨씬 쉽게 비활성화 할 수 있다. 이것은 박테리아의 민감한 부위가 화학적멸균제(chemosterilizing agent)에 쉽게 접촉되는 것이 주된 이유이다. 그러나 포자는 세균 세포(vegetative bacterial cell)보다 훨씬 복잡한 구조를 가지고 있다. 포자의 민감한 물질은 코어(core) 내에 있으며, 이 코어는 피질(cortex)과 포자의 피막(coat)에 의해 둘러 싸여 있다. 이 피막은 이산화염소와 다른 화학 물질이 침투하는데 투과성장벽(permeability barrier)으로 작용하는 경향이 있다."(Knapp, 2000)

The difference between spore and bacterial inactivation is the same as the difference between sterilization and disinfection. For a chemical agent to be classified as a sterilant, it must be demonstrated to be effective at inactivating spores. Spores are among the hardest organisms to kill and for this reason sterilizing agents are considered the most rigorous decontaminating agents and offer complete kill of all antimicrobial life. Disinfection, on the other hand, does not require the complete inactivation of spores or all microbial life and is normally validated against a few vegetative bacteria species. For this reason, disinfecting agents are less rigorous decontaminating agents and are not as effective as sterilizing agents. "Bacterial endospores are one of the most persistent forms of microbial life and typically require aggressive inactivation procedures. Vegetative bacteria are generally much more easily inactivated than are bacterial endospores. This is primarily because the sensitive areas of bacteria are easily contacted by chemosterilizing agents. The spore, however, has a more complex structure than the vegetative bacterial cell. Its sensitive material is contained within a core and that core is surrounded by a cortex and spore coats. These coats tend to act as a permeability barrier to the entry of chlorine dioxide and other compounds" (Knapp, 2000).

ENVIRONMENTAL IMPACT(환경적 영향)

이산화염소(chlorine dioxide)의 특별한 특성으로 인해 이산화염소는 오늘날의 환경문제에 부합하는 이상적인 선택이며, 염소(elemental chlorine)의 환경적으로 선호되는 대안이다. 염소(chlorine)가 유기물과 반응할 때, 다이옥신(dioxin)과 생체에 누적되는 독성물질과 같은 바람직하지 않은 오염원이 생성된다. 따라서 EPA는 이러한 오염원이 생성하지 않는 이산화염소(chlorine dioxide)로 염소(chlorine)를 대체하는 것을 지원하고 있다. 이산화염소(chlorine dioxide)는 염소(chlorine)의 모든 이점을 제공하면서 염소의 약점과 해로운 요소가 없는 완벽한 대체물이다. 가장 중요한 것은 이산화염소(chlorine dioxide)가 유기물질을 염소화하지 않아서 트리할로메탄(THM), 할로아세트산(HAA) 및 기타의 염소화 유기화합물이 생성되지 않은 것이다. 이는 물소독(water disinfection)이라는 이산화염소(chlorine dioxide)의 주요용도에 특히 중요하다. 이산화염소의 다른 특성들은 염소(chlorine)보다 효과적이며 더 낮은 투여량을 요구하며 환경에 미치는 영향을 줄여준다.

Chlorine dioxide's special properties make it an ideal choice to meet the challenges of today's environmentally concerned world and is an environmentally preferred alternative to elemental chlorine. When chlorine reacts with organic matter, undesirable pollutants such as dioxins and bio-accumulative toxic substances are produced. Thus, the EPA supports the replacement of chlorine with chlorine dioxide because it eliminates the production of these pollutants. It is a perfect replacement for chlorine, providing all of chlorine's benefits without any of its weaknesses and detriments. Most importantly, chlorine dioxide does not chlorinate organic material, eliminating the formation of trihalomethanes (THMs), haloacetic acids (HAAs) and other chlorinated organic compounds. This is particularly important in the primary use for chlorine dioxide, which is water disinfection. Other properties of chlorine dioxide make it more effective than chlorine, requiring a lower dose and resulting in a lower environmental impact.

USES(사용)

이산화염소(chlorine dioxide)는 마시는 물, 가금류처리수, 수영장물, 구강세정제에서 항미생물제(antimicrobial agent)와 산화제(oxidizing agent)로 광범위하게 사용된다. 과일과 채소의 위생처리, 음식과 음료처리를 위한 설비의 위생처리 그리고 과학연구실험실에서도 광범위하게 이산화염소(chlorine dioxide)가 사용된다. 또한 의료산업에서도 이산화염소(chlorine dioxide)는 병실, 복도, 격리실의 오염제거 그리고 제품 및 그 구성요소의 멸균을 위한 멸균제로 사용된다. 이산화염소는 또한 셀룰로스, 종이펄프, 밀가루, 가죽, 지방, 기름 등과 같은 다양한 종류의 물질의 표백, 탈취, 해독에도 광범위하게 사용된다. 이산화 염소(chlorine dioxide)는 약 4~5백만 파운드의 양이 하루에 사용된다.

Chlorine dioxide is widely used as an antimicrobial and as an oxidizing agent in drinking water, poultry process water, swimming pools, and mouthwash preparations. It is used to sanitize fruit and vegetables and also equipment for food and beverage processing and widely used in life science research laboratories. It is also employed in the health care industry to decontaminate rooms, passthroughs, isolators and also as a sterilant for product and component sterilization. It is also extensively used to bleach, deodorize, and detoxify a wide variety of materials, including cellulose, paper-pulp, flour, leather, fats and oils, and textiles. Approximately 4 to 5 million pounds are used daily.

ANTIMICROBIAL PROPERTIES / MODE OF ACTION(항균성질/행동양식)

이산화염소(ClO₂)는 산화제(oxidizing agent)로 작용하며, 미생물의 세포막을 포함하여 여러 세포성분과 반응한다. 미생물의 세포막을 비롯한 여러 세포성분으로부터 전자(electron)를 빼앗아 옴으로써(산화작용), 이들의 분자결합을 파괴하고 결과적으로 세포가 파괴되어 미생물을 죽이게 된다. 미생물의 구조와 관련된 단백질을 변경함으로써, 효소의 기능이 손상되고 아주 급속한 박테리아의 죽음을 일으킨다. 이렇게 많은 단백질에 대해 동시에 산화공격(oxidative attack)하는 것은 이산화염소의 효능의 배후에 있으며, 또한 미생물이 내성 형태로 변형되는 것을 방지한다. 이산화염소의 선택적 반응성 때문에 유기물이 있는 곳에 대해 대부분의 오염제거제들 보다 이산화염소의 항균작용이 더 오래 지속된다.

Chlorine dioxide(ClO₂) acts as an oxidizing agent and reacts with several cellular constituents, including the cell membrane of microbes. By "stealing" electrons from them(oxidation), it breaks their molecular bonds, resulting in the death of the organism by the breakup of the cell. By altering the proteins involved in the structure of microorganisms, their enzymatic function is broken and causes very rapid bacterial kills. This oxidative attack on many proteins simultaneously is behind the potency of chlorine dioxide and also prevents microorganisms from mutating to a resistant form. Because of the selective reactivity of chlorine dioxide, its antimicrobial action is retained longer in the presence of organic matter than most other decontaminating agents.

WATER SOLUBILITY(물 용해도)

다른 오염제거제와 달리 이산화염소(chlorine dioxide)는 물에서도 멸균능력을 유지하는 독특한 능력을 가지고 있다. 이산화염소가스(chlorine dioxide gas)를 이용할 때 처리의 재현성을 극대화하고 재료효과(material effect)를 최소화하기 위해서 물이 있는 풀(pool)이나 웅덩이는 피해야 한다. 그러나 작은 양의 물이 존재할 경우에는 이산화염소(chlorine dioxide)의 효과에는 영향을 주지 않는다. 작은 양의 물이 이산화염소(chlorine dioxide)의 멸균효과에 영향을 주지 않는 이유는 이산화염소(chlorine dioxide)가 물에 잘 용해되기 때문이다. 22°C와 101 kPa에서의 이산화염소(chlorine dioxide)의 분배계수(partition coefficient)(CClO₂(H₂O)/CClO₂(air))는 약 38이다(Masschelein). 그리고 주어진 물의 양이 작으면 물 속에서 기체 농도(gas concentration)는 빠르게 평형(equilibrium)에 도달한다.

Unlike many decontaminating agents, chlorine dioxide has the unique ability to retain its sterilization capacity in water. In order to maximize process reproducibility and minimize materials effects when using the chlorine dioxide gas it is best to avoid pools or puddles of water. However, if small amounts of water are present the efficacy of chlorine dioxide is not affected. The reason that small amounts of water will not impact sterilization efficacy is that chlorine dioxide is readily soluble in water. The partition coefficient (CClO₂(H₂O)/CClO₂(air)) of chlorine dioxide at 22°C and 101 kPa is about 38 (Masschelein). And provided that the quantity of water is small the gas concentration in the water reaches equilibrium quickly.