



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년09월27일
(11) 등록번호 10-1779039
(24) 등록일자 2017년09월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 1/22 (2006.01) C12Q 1/68 (2006.01)
G01N 1/30 (2006.01) G01N 21/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 1/2273 (2013.01)
C12Q 1/68 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0035403
(22) 출원일자 2016년03월24일
심사청구일자 2016년03월24일
(56) 선행기술조사문헌
JP5317291 B2*
W02008156135 A1
KR1020120086384 A
KR1020050112535 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
손아정
서울특별시 마포구 백범로 230, 102동 604호(신공덕동, 브라운스톤 공덕 아파트)
채빌리
서울특별시 용산구 새창로 70 삼성래미안아파트 113동 1103호
이은희
서울특별시 구로구 구일로2길 60 201동 703호 (구로동, 구일우성아파트)
(74) 대리인
손민

전체 청구항 수 : 총 18 항

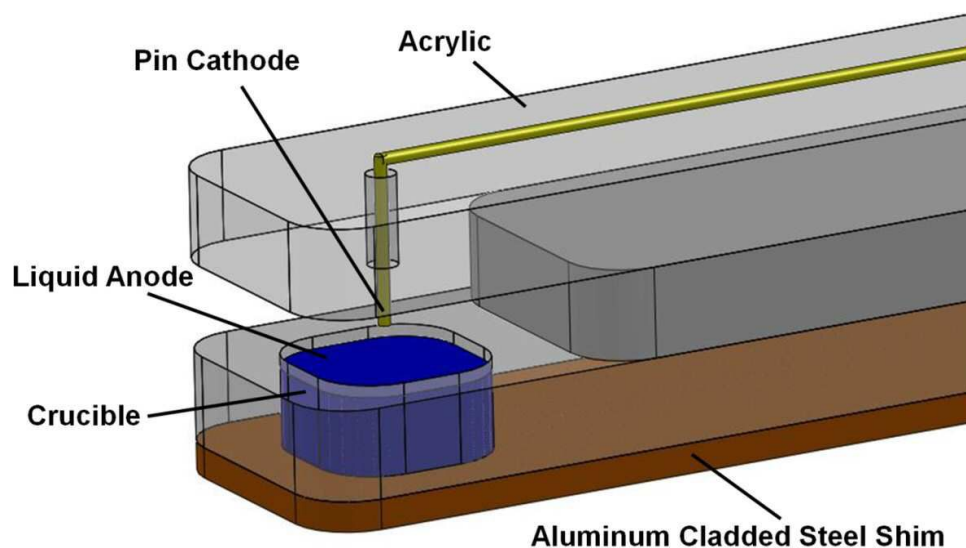
심사관 : 전형태

(54) 발명의 명칭 액상 애노드를 포함하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치 및 그의 용도

(57) 요약

본 발명은 코로나 방전과 액상 애노드를 이용하여 공기중 미생물을 포집하는 방법, 상기 방법에 사용되는 액상 애노드를 포함하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치 및 상기 장치를 이용하여 공기중 미생물을 분석하는 방법에 관한 것이다. 본 발명의 공기중 미생물 포집장치를 이용하면, 이에 포함된 액상 애노드로 인하여, 종래의 고체 전극을 사용하는 코로나 방전장치 보다도 높은 수준의 코로나 전류를 발생시킬 수 있고, 공기중 미생물의 포집과 파쇄를 동시에 수행할 수 있으며, 상기 액상 애노드에 포함된 유전자를 이용하여 공기중 미생물을 분석할 수 있으므로, 보다 효과적인 공기중 미생물의 검출 및 정량분석에 널리 활용될 수 있을 것이다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

G01N 1/30 (2013.01)

G01N 21/67 (2013.01)

G01N 2015/0088 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 공기중 미생물을 포집하고자 하는 장소에서, 고체 캐소드(solid cathode)와 액상 애노드(liquid anode)를 포함하고 코로나 방전을 수행할 수 있는 공기중 미생물 포집장치를 이용하여, 상기 고체 캐소드로부터 코로나 방전을 수행하는 단계;
- (b) 상기 코로나 방전에 의하여 공기중 미생물을 액상 애노드로 이동시켜, 상기 미생물을 액상 애노드에 포집 및 파쇄하는 단계를 포함하는, 공기중 미생물의 포집 및 파쇄 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계의 공기중 미생물의 수준은 최소 1075 CFU/m³인 것인, 공기중 미생물의 포집 및 파쇄 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계의 고체 캐소드와 액상 애노드는 코로나 방전을 수행할 수 있도록 구성된 상호 이격된 위치에 존재하는 것인, 공기중 미생물의 포집 및 파쇄 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계의 고체 캐소드는 금속, 주기율표 그룹 IV에 해당하는 원소 또는 전도성 고분자 재료의 핀 형태인 것인, 공기중 미생물의 포집 및 파쇄 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계의 고체 캐소드의 직경은 50 내지 200 μ m인 것인, 공기중 미생물의 포집 및 파쇄 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계의 액상 애노드는 물, 에탄올, 아세트산, 아세톤, N, N-디메틸포름아미드, N, N-디메틸아세트아미드 및 이들의 조합으로 구성된 군으로부터 선택되는 용매인 것인, 공기중 미생물의 포집 및 파쇄 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 액상 애노드는 전해질을 추가로 포함하는 것인, 공기중 미생물의 포집 및 파쇄 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계의 액상 애노드의 단면적은 5 내지 20mm²인 것인, 공기중 미생물의 포집 및 파쇄 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계의 액상 애노드의 부피는 10 내지 50 μ l인 것인, 공기중 미생물의 포집 및 파쇄 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계의 코로나 방전은 1500 내지 2000V의 전압을 인가하여 수행되는 것인, 공기중 미생물의 포집 및 파쇄 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계의 코로나 방전은 5 내지 50 μ A의 코로나 전류를 나타내는 것인, 공기중 미생물의 포집 및 파쇄 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계의 코로나 방전은 10 내지 60초의 시간동안 수행되는 것인, 공기중 미생물의 포집 및 파쇄 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는 (b1) 상기 코로나 방전에 의하여 공기중 미생물의 표면이 이온화되어, 표면에 양전하(+)를 띠는 대전 미생물을 형성하는 단계; 및 (b2) 상기 대전 미생물의 양전하(+)와 액상 애노드의 음전하(-) 간의 전기적 친화성을 이용하여, 상기 대전 미생물을 액상 애노드로 이동시키는 단계에 의하여 수행되는 것인, 공기중 미생물의 포집 및 파쇄 방법.

청구항 14

(a) 공기중 미생물을 포집 및 파쇄하는 역할을 수행하는, 전도성 액체로 구성된 액상 애노드(liquid anode);

(b) 전도성 고체로 구성되고, 상기 액상 애노드와 이격된 위치에 존재하며, 상기 액상 애노드와 함께 코로나 방전을 수행할 수 있는, 고체 캐소드(solid cathode); 및

(c) 상기 액상 애노드 및 고체 캐소드와 전기적으로 연결되어, 상기 액상 애노드와 고체 캐소드에 의한 코로나

방전에 소모되는 전원을 공급할 수 있는, 전원공급장치를 포함하고,

상기 고체 캐소드로부터 코로나 방전을 수행할 수 있으며, 상기 코로나 방전에 의해 공기중 미생물을 액상 애노드에 포집 및 파쇄할 수 있는 것을 특징으로 하는, 공기중 미생물 포집장치.

청구항 15

삭제

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 휴대용 공기중 미생물 포집장치는 외부에서 공급된 전원을 코로나 방전을 유발시키기에 필요한 수준으로 전환시킬 수 있는 변환기; 외부에서 공급된 전원의 수준의 조절을 용이하게 하고, 전원의 공급 및 중단을 용이하게 수행할 수 있는 제어판넬; 고체 캐소드와 액상 애노드를 감싸는 보호수단; 금속제 도전과 알루미늄 피복 금속심이 내장된 기계적인 연장수단; 및 이들의 조합으로 구성된 군으로부터 선택되는 구성요소를 추가로 포함하는 것인, 공기중 미생물 포집장치.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 휴대용 공기중 미생물 포집장치의 전력 소모량은 최대 60 mW인 것인, 공기중 미생물 포집장치.

청구항 18

(a) 공기중 미생물을 포집하고자 하는 장소에서, 고체 캐소드(solid cathode)와 액상 애노드(liquid anode)를 포함하고 코로나 방전을 수행할 수 있는 공기중 미생물 포집장치를 이용하여, 상기 고체 캐소드로부터 코로나 방전을 수행하는 단계;

(b) 상기 코로나 방전에 의하여 공기중 미생물을 액상 애노드로 이동시켜, 상기 미생물을 액상 애노드에 포집 및 파쇄하는 단계; 및

(c) 상기 액상 애노드에 포집 및 파쇄된 미생물을 분석하는 단계를 포함하는, 공기중 미생물의 분석방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 (c) 단계는, 액상 애노드에 포집된 미생물을 배양하여 미생물의 특성을 분석하는 방법; 액상 애노드에 포집된 미생물의 유전자 서열을 분석하여 미생물을 동정하는 방법; 또는 액상 애노드에 포집된 미생물의 유전자 수준을 정량분석하여 공기중 미생물의 수준을 확인하는 방법에 의해 수행되는 것인, 공기중 미생물의 분석방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 액상 애노드(liquid anode)를 포함하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치 및 그의 용도에 관한 것으로, 보다 구체적으로 본 발명은 코로나 방전과 액상 애노드를 이용하여 공기중 미생물을 포집하는 방법, 상기 방법에 사용되는 액상 애노드를 포함하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치 및 상기 장치를 이용하여 공기중 미생물을 분석하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 생물학적으로, 세포에 의하여 생성되는 대부분의 물질은 세포막 내부에 존재하며, 세포 내 물질의 이용 또는 분석을 위해서는 세포 파쇄 과정이 반드시 요구된다. 상기 세포 파쇄를 위한 다양한 방법들이 알려져 있는데, 이들은 대체로 물리적 방법, 화학적 방법 및 생물학적 방법으로 크게 나누어진다.
- [0003] 먼저, 물리적 방법은, 후렌치 프레스(french press), 볼 밀(ball mill) 등과 같이, 압력 변화를 주거나 작은 구슬 등과 충돌시킴으로써 세포를 파쇄하는 방식 및 미생물 세포를 포함하는 용액 내에 초음파 발진기를 삽입하고 높은 주파수의 음파를 가함으로써 세포를 파쇄하는 방식 등을 의미하는데, 세포 파쇄를 위한 용액의 회수 및 이송을 위한 별도의 장비 및 공정을 필요로 하는 관계로, 초기 설비 비용이 많이 소요되고, 오염의 가능성이 높다는 단점이 있는 반면, 초기 설비장치를 사용하여 대량으로 세포를 파쇄할 수 있다는 장점이 있다.
- [0004] 다음으로, 생물학적 방법은, 라이소자임(lysozyme)과 같은 효소를 이용하여 세포막을 용해시키는 방식을 의미하는데, 고가인 세포막 용해성 효소를 사용해야 하는 관계로, 처리 비용이 많이 소요되고, 효소 반응에 적합한 온도, pH 등의 조건을 제대로 유지해 주어야 하는 단점이 있는 반면, 생물학적 환경과 유사한 환경을 조성할 수 있어, 천연상태와 유사한 상태의 추출물을 수득할 수 있다는 장점이 있다.
- [0005] 끝으로, 화학적 방법은, 미생물의 세포막에 계면활성제를 가함으로써 화학 반응에 의한 세포막 분해를 유도하는 방식을 의미하는데, 세포 배양액에 계면활성제를 단순 첨가하는 방식이라 상기 물리적 방법에서와 같은 별도 공정이 불필요함은 물론, 상기 생물학적 방법에서와 같은 고가의 효소를 사용하지 않는 관계로, 다른 두 가지 방법에 비하여 전체적 처리 비용이 적게 소요되는 장점이 있으나, 계면활성제로 인하여 추출된 성분이 변성될 수 있어, 천연상태와 유사한 상태의 추출물을 수득하기는 어렵다는 단점이 있다.
- [0006] 최근에 들어, 생물공학이 발전함에 따라, 다양한 미생물로부터 DNA, 단백질 등의 생체고분자를 추출하는 방법이 현저하게 발달되었는데, 이같은 생체고분자를 추출하기 위하여 기본적으로 수행되어야 하는 세포를 파쇄하는 방법은 크게 변화되지 않고, 주로 세포막 분해 활성이 우수한 효소 또는 계면활성제를 사용하는 방법이 개발되고 있다. 예를 들어, 한국공개특허 제1997-0070197호에는 스트렙토코커스 뮤탄스의 세포벽을 용해하는 용해효소가 개시되어 있고, 한국공개특허 제2006-0059130호에는 알파 올레핀 설포네이트와 라이소자임 성분을 포함하는 세포 파쇄용 용액 조성물이 개시되어 있다. 그러나, 이러한 방법은 세포를 파쇄할 수 있는 효소와 상기 효소의 반응이 수행될 수 있는 장비가 갖추어진 실험실 수준에서 수행될 수 있을 뿐, 미생물을 채취하는 현장에서는 사용할 수 없다는 단점이 있다.
- [0007] 예를 들어, 메르스 코로나바이러스(MERS-CoV)와 같이 공기중 전염이 가능한 병원균으로 오염된 지역에서, 오염의 원인균을 규명하기 위해서는, 상기 생물학적 오염이 유발된 지역에서 시료를 채취한 다음, 상기 시료를 실험실로 운반한 후에야 비로소 오염의 원인균을 분석할 수 있다. 이때, 수질오염 또는 토양오염이 발생한 지역에서는 오염된 시료를 용이하게 채취하여 분석할 수 있으나, 공기중 오염이 발생한 지역에서는 오염된 시료를 채취하는 것이 용이하지 않고, 오염된 시료를 채취하더라도 많은 시간이 필요하므로, 상기 오염원인균을 신속하게 규명하는 것이 실질적으로 불가능하다고 알려져 있다.
- [0008] 이러한 배경하에서, 본 발명자들은 병원균에 의한 공기중 오염이 발생한 지역에서, 오염 원인균을 신속하고 효과적으로 검출 및 분석할 수 있는 방법을 개발하고자 예의 연구노력한 결과, 액상 애노드를 포함하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치를 사용할 경우, 공기중 오염이 발생한 지역에서 짧은 시간동안 공기중 오염균의 포집 및 분석을 수행할 수 있음을 확인하고, 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명의 하나의 목적은 공기중 미생물을 포집하는 방법을 제공하는 것이다.
- [0010] 본 발명의 다른 목적은 상기 방법에 사용되는 휴대용 공기중 미생물 포집장치를 제공하는 것이다.
- [0011] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 휴대용 공기중 미생물 포집장치를 사용하여 공기중 미생물을 분석하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명자들은 병원균에 의한 공기중 오염이 발생한 지역에서, 오염 원인균을 신속하고 효과적으로 검출 및 분석할 수 있는 방법을 개발하고자, 다양한 연구를 수행하던 중, 코로나 방전에 주목하였다. 상기 코로나 방전은

이를 통해 생성되는 오존을 이용하여 공기중의 병원성 세균, 바이러스, 미세먼지 등을 파괴하거나 또는 상기 세균, 바이러스, 미세먼지 등을 대전시켜서, 특정부분에 침전시킬 수 있는 효과를 나타낸다고 알려져 있다. 본 발명자들은 상기 코로나 방전을 소규모로 나타낼 수 있는 마이크로 코로나 방전장치를 이용하여 액상 시료를 대상으로 하는 휴대용 세포파쇄장치, 호흡 저항성을 나타내지 않는 마스크 등을 개발하였다.

[0013] 그러나, 상기 코로나 방전을 이용하면, 병원성 세균, 바이러스 등과 같은 공기중의 불순물을 제거할 수는 있으나, 상기 불순물이 무엇인지 규명하거나 상기 불순물을 정량분석할 수는 없다는 단점이 있었다. 특히, 공기중 전염이 가능한 미생물로 인한 오염이 발생된 지역에서는 현재 오염된 공기중 미생물이 무엇인지, 상기 미생물의 오염수준이 어느정도인지를 빠르게 확인하는 것이 요구되고 있으나, 현재 사용되고 있는 코로나 방전장치로는 이러한 요구사항을 만족시킬 수 없으므로, 공기중 미생물을 효과적으로 포집할 수 있는 장치를 개발하기 위하여 다양한 연구를 수행하였다.

[0014] 그 결과, 통상적인 마이크로 코로나 방전장치를 구성하는 두개의 전극(애노드 및 캐소드) 중에서 애노드로서, 지금까지 알려진 고체 전극이 아니라 액상 애노드를 사용하는 공기중 미생물 포집장치를 사용할 경우, 코로나 방전에 의해 공기중 미생물을 상기 액상 애노드 내에 포집할 수 있고, 동시에 포집된 미생물을 코로나 방전시 사용되는 전류를 사용하여 파괴할 수 있으므로, 상기 파괴된 미생물로부터 유래된 유전자를 사용하여 포집된 공기중 미생물을 용이하게 동정할 수 있음은 물론, 상기 공기중 미생물의 오염수준을 정량분석할 수 있음을 확인하였다. 뿐만 아니라, 액상 애노드는 코로나 방전시 단면적을 증가시켜서 코로나 전류의 수준을 증가시킬 수 있는데, 상기 코로나 전류가 증가되면, 공기중 미생물에 대전되는 양전하의 수준이 증가되고, 이처럼 높은 수준의 양전하로 대전된 공기중 미생물은 액상 애노드에 대한 친화성이 증가하므로, 결과적으로는 액상 애노드로의 포집율을 향상시킬 수 있다. 또한, 마이크로 코로나 방전장치의 특성상 적은 수준의 전력을 사용하여도 상기 공기중 미생물 포집장치를 충분히 가동할 수 있으므로, 휴대용으로 사용할 수 있음을 알 수 있었다.

[0015] 이처럼, 액상 애노드를 애노드로 사용하는 마이크로 코로나 방전장치인 공기중 미생물 포집장치를 사용하여 공기중 미생물을 포집하거나 또는 이를 분석하는 기술은 지금까지 전혀 보고되지 않았고, 본 발명자에 의하여 최초로 개발되었다.

[0016] 상술한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 하나의 양태로서 공기중 미생물을 포집하는 방법을 제공한다.

[0017] 구체적으로, 본 발명에서 제공하는 공기중 미생물을 포집하는 방법은 (a) 공기중 미생물을 포집하고자하는 장소에서, 고체 캐소드와 액상 애노드를 포함하고 코로나 방전을 수행할 수 있는 공기중 미생물 포집장치를 이용하여, 상기 고체 캐소드로부터 코로나 방전을 수행하는 단계; 및 (b) 상기 코로나 방전에 의하여 공기중 미생물을 액상 애노드로 이동시켜, 상기 미생물을 액상 애노드에 포집하는 단계를 포함한다.

[0018] 통상적으로, 캐소드와 애노드로 구성된 코로나 방전장치를 이용하여 코로나 방전을 수행할 경우에는, 코로나 방전이 수행되는 캐소드의 주변 환경이 이온화되어 양전하가 대전된 대전체를 형성할 수 있는데, 공기중 미생물 역시 표면이 양전하를 띠도록 대전되어 대전 미생물을 형성할 수 있다. 본 발명에 있어서, 상기 대전 미생물은 표면에 양전하가 대전되어 있어, 음전하와 전기적 친화성을 나타낼 수 있는데, 상기 코로나 방전이 수행되는 고체 캐소드와 이격된 위치에 존재하는 액상 애노드는 음전하를 띠고 있기 때문에, 상기 양전하와 음전하의 전기적 친화성으로 인하여, 상기 표면에 양전하가 대전된 대전 미생물이 액상 애노드로 이동하여 액상 애노드에 포집될 수 있다. 이때, 상기 액상 애노드의 단면적을 증가시키면, 코로나 방전시에 발생하는 코로나 전류가 증가하게 되는데, 이처럼 코로나 전류가 증가되면, 공기중 미생물에 대전되는 양전하의 수준이 증가되고, 이처럼 증가된 수준의 양전하로 대전된 공기중 미생물은 음전하를 띠는 액상 애노드에 대한 친화성이 증가되므로, 결과적으로는 공기중 미생물의 포집율을 향상시킬 수 있다.

[0019] 따라서, 상기 방법의 (b) 단계는 일 예로서, (b1) 상기 코로나 방전에 의하여 공기중 미생물의 표면이 이온화되어, 표면에 양전하(+)를 띠는 대전 미생물을 형성하는 단계; 및 (b2) 상기 대전 미생물의 양전하(+)와 액상 애노드의 음전하(-) 간의 전기적 친화성을 이용하여, 상기 대전 미생물을 액상 애노드로 이동시키는 단계에 의하여 수행될 수 있다.

[0020] 상기 방법의 (b) 단계는 다른 예로서, (b1') 상기 코로나 방전에 의하여 공기중 입자(+)가 양전하를 띠도록 변형시키는 단계; (b2') 상기 양전하를 띠도록 변형된 입자가 공기중 미생물의 표면에 결합되어, 표면에 양전하(+)를 띠는 대전 미생물을 형성하는 단계; 및 (b3') 상기 대전 미생물의 양전하(+)와 액상 애노드의 음전하(-) 간의 전기적 친화성을 이용하여, 상기 대전 미생물을 액상 애노드로 이동시키는 단계에 의하여 수행될 수 있다.

[0021] 본 발명의 용어 "공기중 미생물(airborne bacteria)"이란, 기균, 부유세균, 공기중 미생물 등의 다양한 표현으

로 표시될 수 있는데, 대체로 공기중에 포함된 다양한 미생물을 의미한다. 상기 공기중 미생물의 대부분은 다양한 식물 또는 동물의 활동과정 중에 분리되는 비병원성 미생물이지만, 병원과 같은 동일한 질환의 환자들이 밀집된 공간에서 생성되는 공기중 미생물은 병원성 미생물이 될 수 있다. 상기 공기중 미생물은 기침, 재채기 등의 생리적인 과정이나, 가래, 타액 등의 가검물을 통하여 생체내에 존재하는 미생물이 에어로졸의 형태로 공기중에 살포됨으로써 형성된다. 이처럼 공기중에 살포된 미생물은 건조 등에 의해 에어로졸이 소멸되면 이에 따라 자연스럽게 소멸되거나 또는 불활성화되지만, 상기 에어로졸이 밀폐되거나 또는 습도가 높은 지역에 존재하거나, 또는 상기 에어로졸에 포함된 미생물이 건조 등의 다양한 외부환경에 의하여 강한 저항성을 나타내는 경우(예를 들어, 결핵균, 화농균 등)에는, 상기 미생물이 소멸하거나 불활성화되지 않고, 다른 생체에 공기중 감염되어 질병을 유발시킬 수 있다.

[0022] 본 발명에 있어서, 상기 공기중 미생물은 에어로졸에 의하여 공기중에 살포될 수 있는 미생물이라면 제한없이 포함할 수 있는데, 비병원성 미생물 또는 병원성 미생물이 될 수 있고, 일반적인 미생물 이외에도, 바이러스 등을 포함할 수도 있다. 또한, 상기 공기중 미생물의 수준 역시 특별히 이에 제한되지 않으나, 일 예로서, 1075 CFU/m³ 이상일 수 있다.

[0023] 본 발명의 용어 "고체 캐소드(solid cathode)"란, 코로나 방전을 수행할 수 있도록 구성된 상호 이격된 위치에 존재하는 두개의 전극(애노드 및 캐소드) 중에서 전도성 고체로 구성된 캐소드를 의미한다. 코로나 방전시에 상기 고체 캐소드에서는 코로나 방전이 직접적으로 수행되는데, 상기 코로나 방전에 영향을 미치는 요인 중의 하나는 캐소드의 단면적인 것으로 알려져 있다.

[0024] 본 발명에 있어서, 상기 고체 캐소드의 단면적은 액상 애노드의 단면적 보다 작은 크기를 갖는 한 특별히 이에 제한되지 않으나, 일 예로서 50 내지 200 μ m의 직경을 나타낼 수 있고, 다른 예로서 70 내지 150 μ m의 직경을 나타낼 수 있으며, 또 다른 예로서 100 μ m의 직경을 나타낼 수 있다. 또한, 상기 고체 캐소드의 재질은 코로나 방전을 가능하게 하는 전도체의 특성을 갖는 한 특별히 이에 제한되지 않으나, 일 예로서, 구리, 금, 알루미늄, 스틸 등의 금속, 주기율표 그룹 IV에 해당하는 원소(실리콘, 탄소 등), 전도성이 있는 유리 및 고분자 등이 될 수 있다. 또한, 상기 고체 캐소드의 형태는 코로나 방전을 수행하기에 적합하도록 편 형태가 될 수 있다.

[0025] 본 발명의 용어 "액상 애노드(liquid anode)"란, 코로나 방전을 수행할 수 있도록 구성된 상호 이격된 위치에 존재하는 두개의 전극(애노드 및 캐소드) 중에서 전도성 액체로 구성된 애노드를 의미한다.

[0026] 본 발명에 있어서, 액상 애노드는 공기중 미생물을 포집하는 역할을 수행하는데, 상기 액상 애노드는 액체의 특성상 일정한 형태를 유지하기 어렵기 때문에, 상기 액상 애노드가 담지될 수 있는 용기를 구성하고, 상기 용기에 전도성 액체를 담지한 것을 액상 애노드로 사용할 수 있다.

[0027] 상기 전도성 액체는 전기를 통하는 특성을 갖는 한 특별히 이에 제한되지 않으나, 일 예로서, 극성용매를 사용할 수 있고, 다른 예로서, 물, 에탄올, 아세트산, 아세톤, N, N-디메틸포름아미드, N, N-디메틸아세트아미드 등을 사용할 수 있으며, 또 다른 예로서, 물 또는 전해질이 용해된 물 등을 사용할 수 있다.

[0028] 상기 전해질은 물과 같은 극성용매에 용해되어, 전기의 전도도를 개선시키기 위하여 사용되는 물질로서, 상기 전해질은 특별히 이에 제한되지 않으나, 일 예로서, NaCl, KCl, CuCl₂, ZnSO₄, Cu₂SO₄ 등을 사용할 수 있다.

[0029] 상기 고체 캐소드와 마찬가지로 액상 애노드 역시 단면적의 크기에 의하여 코로나 방전에 영향을 미칠 수 있는데, 상기 단면적이 클 수록 코로나 전류를 증가시킬 수 있는 반면, 코로나 방전시에 발생하는 전기수력학적 증발(electrohydrodynamic driven evaporation)로 인하여 액상 애노드의 손실이 증가되므로, 공기중 미생물의 포집에 적절한 수준으로 액상 애노드를 구성함이 바람직하다. 예를 들어, 액상 애노드의 단면적은 특별히 이에 제한되지 않으나, 일 예로서 5mm² 이상이 될 수 있고, 다른 예로서 5 내지 20mm²가 될 수 있으며, 또 다른 예로서 10mm²가 될 수 있다.

[0030] 아울러, 액상 애노드는 전극으로서 역할을 수행할 뿐만 아니라, 공기중 미생물을 포집하는 수단으로서의 역할을 동시에 수행하여야 하므로, 전기수력학적 증발에 의한 손실이 발생한다 하여도 코로나 방전이 종료될 때까지 일정한 수준의 부피를 유지하여야 하지만, 액상 애노드의 부피가 너무 증가될 경우에는 저항값이 증가하여 코로나 방전이 정상적으로 수행될 수 없을 뿐만 아니라 상기 용기에 담지된 전도성 액체가 물리적인 충격에 의해 손실될 수 있으므로, 상기 전도성 액체가 표면장력에 의하여 상기 용기내에서 유지될 수 있는 적절한 수준의 부피를 유지함이 바람직하다. 예를 들어, 상기 액상 애노드의 부피는 특별히 이에 제한되지 않으나, 일 예로서 10 내지 50 μ l가 될 수 있고, 다른 예로서 10 내지 20 μ l가 될 수 있으며, 또 다른 예로서 15 μ l가 될 수 있다.

- [0031] 상기 방법의 (a) 단계에 있어서, 상기 코로나 방전을 수행하기 위하여 공기중 미생물 포집장치에 인가하는 전압의 수준은 특별히 이에 제한되지 않으나, 일 예로서 1500V 이상이 될 수 있고, 다른 예로서, 1500 내지 2000V가 될 수 있으며, 또 다른 예로서 1800 내지 2000V가 될 수 있다. 또한, 상기 코로나 방전이 수행되는 최대 코로나 전류의 수준은 특별히 이에 제한되지 않으나, 일 예로서 5 μ A 이상이 될 수 있고, 다른 예로서 5 내지 50 μ A가 될 수 있으며, 또 다른 예로서 20 내지 35 μ A가 될 수 있다. 아울러, 상기 코로나 방전 시간은 특별히 이에 제한되지 않으나, 일 예로서 전압 인가후 10초 이상이 될 수 있고, 다른 예로서 전압 인가후 10 내지 60초가 될 수 있다.
- [0032] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 본 발명에서 제공하는 생물 침전기를 이용하여 공기중 미생물을 검출할 수 있는지의 여부를 확인하고자, 분무기(atomizer), U자형 노출챔버(U-shape exposure chamber), 시료채취구(sampling port) 및 배기용 환풍기(exhaust fan)로 구성된 공기중 미생물 검출용 장치를 제작하고(도 4), 상기 제작된 공기중 미생물 검출용 장치와 분무된 바실러스 균주를 이용하여, 공기중 미생물을 검출하였다. 그 결과, 본 발명의 생물 침전기는 액상 애노드에 공기중 미생물을 포집함과 동시에 파쇄하므로, DNA를 추출하기 위한 세포 파쇄 공정을 별도로 수행하지 않고서도, 포집된 세균의 수준을 분석할 수 있는 효과를 나타내고(도 5a 및 5b), 공기중 미생물의 농도를 정량분석할 수 있었다(도 5c). 다만, 도 5b에서 보듯이, 0.0052 g-DCW/ ℓ 의 세균농도에서는 액상 애노드에서 DNA 농도가 검출되지 않았으므로, 본 발명에서 제공하는 생물 침전기는 적어도 0.0104 g-DCW/ ℓ 의 세균농도가 되도록 희석한 분무용 시료로 부터 생성된 공기중 미생물을 검출할 수 있었으며, 이에 해당하는 공기중 미생물농도는 약 1075 CFU/ m^3 임을 알 수 있었다(도 6).
- [0033] 특히, 본 발명에서 제공하는 공기중 미생물의 포집방법을 이용하면, 약 1075 CFU/ m^3 이상의 공기중 미생물 농도를 나타내는 환경에서 공기중 미생물을 검출할 수 있는데, 일반적인 산업환경에서 공기중 미생물의 수준은 10^2 내지 10^8 CFU/ m^3 라고 알려져 있으므로(Gilbert, Y., Duchaine, C., 2009. Can. J. Civil Eng. 36(12):1873-1886), 본 발명에서 제공하는 생물 침전기를 사용하면, 산업환경에서 공기중의 세균을 검출할 수 있음을 알 수 있었다.
- [0034] 본 발명은 다른 하나의 양태로서, 상기 공기중 미생물 포집방법에 사용되는 휴대용 공기중 미생물 포집장치를 제공한다.
- [0035] 구체적으로, 본 발명의 휴대용 공기중 미생물 포집장치는 (a) 전도성 액체로 구성된 액상 애노드; (b) 전도성 고체로 구성되고, 상기 액상 애노드와 이격된 위치에 존재하며, 상기 액상 애노드와 함께 코로나 방전을 수행할 수 있는, 고체 캐소드; 및 (c) 상기 액상 애노드 및 고체 캐소드와 전기적으로 연결되어, 상기 액상 애노드와 고체 캐소드에 의한 코로나 방전에 소모되는 전원을 공급할 수 있는, 전원공급장치를 포함하고, 상기 고체 캐소드로부터 코로나 방전을 수행할 수 있으며, 상기 코로나 방전에 의해 공기중 미생물을 액상 애노드에 포집함과 동시에 파쇄할 수 있는 것을 특징으로 한다.
- [0036] 상기 휴대용 공기중 미생물 포집장치는 종래의 마이크로 코로나 방전장치의 애노드를 액상 애노드로 변형시킨 장치로서, 상기 마이크로 코로나 방전장치와 같이, 적은 전력을 사용하여도 상기 장치를 반복적으로 가동할 수 있다는 장점을 나타내는 바, 목적하는 환경에서 즉각적으로 공기중 미생물을 포집하는데 사용할 수 있는, 휴대용 장치로서 사용될 수 있다. 또한, 액상 애노드에 포집된 미생물은 액상 애노드에 존재하는 전류로 인하여, 포집됨과 동시에 자연스럽게 파쇄될 수 있다.
- [0037] 통상적으로, 미생물을 분석하기 위하여는 상기 미생물을 파쇄하여 이로부터 유래된 유전자의 서열 또는 유전자의 수준을 정량분석하는 과정을 수행하는데, 본 발명에서 제공하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치는 미생물을 포집함과 동시에 파쇄하므로, 미생물을 파쇄하는 단계를 단축시킬 수 있어, 상기 미생물을 보다 효과적으로 분석하는데 도움이 될 수 있다.
- [0038] 상기 휴대용 공기중 미생물 포집장치에 포함된 액상 애노드와 고체 캐소드는 앞서 설명한 바와 동일하다.
- [0039] 본 발명의 용어 "전원공급장치"란, 상기 고체 캐소드와 액상 애노드에 전원을 공급하여, 상기 캐소드와 애노드 사이에서 코로나 방전을 유발시킬 수 있는 장치를 의미한다.
- [0040] 상술한 바와 같이, 상기 휴대용 공기중 미생물 포집장치는 적은 수준의 전원을 사용하여도 상기 고체 캐소드와 액상 애노드를 이용하여 코로나 방전을 수행할 수 있으므로, 상기 전원공급장치는 고전압 전원공급장치(예를 들어, Stanford Research Systems Model PS 350 High Voltage Variable Power Supply 등)로부터 휴대전화용 배터리에 이르는 다양한 전원을 사용할 수 있다.

- [0041] 한편, 본 발명에서 제공하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치는 상술한 구성성분 이외에도, 상기 휴대용 공기중 미생물 포집장치를 보다 효과적으로 운영하기 위한 다양한 구성요소를 추가로 포함할 수 있다.
- [0042] 일 예로서, 본 발명에서 제공하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치는 외부에서 공급된 전원을 상기 코로나 방전을 유발시키기에 필요한 수준으로 전환시킬 수 있는 변환기를 추가로 포함할 수 있다.
- [0043] 상술한 바와 같이, 본 발명에서 제공하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치의 전원공급장치로는 고전압 전원공급 장치로부터 휴대전화용 배터리에 이르는 다양한 전원을 사용할 수 있으나, 실질적으로 코로나 방전에 사용될 수 있는 전원의 범위는 정해져 있기 때문에, 상기 공급되는 전원의 수준을 코로나 방전의 발생에 필요한 수준으로 변화시킬 필요가 있으며, 이러한 전원의 수준을 변화시키기 위한 장치로서 변환기를 사용할 수 있다.
- [0044] 다른 예로서, 본 발명에서 제공하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치는 외부에서 공급된 전원의 수준의 조절을 용이하게 하고, 전원의 공급 및 중단을 용이하게 수행할 수 있는 제어판넬을 추가로 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 전원공급장치를 통해 유입되는 전원이 반드시 코로나 방전에 적합한 수준이 되는 것은 아니기 때문에, 변환기를 사용할 수 있으나, 상기 변환기를 통한 전원의 변환을 정밀하게 수행하기 위하여는, 상기 전원의 상태를 모니터링하여 적절하게 조절하여야 한다. 아울러, 본 발명에서 제공하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치에서 발생하는 코로나 방전을 수행할 경우, 60초 이상의 장시간 동안 코로나 방전을 수행하면, 코로나 전류의 수준이 약 25% 저하되므로, 상기 코로나 방전에 공급되는 전원의 수준은 물론 코로나 방전을 수행하는 시간을 정밀하게 제어하여야 한다. 따라서, 이처럼 전원의 공급수준과 공급시간을 정밀하게 조절할 수 있는 제어판넬을 추가적인 구성요소로 사용할 수 있다.
- [0045] 또 다른 예로서, 본 발명에서 제공하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치는 상기 고체 캐소드와 액상 애노드를 감싸는 보호수단을 추가로 포함할 수 있다. 본 발명에서 제공하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치는 고체 캐소드의 직경이 50 내지 200 μm 수준에 불과하고, 액상 애노드의 부피는 10 내지 100 μl 수준에 불과하므로, 전체적으로 매우 작은 부피를 나타내는 바, 이를 외부에 노출시킬 경우, 공급되는 전원의 손실 뿐만 아니라 외부 자극에 의한 손상이 발생할 수 있으므로, 외부 환경으로부터 고체 캐소드와 액상 애노드를 보호하기 위한 보호수단을 추가로 포함할 수 있다.
- [0046] 일 예로서, 본 발명에서 제공하는 보호수단은 투명한 아크릴 재질로 제작된 것이 될 수 있다.
- [0047] 또 다른 예로서, 본 발명에서 제공하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치는 금속제 도전과 알루미늄 피복 금속심이 내장된 기계적인 연장수단을 추가로 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 상기 휴대용 공기중 미생물 포집장치에서 코로나 방전과 공기중 미생물의 포집이 발생하는 부위는 매우 작은 부피를 갖기 때문에, 이를 효과적으로 작동시킬 수 있도록, 상기 전극(고체 캐소드 및 액상 애노드)과 전원공급장치 사이에 구비될 수 있는 기계적인 연장수단을 사용할 수 있다. 상기 연장수단의 내부에는 고체 캐소드와 전기적으로 연결될 수 있는 금속제 도전 및 상기 액상 애노드와 전기적으로 연결될 수 있는 알루미늄 피복 금속심이 내장되어 있어, 전원공급장치와 전기적으로 연결될 수 있다.
- [0048] 본 발명에서 제공하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치는 고체 애노드를 포함하는 종래의 마이크로 코로나 방전 장치와 비교하여, 코로나 전류의 수준이 증가되고, 공기중 미생물의 포집과 파쇄를 동시에 수행할 수 있으며, 포집된 세균의 유전자 분석을 통해 공기중 미생물의 수준을 정량분석할 수 있다는 기술적 특징을 나타내며, 이러한 기술적 특징은 본 발명의 휴대용 공기중 미생물 포집장치의 구성에 포함된 액상 애노드에 의해 나타난다. 구체적으로, 액상 애노드는 고체 애노드에 비하여 단면적이 넓기 때문에 코로나 전류를 증가시킬 수 있고, 코로나 방전에 의하여 대전된 공기중 미생물을 액상 환경에서 포집할 수 있으며, 액상 애노드 내의 전류로 인하여 포집된 세균을 자연스럽게 파쇄할 수 있고, 액상 환경으로 인하여 파쇄된 세균으로부터 유래된 유전자를 손상시키지 않아 유전자 서열분석을 수행하여 세균을 동정하거나 또는 유전자의 정량분석을 수행하여 공기중 미생물의 농도를 분석하는 과정을 보다 효과적으로 수행할 수 있도록 보조하는 역할을 수행할 수 있다.
- [0049] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 고체 캐소드와 액상 애노드용 용기를 전원공급장치에 전기적으로 연결하고, 상기 고체 캐소드와 액상 애노드용 용기의 거리를 조정하여 휴대용 공기중 미생물 포집장치를 제작하였고(도 1a), 상기 제작된 휴대용 공기중 미생물 포집장치에 전원을 공급한 결과, 고체 캐소드에서 코로나 방전이 수행됨을 확인하였다(도 1b).
- [0050] 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 상기 생물 침전기에 다양한 수준의 전압을 인가할 경우, 코로나 전류의 수준은 인가된 전압의 수준에 비례하여 증가하지만, 코로나 전류가 발생하는 시점은 상기 전압을 인가한 후, 약 10초가 경과된 시점이고, 전압을 인가한 후 60초 이상의 시간이 경과되면, 코로나 전류의 수준이 급격히 감소된다

(도 3a). 그러나, 상기 생물 침전기에서 측정되는 최대 코로나 전류값은 종래의 고체 전극을 사용하는 마이크로 코로나 방전장치에서 측정된 코로나 전류값 보다도 현저히 높은 수준을 나타내기 때문에, 60초 이상의 시간이 경과되어 코로나 전류의 수준이 감소되더라도 종래의 고체 전극을 사용하는 마이크로 코로나 방전장치에서 측정된 코로나 전류값 보다 높은 수준을 나타낸다(도 3b).

[0051] 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 본 발명에서 제공하는 생물 침전기에 의한 전력 소모량은 최대 60 mW이며, 이는 1분 동안 수행되는 시료수집에 약 3.8 J이 소모됨을 의미하는데, 일반적인 9 V 580 mAh 배터리는 약 1900 J을 포함하므로, 변환기의 전환효율이 50%라고 가정하면, 하나의 일반적인 9V 배터리를 사용할 경우 생물 침전기를 약 250번 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0052] 본 발명은 또 다른 하나의 양태로서, 상기 휴대용 공기중 미생물 포집장치를 이용하여 공기중 미생물을 분석하는 방법을 제공한다.

[0053] 구체적으로, 본 발명의 공기중 미생물을 분석하는 방법은 (a) 공기중 미생물을 포집하고자하는 장소에서, 고체 캐소드와 액상 애노드를 포함하고 코로나 방전을 수행할 수 있는 공기중 미생물 포집장치를 이용하여, 상기 고체 캐소드로부터 코로나 방전을 수행하는 단계; (b) 상기 코로나 방전에 의하여 공기중 미생물을 액상 애노드로 이동시켜, 상기 미생물을 액상 애노드에 포집하는 단계; 및 (c) 상기 액상 애노드에 포집된 미생물을 분석하는 단계를 포함한다.

[0054] 상기 방법에 있어서, (a) 및 (b) 단계는 상술한 바와 동일하다.

[0055] 또한, 상기 (c) 단계의 미생물을 분석하는 단계는, 특별히 이에 제한되지 않으나, 액상 애노드에 포집된 미생물을 배양하여 미생물의 특성을 분석하는 방법; 상기 액상 애노드에 포집된 미생물의 유전자 서열을 분석하여 미생물을 동정하는 방법; 상기 액상 애노드에 포집된 미생물의 유전자 수준을 정량분석하여 공기중 미생물의 수준을 확인하는 방법 등의 다양한 방법에 의해 수행될 수 있다.

[0056] 상술한 바와 같이, 본 발명에서 제공하는 휴대용 공기중 미생물 포집장치는 공기중 미생물을 액상 애노드에 포집할 수 있을 뿐만 아니라, 상기 미생물을 포집과 동시에 파쇄할 수 있으므로, 상기 휴대용 공기중 미생물 포집장치를 사용하면, 포집된 미생물을 별도로 파쇄하지 않고서도, 상기 미생물로부터 유래된 유전자를 회수하고 이를 정성 또는 정량분석할 수 있으므로, 상기 미생물의 유전자를 이용하여 분석하는 방법을 사용할 경우, 보다 짧은 시간내에 경제적으로 미생물을 분석할 수 있다.

발명의 효과

[0057] 본 발명의 공기중 미생물 포집장치를 이용하면, 이에 포함된 액상 애노드로 인하여, 종래의 고체 전극을 사용하는 마이크로 코로나 방전장치 보다도 높은 수준의 코로나 전류를 발생시킬 수 있고, 공기중 미생물의 포집과 파쇄를 동시에 수행할 수 있으며, 상기 액상 애노드에 포함된 유전자를 이용하여 공기중 미생물을 분석할 수 있으므로, 보다 효과적인 공기중 미생물의 검출 및 정량분석에 널리 활용될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0058] 도 1a는 본 발명에서 제공하는 공기중 미생물 포집장치의 구조를 나타내는 개략도이다.

도 1b는 본 발명에서 제공하는 공기중 미생물 포집장치를 작동한 결과를 나타내는 사진이다.

도 2는 공기중 미생물 포집장치의 코로나 전류를 측정하기 위하여 사용되는 장치의 구성을 나타내는 개략도이다.

도 3a는 본 발명의 공기중 미생물 포집장치에 인가된 전압과 시간의 경과에 따른 코로나 전류의 변화량을 분석한 결과를 나타내는 그래프이다.

도 3b는 액상 애노드를 포함하는 본 발명의 공기중 미생물 포집장치에 다양한 전압을 가하여 얻어진 최대 코로나 전류값을 고체 전극을 포함하는 공지된 마이크로 코로나 방전장치에서 얻어진 값과 비교한 결과를 나타내는 그래프이다.

도 4는 공기중 미생물 포집장치의 작동을 평가할 수 있는 공기중 미생물 검출용 장치의 구성을 나타내는 개략도이다.

도 5a는 공기중 미생물을 검출한 공기중 미생물 포집장치의 액상 애노드에 포함된 세균의 형태를 나타내는 전자

현미경 사진이다.

도 5b는 분무용 시료에 포함된 다양한 균체농도에 따른, 본 발명의 공기중 미생물 포집장치의 액상 애노드에 포집된 유전자 수준의 변화를 분석한 결과를 나타내는 그래프이다.

도 5c는 분무용 시료에 포함된 다양한 균체농도에 따른, 본 발명의 공기중 미생물 포집장치의 액상 애노드에 포집된 공기중 미생물의 농도 변화를 분석한 결과를 나타내는 그래프이다.

도 6은 0.0104 g-DCW/ℓ의 세균농도가 되도록 바실러스 균주 배양물을 2^{-10} 으로 희석한 분무용 시료를 분무하여 형성된 공기중 미생물에 노출된 LB 고체배지를 배양하여 수득한 결과를 나타내는 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0059] 이하 본 발명을 실시예를 통하여 보다 상세하게 설명한다. 그러나 이들 실시예는 본 발명을 예시적으로 설명하기 위한 것으로 본 발명의 범위가 이들 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0060] 실시예 1: 공기중 미생물 포집장치의 제작 및 성능 평가

[0061] 실시예 1-1: 공기중 미생물 포집장치의 제작

[0062] 고체 캐소드와 액상 애노드용 용기를 전원공급장치에 전기적으로 연결하고, 상기 고체 캐소드와 액상 애노드용 용기의 거리를 조정하여 공기중 미생물 포집장치를 제작하였다(도 1a).

[0063] 도 1a는 본 발명에서 제공하는 공기중 미생물 포집장치의 구조를 나타내는 개략도이다. 도 1a에서 보듯이, 직경 100μm의 금속핀을 이용하여 고체 캐소드를 제작하고, 액상 애노드를 담지할 $3.2 \times 3.2 \times 1.5$ mm 크기의 용기를 제작하였는데, 상기 용기에 담지될 수 있는 액체의 부피는 약 15.36μℓ이다. 상기 고체 캐소드는 금속제 도선을 통해 전원공급장치에 전기적으로 연결하였고, 상기 용기는 하단에 구비된 알루미늄 피복 금속심을 통해 전원공급장치에 전기적으로 연결하였다. 이에 따라, 고체 캐소드, 금속제 도선, 전원공급장치, 알루미늄 피복 금속심, 용기 및 액상 애노드로 구성된 코로나 방전 회로를 구성하였다. 이때, 사용되는 전원공급장치로는 고전압 DC-DC 변환기(Q20N-5, EMCO High Voltage Co., Sutter Creek, USA)를 사용하였고, 액상 애노드의 표면과 고체 캐소드 사이의 거리는 약 1.4mm가 되도록 제작하였으며, 상기 용기에는 15 μℓ의 증류수를 담아서 액상 애노드로 사용하였다.

[0064] 아울러, 상기 제작된 공기중 미생물 포집장치를 용이하게 작동하기 위하여, 상기 공기중 미생물 포집장치를 금속제 도선과 알루미늄 피복 금속심이 내장된 기계적인 연장수단(아크릴제, 전체길이 약 12.5cm)에 연결하였다. 이때, 상기 연장수단은 공기중 미생물 포집장치의 금속제 도선/알루미늄 피복 금속심과 전원공급장치 사이에 삽입될 수 있도록 구성되는데, 상기 연장수단에 내재된 금속제 도선의 일측말단은 공기중 미생물 포집장치의 고체 캐소드에 연결된 금속제 도선과 용이하게 연결 또는 분리될 수 있고, 상기 연장수단에 내재된 알루미늄 피복 금속심의 일측말단은 공기중 미생물 포집장치의 용기에 연결된 알루미늄 피복 금속심과 용이하게 연결 또는 분리될 수 있으며, 상기 내재된 금속제 도선/알루미늄 피복 금속심의 각각의 다른 말단은 전원공급장치에 연결 또는 분리될 수 있도록 상기 연장수단을 제작하였다.

[0065] 한편, 상기 제작된 공기중 미생물 포집장치에 전원을 공급한 결과, 고체 캐소드에서 코로나 방전이 수행됨을 확인하였다(도 1b).

[0066] 도 1b는 본 발명에서 제공하는 공기중 미생물 포집장치를 작동한 결과를 나타내는 사진이다. 상기 코로나 방전으로 인하여, 본 발명에서 제공하는 공기중 미생물 포집장치는 공기중 미생물을 액상 애노드에 포집하거나 또는 포집과 동시에 파쇄할 수 있다.

[0067] 실시예 1-2: 공기중 미생물 포집장치의 코로나 전류 측정

[0068] 상기 실시예 1-1에서 제작된 공기중 미생물 포집장치를 사용하여 코로나 방전을 수행할 경우, 코로나 전류의 수준이 상기 공기중 미생물 포집장치에 인가된 전압의 수준에 의하여 영향을 받는지의 여부를 확인하고자 하였다. 이때, 상기 공기중 미생물 포집장치를 작동시키고, 이로부터 코로나 전류를 측정하기 위하여, 상기 공기중 미생물 포집장치를 전원공급장치 및 데이터 기록장치에 연결시키는데, 상기 전원공급장치에 연결할 경우 밸러스트 저항기를 삽입하고, 상기 밸러스트 저항기의 전 후에 데이터 기록장치를 연결하며, 상기 데이터 기록장치는 컴퓨터와 연결하였다(도 2).

[0069] 도 2는 공기중 미생물 포집장치의 코로나 전류를 측정하기 위하여 사용되는 장치의 구성을 나타내는

개략도이다.

- [0070] 상기 도 2에 도시된 장치에 1500 내지 2000V의 전압을 인가하고, 시간의 흐름에 따른 코로나 전류의 크기를 비교하였다(도 3a). 이때, 전원공급장치로는 benchtop high voltage power supply(Stanford Research Systems Model PS 350 High Voltage Variable Power Supply)를 사용하였고, 고체 캐소드에는 10 MΩ의 밸러스트 저항기를 연결하고, 액상 애노드에는 1 MΩ의 밸러스트 저항기를 연결하였으며, 데이터 기록장치로는 Madgetech Model Volt101A를 사용하였다.
- [0071] 도 3a는 본 발명의 공기중 미생물 포집장치에 인가된 전압과 시간의 경과에 따른 코로나 전류의 변화량을 분석한 결과를 나타내는 그래프이다. 도 3a에서 보듯이, 인가된 전압의 수준이 증가할 수록 본 발명의 공기중 미생물 포집장치의 캐소드에서 생성되는 코로나에서 발생하는 코로나 전류의 수준이 증가됨을 확인하였다. 상기 코로나 전류는 생성되었을 때, 최대 값을 나타내고, 이후 시간의 경과에 따라 감소되는 양상을 나타내었다. 일 예로서, 1500 내지 2000V의 전압을 인가할 경우, 공기중 미생물 포집장치의 코로나 전류는 약 60초가 경과될 때마다 21 내지 25% 감소되었다. 구체적으로, 2000V를 인가한 경우, 처음에는 약 32 μ A를 나타내었으나, 60초가 경과된 후에는 약 24 μ A를 나타내어 25%가 감소되었다. 또한, 인가된 전압의 수준이 증가할 수록 감소되는 수준의 차이가 큰 것으로 확인되었다.
- [0072] 일반적으로, 고체 전극을 사용하는 마이크로 코로나 방전장치의 경우에는, 코로나 방전이 수행되고 시간이 경과될 수록 전극에 코로나 전류가 잔류하여, 결과적으로는 전류의 수준이 증가된다고 알려져 있으므로, 본 발명의 공기중 미생물 포집장치에서 얻어진 결과는, 종래에 알려진 것과 차이를 나타냄을 알 수 있었는데, 이러한 차이는 액상 애노드를 사용하기 때문이다.
- [0073] 이러한 액상 애노드의 사용에 의한 코로나 전류의 감소원인은 액상 애노드의 부피감소가 주된 원인인 것으로 분석되었다. 즉, 액상 애노드를 포함하는 장치로 코로나 방전을 수행하면 전기수력학적 증발(electrohydrodynamic driven evaporation)이 발생되어, 상기 액상 애노드의 부피가 감소하고, 액상 애노드의 부피감소는 고체 캐소드와 액상 애노드 사이의 간격을 증가시키며, 이처럼 전극 사이의 간격이 증가됨에 따라, 코로나 전류가 감소되는 것으로 분석되었다.
- [0074] 아울러, 상기 측정된 코로나 전류의 최대값을 공지된 고체 전극을 사용한 마이크로 코로나 방전장치(Chua, B., et al., 2008, J. Microelectromech. S. 17(1):115-123)에서 얻어진 값과 비교하였다(도 3b).
- [0075] 도 3b는 액상 애노드를 포함하는 본 발명의 공기중 미생물 포집장치에 다양한 전압을 가하여 얻어진 최대 코로나 전류값을 고체 전극을 포함하는 공지된 마이크로 코로나 방전장치에서 얻어진 값과 비교한 결과를 나타내는 그래프이다. 도 3b에서 보듯이, 1500V의 전압을 인가한 경우에는 공기중 미생물 포집장치의 최대 코로나 전류와 대조군의 최대 코로나 전류가 유사한 수준(약 5 μ A)을 나타내었으나, 인가된 전압의 수준이 증가할 수록 공기중 미생물 포집장치의 최대 코로나 전류가 대조군의 최대 코로나 전류보다 높은 수준을 나타냄을 확인하였다. 실제로, 2000V의 전압을 인가한 경우, 공기중 미생물 포집장치의 최대 코로나 전류는 약 32 μ A를 나타내었으나, 대조군의 최대 코로나 전류는 약 22 μ A를 나타냄을 확인하였다.
- [0076] 이러한 차이는 전극의 단면적 차이로 인한 것이라고 분석되었다. 즉, 본 발명에서 제공하는 공기중 미생물 포집장치의 액상 애노드의 단면적은 약 10.24 mm²를 나타내는 반면, 대조군의 고체 전극의 단면적은 약 3.85 mm²를 나타내며, 이러한 전극 단면적의 차이로 인하여, 최대 코로나 전류값에 차이를 나타내는 것으로 분석되었다.
- [0077] 상기 도 3a의 분석결과로부터, 60초 이상의 시간 동안 코로나 방전을 수행할 경우, 최대 25%의 코로나 전류가 감소됨을 알 수 있었는데, 이처럼 코로나 전류가 감소되어도, 대조군 보다 높은 수준의 코로나 전류수준을 나타냄을 알 수 있었다. 즉, 2000V의 전압을 인가한 경우, 공기중 미생물 포집장치의 최대 코로나 전류는 약 32 μ A이고, 상기 값의 25%가 감소되어도 약 24 μ A를 나타내며, 이는 대조군의 최대 코로나 전류 값인 약 22 μ A보다도 높은 수준이라는 것이다.
- [0078] 따라서, 액상 애노드를 사용하는 본 발명의 공기중 미생물 포집장치는 코로나 방전의 시간이 경과할 수록 코로나 전류가 감소됨에도 불구하고, 최종적으로는 종래의 마이크로 코로나 방전장치에 비하여, 높은 수준의 코로나 전류를 나타낸다는 장점이 있음을 알 수 있었다.
- [0079] **실시예 1-3: 공기중 미생물 포집장치의 전력 소모량 평가**
- [0080] 상기 실시예 1-1에서 제작된 공기중 미생물 포집장치에 의한 전력 소모량을 전력소모량 측정장치(applied voltage x corona current)로 측정한 결과, 최대 60 mW로 확인되었는데, 이는 1분 동안 수행되는 시료수집에 약

3.8 J이 소모됨을 의미한다.

[0081] 한편, 일반적인 9 V 580 mAh 배터리는 약 1900 J을 포함하므로, 변환기의 전환효율이 50%라고 가정하면, 하나의 4일반적인 9V 배터리를 사용할 경우 공기중 미생물 포집장치를 약 250번 사용할 수 있을 것으로 분석되었다.

[0082] **실시예 2: 공기중 미생물 포집장치를 이용한 공기중 미생물의 검출**

[0083] 상기 실시예 1-1에서 제작된 공기중 미생물 포집장치를 이용하여 공기중 미생물을 검출할 수 있는지의 여부를 확인하였다.

[0084] **실시예 2-1: 공기중 미생물 검출용 장치의 제작**

[0085] 상기 실시예 1-1에서 제작된 공기중 미생물 포집장치를 이용하여 공기중 미생물을 검출할 수 있는지의 여부를 확인하기 위하여, 공기중 미생물 포집장치의 작동을 평가할 수 있는 공기중 미생물 검출용 장치를 제작하였다.

[0086] 구체적으로, 상기 공기중 미생물 검출용 장치는 분무기(atomizer), U자형 노출챔버(U-shape exposure chamber), 시료채취구(sampling port) 및 배기용 환풍기(exhaust fan)로 구성하였다(도 4).

[0087] 도 4는 공기중 미생물 포집장치의 작동을 평가할 수 있는 공기중 미생물 검출용 장치의 구성을 나타내는 개략도이다.

[0088] 먼저, 분무기는 5 V USB 전원 가습기를 변형시켜서 제작하였는데, 이는 구멍이 뚫린 금속제 격막 위에 적층된 고리형의 피에조전기소자를 사용하여 액체를 분무화시킬 수 있다. 상기 분무기의 상단에 위치한 피에조전기소자의 상단에 시료 주입용 바이알(inlet vial)을 수직으로 구비하였는데, 상기 바이알을 통해 액체시료를 분무기에 주입하면, 상기 액체시료를 약 40 ml/hr의 속도로 분무할 수 있도록 구성하였다.

[0089] 다음으로, U자형 노출챔버는 폴리프로필렌 탱크(polypropylene tank)의 윗면에 구비된 두개의 PET 컬럼(직경 약 8cm)의 형태로 제작하였는데, 상기 PET 컬럼은 시료 흡입용 컬럼과 시료 배출용 컬럼으로 구성하였다. 상기 시료 흡입용 컬럼(길이 약 32cm)의 상단에는 상기 분무기가 구비되어 있고, 상기 시료 배출용 컬럼(길이 약 57.8cm)의 상단에는 배기용 환풍기가 구비되어 있으며, 상기 시료 흡입용 컬럼과 시료 배출용 컬럼의 하단은 폴리프로필렌 탱크에 연통되어 있어, 상기 시료 흡입용 컬럼의 상단에 구비된 분무기를 통해 분무된 공기중 미생물이 시료 흡입용 컬럼, 폴리프로필렌 탱크, 시료 배출용 컬럼 및 배기용 환풍기를 통해 이동할 수 있도록 구성하였다.

[0090] 또한, 상기 시료 배출용 컬럼에 구비된 배기용 환풍기의 하단에는 결합용 자성 테이프가 미리 부착된 LB 아가 플레이트를 고정시키기 위한 자석부착부를 구비하여, 필요에 따라 LB 아가 플레이트를 부착 또는 분리할 수 있도록 구성하였다.

[0091] 아울러, 상기 폴리프로필렌 탱크에는 상기 탱크 부피의 절반 수준인 0.5ℓ 증류수를 담아서, 상기 공기중 미생물 검출용 장치의 무게중심을 부여하여 기계적으로 안정화시켰을 뿐만 아니라, 분무기로부터 분무된 큰 입자를 제거할 수 있도록 하였다.

[0092] 아울러, 시료 채취구는 시료 배출용 컬럼에 구비된 자석부착부의 하단에 구비하였는데, 상기 시료 채취구를 통해 본 발명의 공기중 미생물 포집장치를 공기중 미생물 검출용 장치에 삽입하고, 분무된 공기중 미생물을 검출할 수 있도록 구성하였다. 이때, 상기 상기 시료 채취구는 공기중 미생물 포집장치가 삽입된 후, 액상 애노드의 표면이 공기의 흐름과 평행한 방향이 되도록, 공기중 미생물 포집장치의 위치를 조절할 수 있도록 구성하였다.

[0093] 끝으로, 배기용 환풍기는 시료 배출용 컬럼의 내부 공기를 외부로 방출시킴으로써, 분무된 공기중 미생물이 시료 흡입용 컬럼, 폴리프로필렌 탱크, 시료 배출용 컬럼 및 배기용 환풍기를 통해 이동할 수 있게 구성하였다.

[0094] **실시예 2-2: 공기중 미생물 제작용 분무용 시료의 수득**

[0095] 공기중 미생물으로서, 그람양성균의 일종인 바실러스 서브틸리스 균주(B. subtilis, ATCC 6051, Manassas, USA)를 선택하였다. 상기 균주를 LB 배지에 접종하고, 28 ℃에서 160 rpm의 속도로 진탕배양하여 충분히 수준으로 증식시켰다. 상기 배양이 종료된 후, 배양물을 13,000 rpm로 1분동안 원심분리하여 침전된 균체를 수득하고, 상기 수득한 균체를 PBS(pH 7.4)로 2회 세척하고, 증류수에 현탁시켜서 10.65 g-DCW(gram dry cell weight)/ℓ의 균체농도를 갖는 현탁액을 수득하였다. 상기 수득한 현탁액을 농축 또는 증류수에 희석시켜서 다양한 균체농도를 갖는 분무용 시료를 수득하였다(표 1).

표 1

[0096]

바실러스 서브틸리스 균주의 농축비율 및 분무용 시료내 균체의 농도

농축비율	시료내 균체의 농도(g-DCW/ ℓ)
2^2	42.6000
2^1	21.3000
2^0	10.6500
2^{-2}	2.6625
2^{-4}	0.6656
2^{-8}	0.0416
2^{-10}	0.0104
2^{-11}	0.0052

[0097]

실시예 2-3: 공기중 미생물의 검출

[0098]

실시예 2-1에서 제작한 공기중 미생물 검출용 장치에 상기 실시예 2-2에서 수득한 분무용 시료를 가하고, 실시예 1-1에서 제작한 공기중 미생물 포집장치를 이용하여 공기중 미생물을 검출하였다.

[0099]

먼저, 상기 공기중 미생물 검출용 장치의 자석부착부에 자성 테이프가 미리 부착된 LB 아가 플레이트를 고정시키고, 시료채취구에는 공기중 미생물 포집장치를 장착시켰다. 이어, 상기 공기중 미생물 검출용 장치의 배기용 환풍기에 4.8 V의 전원을 공급하여, 컬럼의 내부에서 공기속도를 약 3.7 m/s로 유지하였고, 상기 공기중 미생물 포집장치의 고전압 DC-DC 변환기에 4.8 V의 전원을 공급하였으며, 이를 약 1960 V의 인가전압으로 전환시켰다.

[0100]

그런 다음, 각각의 분무용 시료 250 μ l를 공기중 미생물 검출용 장치의 시료 주입용 바이알에 가하여, 상기 분무용 시료를 미세한 물방울의 형태로 시료 흡입용 컬럼 내부에 분무하였다. 분무된 시료에 포함된 수분은 분무 직후에 증발하여 제거되고, 상기 시료에 포함된 바실러스 균주는 공기중 미생물을 형성하였다. 상기 형성된 공기중 미생물은 시료 흡입용 컬럼, 폴리프로필렌 탱크 및 시료 배출용 컬럼으로 이동하고, 상기 시료 배출용 컬럼에 장착된 공기중 미생물 포집장치를 거쳐서, LB 아가 플레이트에 접촉하였다.

[0101]

상기 과정은 분무용 시료를 가한 후, 1분 동안 수행하였고, 1분이 경과된 후, 공기중 미생물 포집장치의 액상 애노드를 분리하여 보관하고, LB 아가 플레이트 역시 개별적으로 분리하여 보관하였으며, 이러한 전체 과정은 상기 실시예 2-2에서 수득한 분무용 시료별로 각각 수행하였다.

[0102]

실시예 2-4: 액상 애노드에 포집된 공기중 미생물의 확인

[0103]

상기 실시예 2-3에서 분리보관된 액상 애노드를 주사전자 현미경으로 관찰하여, 공기중 미생물이 포집되었는지의 여부를 확인하였다(도 5a).

[0104]

도 5a는 공기중 미생물을 검출한 공기중 미생물 포집장치의 액상 애노드에 포함된 세균의 형태를 나타내는 전자현미경 사진이다. 도 5a에서 보듯이, 상기 액상 애노드에는 공기중 미생물이 포집됨을 확인하였을 뿐만 아니라, 정상적인 세균(도 5a의 삽입도면)에 비하여, 액상 애노드에 포집된 세균(화살표)이 상당수 파쇄되었음을 확인하였다.

[0105]

따라서, 본 발명의 공기중 미생물 포집장치는 액상 애노드에 공기중 미생물을 포집함과 동시에 파쇄하므로, DNA를 추출하기 위한 세포 파쇄공정을 별도로 수행하지 않고서도, 포집된 세균의 수준을 분석할 수 있는 효과를 나타낼 수 있었다.

[0106]

실시예 2-5: 액상 애노드 내의 유전자 정량분석

[0107]

상기 실시예 2-4의 결과와 같이 본 발명의 공기중 미생물 포집장치가 DNA를 추출하기 위한 세포 파쇄공정을 별도로 수행하지 않고서도, 포집된 세균의 수준을 분석할 수 있는 효과를 나타내는지의 여부를 검증하기 위하여, 상기 실시예 2-3에서 분리보관된 액상 애노드에 포함된 파쇄된 세균으로부터 방출된 유전자의 수준을 NanoDropTM 2000 spectrophotometer(Thermo Fisher Scientific Inc., city Wilmington, USA)를 이용하여, 분무용 시료

별로 정량분석하고, 분무용 시료에 포함된 균체의 농도대비 연관성을 분석하였다(도 5b).

[0108] 도 5b는 분무용 시료에 포함된 다양한 균체농도에 따른, 본 발명의 공기중 미생물 포집장치의 액상 애노드에 포집된 유전자 수준의 변화를 분석한 결과를 나타내는 그래프이다. 도 5b에서 보듯이, 분무용 시료에 포함된 균체 농도가 0.0104 g-DCW/L 에서 42.6 g-DCW/L로 증가됨에 따라, 액상 애노드에 포집된 유전자 수준이 $2.01 \pm 1.57 \text{ ng}/\mu\text{l}$ 에서 $75.00 \pm 7.15 \text{ ng}/\mu\text{l}$ 로 증가되었으므로, 분무용 시료에 포함된 균체농도에 비례하여, 액상 애노드에서 검출된 유전자의 수준이 증가됨을 확인하였다. 다만, 0.0052 g-DCW/ℓ의 세균농도에서는 액상 애노드에서 DNA 농도가 검출되지 않았다.

[0109] 또한, 상기 측정된 각 시료의 균체농도와 액상 애노드에 포집된 유전자 수준을 비교하여, 각 시료별 파쇄율을 측정하고 이를 비교하였다(표 2).

표 2

[0110] 바실러스 서브틸리스 균주의 농축비율 및 분무용 시료내 균체의 농도

시료내 균체의 농도(g-DCW/ℓ)	액상 애노드에서 측정된 유전자 농도(ng/μℓ)	파쇄율(%)
42.6000	75.0 ± 7.15	74.09
21.3000	40.0 ± 13.4	78.34
10.6500	24.1 ± 10.4	76.23
2.6625	6.20 ± 2.46	67.50
0.6656	3.10 ± 1.71	72.27
0.0416	2.22 ± 1.81	67.92
0.0104	2.01 ± 1.57	72.22
0.0052	N.D.	N.D.

[0111] N.D.: 검출되지 않음

[0112] 상기 표 2에서 보듯이, 본 발명에서 제공하는 공기중 미생물 포집장치는 67.7% 이상의 파쇄율을 나타냄을 확인하였다.

[0113] 따라서, 본 발명의 공기중 미생물 포집장치는 DNA를 추출하기 위한 세포 파쇄공정을 별도로 수행하지 않고서도, 포집된 세균의 수준을 분석할 수 있는 효과를 나타냄을 알 수 있었다.

[0114] 실시예 2-6: 액상 애노드 내의 유전자를 이용한 포집된 세균의 정량분석

[0115] 상기 실시예 2-5의 결과로부터, 액상 애노드내의 유전자 수준이 공기중 미생물의 수준에 비례함을 확인하였는 바, 상기 액상 애노드내의 유전자 수준을 이용하여 액상 애노드에 포집된 세균의 수준을 정량분석하였다.

[0116] 먼저, 바실러스 서브틸리스 균주의 16S rRNA 유전자의 서열(accession number: NC_020507)을 검출할 수 있는 프로브와 신호 DNA를 각각 합성하고, 상기 프로브는 자성입자와 양자점의 복합체(MB-QD565)에 결합시켰으며, 상기 신호 DNA는 다른 양자점(QD655)에 결합시켰다. 이때, 상기 자성입자와 양자점의 복합체는 N-히드록시숙신이미드(NHS)를 사용한 에틸카보디이미드(ethylcarbodiimide, EDC) 반응을 통해 아민화된 자성 비드(MB, 2×10^7 beads/mL, Dynabead M270, Invitrogen, Carlsbad, USA)에 카르복실화된 양자점 나노입자(QD565, 2 μmoles/L, Invitrogen)를 결합시켜서 수득하였다.

[0117] 프로브: 5'-NH₂-TGC AAG TCG AGC GGA CAG AGA G-3'(서열번호 1)

[0118] 신호 DNA: 5'-ACC GAG GGT CAT TGG AAA CTG GGG A-NH₂-3'(서열번호 2)

[0119] 다음으로, 실시예 2-3에서 분리된 각각의 액상 애노드를 95℃에서 5분동안 가열하여 상기 액상 애노드에 포함된 이중가닥 DNA를 단일가닥 DNA로 변성시키고, 상기 MB-QD565에 결합된 프로브와, QD655에 결합된 신호 DNA를 가하여 혼성화시켰다. 상기 혼성화된 반응물을 천천히 진탕시키면서, 37℃에서 15시간 동안 반응시켰다. 반응이 종료된 후, 반응산물을 PBS로 3회 세척하여, 결합되지 않거나 또는 비특이적으로 결합된 프로브 또는 신호 DNA를 제거하였다.

[0120] 이어, QD565의 형광값은 360 nm의 여기파장 및 570 nm의 방출파장에서 측정하고, QD655의 형광값은 360 nm의 여

기과장 및 660 nm의 방출파장에서 측정한 다음, 하기 식을 이용하여 정규화된 형광값을 산출하고, 상기 정규화된 형광값을 포집된 세균의 농도로 간주하였다. 상기 포집된 세균의 농도를 분무용 시료에 포함된 균체농도에 따라 비교하였다(도 5c).

[0121] 정규화된 형광값(RFU) = QD655의 형광값 / QD565의 형광값

[0122] 도 5c는 분무용 시료에 포함된 다양한 균체농도에 따른, 본 발명의 공기중 미생물 포집장치의 액상 애노드에 포집된 공기중 미생물의 농도 변화를 분석한 결과를 나타내는 그래프이다. 도 5c에서 보듯이, 분무용 시료에 포함된 균체농도가 0.0104 g-DCW/L 에서 42.6 g-DCW/L로 증가됨에 따라, 액상 애노드에 포집된 공기중 미생물의 수준이 18.03 ± 1.18 에서 49.71 ± 1.82 로 증가되었으므로, 분무용 시료에 포함된 균체농도에 비례하여, 액상 애노드에서 포집된 공기중 미생물의 수준이 증가됨을 확인하였다.

[0123] 상기 결과로부터 본 발명에서 제공하는 공기중 미생물 포집장치를 통해 공기중 미생물의 농도를 정량분석할 수 있음을 알 수 있었다.

[0124] **실시예 2-7: 공기중 미생물 포집장치를 이용한 공기중 미생물의 검출한도 분석**

[0125] 상기 실시예 2-4 내지 2-6의 결과로부터, 분무용 시료에 포함된 균체의 농도에 비례하여, 공기중 미생물 포집장치의 액상 애노드에 포집된 세균의 농도가 증가됨을 확인하였으나, 실제적인 공기중 미생물의 농도와 공기중 미생물 포집장치의 액상 애노드에 포집된 세균의 농도의 연관성은 확인할 수 없었으므로, 이를 확인하고자 하였다.

[0126] 다만, 상기 도 5b에서 분석한 결과에서 보듯이 0.0052 g-DCW/ℓ의 세균농도를 갖는 분무용 시료에서 발생된 공기중 미생물은 액상 애노드에서 DNA 농도가 검출되지 않았으므로, 본 발명의 공기중 미생물 포집장치로 검출할 수 있는 공기중 미생물의 최소농도는 0.0104 g-DCW/ℓ의 세균농도를 갖는 분무용 시료에서 발생된 공기중 미생물로 확인되었다.

[0127] 이에 따라, 0.0104 g-DCW/ℓ의 세균농도를 갖는 분무용 시료에서 발생된 공기중 미생물을 검출한 실시예 2-3에서 분리된 LB 아가 플레이트를 28℃에서 1일 동안 배양하고, 형성된 콜로니의 수를 계수하여 CFU 값을 산출하였다(도 6).

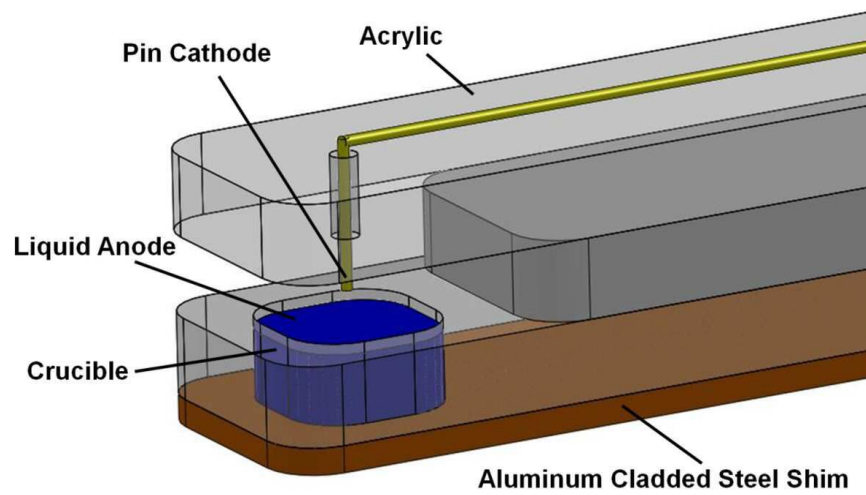
[0128] 도 6은 0.0104 g-DCW/ℓ의 세균농도가 되도록 바실러스 균주 배양물을 2^{-10} 으로 희석한 분무용 시료를 분무하여 형성된 공기중 미생물에 노출된 LB 고체배지를 배양하여 수득한 결과를 나타내는 사진이다. 도 6에서 보듯이, 0.0104 g-DCW/ℓ의 세균농도가 되도록 바실러스 균주 배양물을 2^{-10} 으로 희석한 분무용 시료를 분무하여 형성된 공기중 미생물에 노출된 LB 고체배지에서 산출된 CFUs는 약 1200 CFU임을 확인하였다.

[0129] 아울러, 직경 8cm의 LB 고체배지에 3.7 m/s의 속도로 1분동안 접촉한 공기의 부피는 약 1.1 m³임을 확인하고, 공기의 단위 부피당 검출가능한 공기중 미생물의 CFUs를 산출한 결과, 공기의 단위 부피당 검출가능한 공기중 미생물의 CFUs는 약 1075 CFU/m³임을 알 수 있었다.

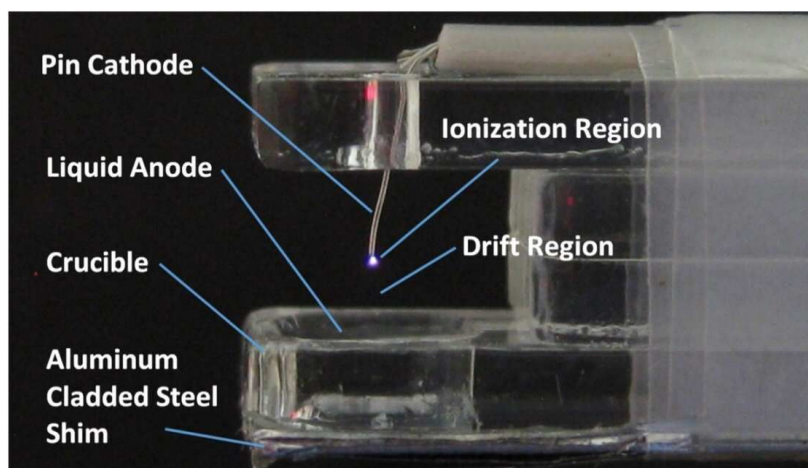
[0130] 한편, 산업환경에서 공기중 미생물의 수준은 10^2 내지 10^8 CFU/m³라고 알려져 있으므로(Gilbert, Y., Duchaine, C., 2009. Can. J. Civil Eng. 36(12):1873-1886), 본 발명에서 제공하는 공기중 미생물 포집장치를 사용하면, 산업환경에서 공기중의 세균을 검출할 수 있음을 알 수 있었다.

도면

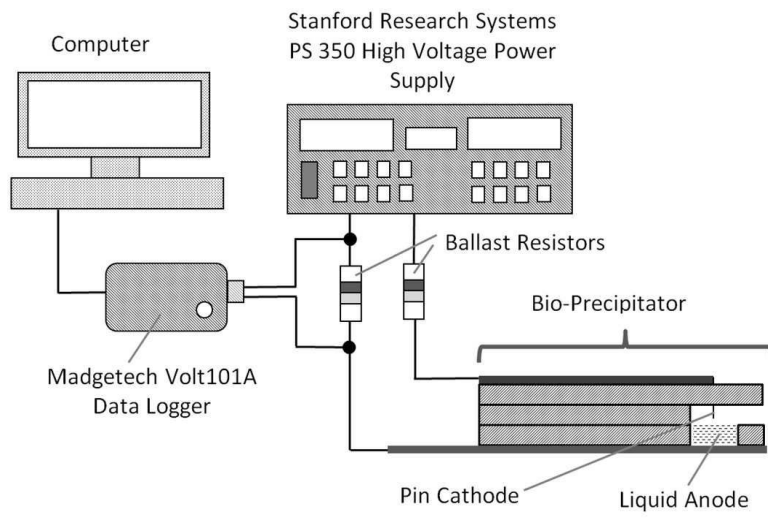
도면1a



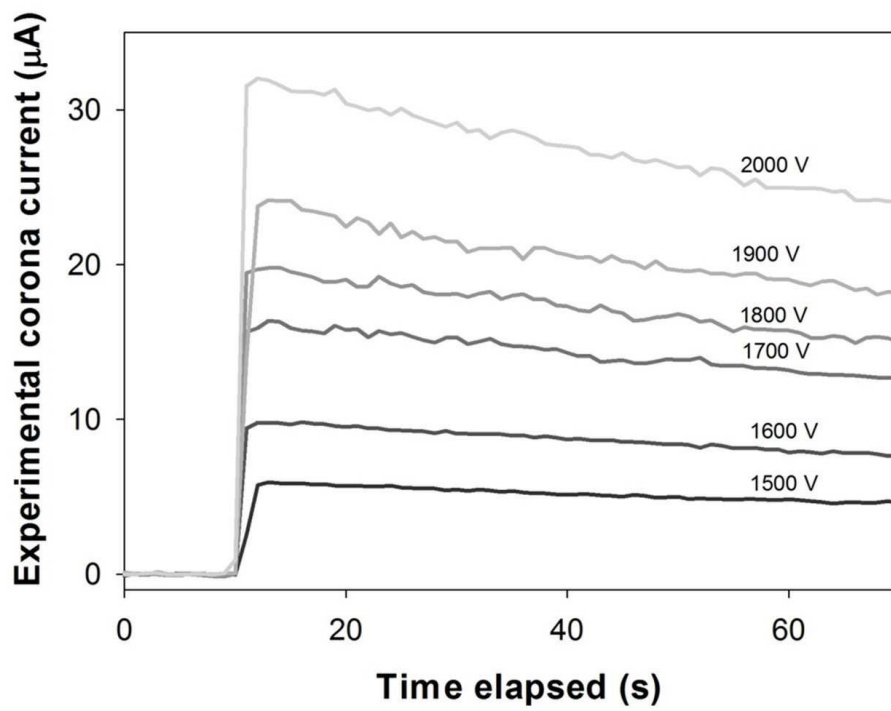
도면1b



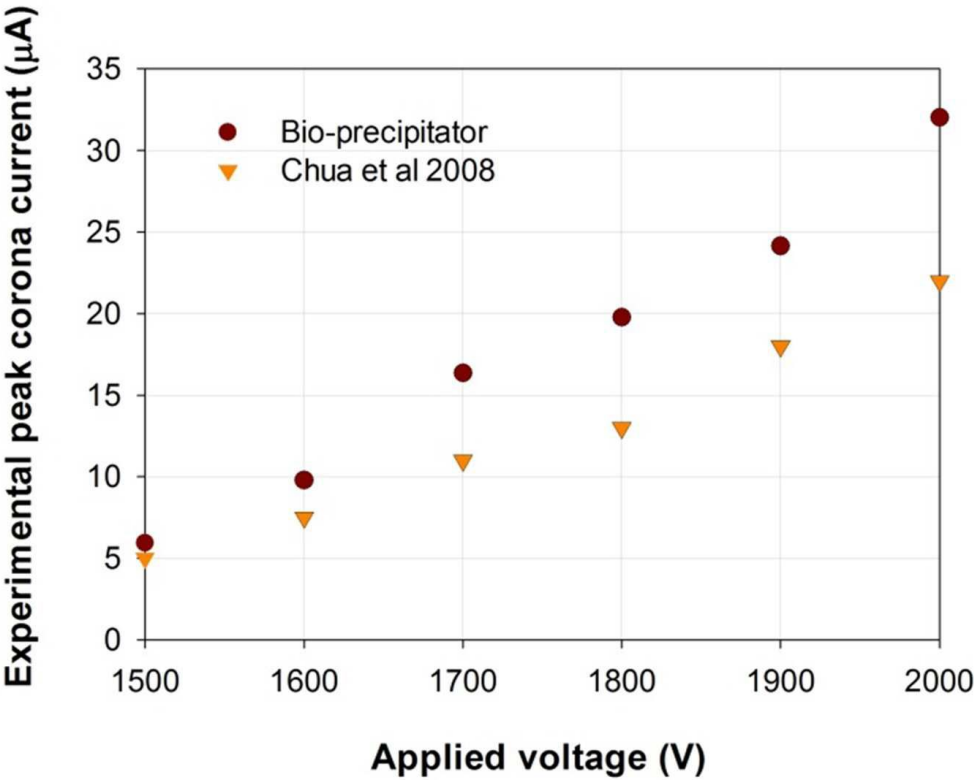
도면2



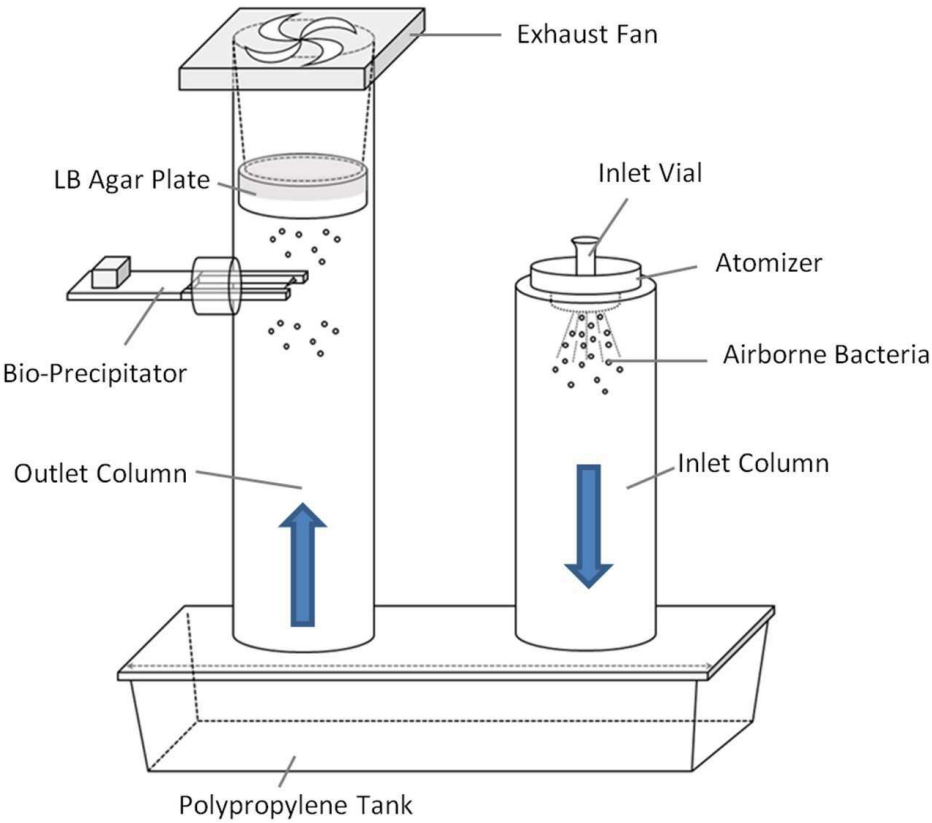
도면3a



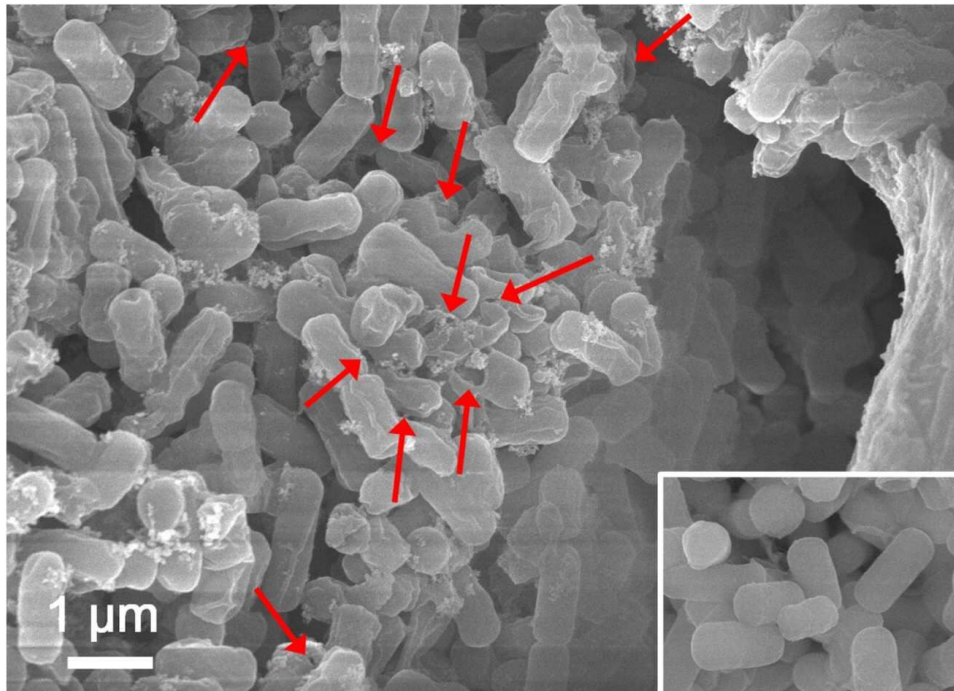
도면3b



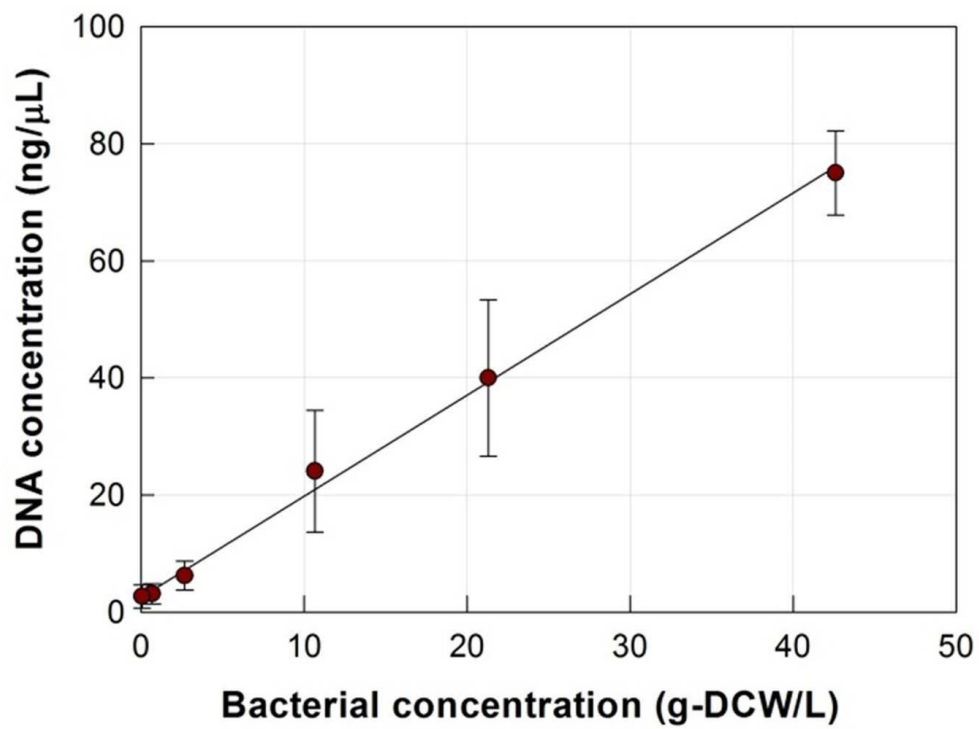
도면4



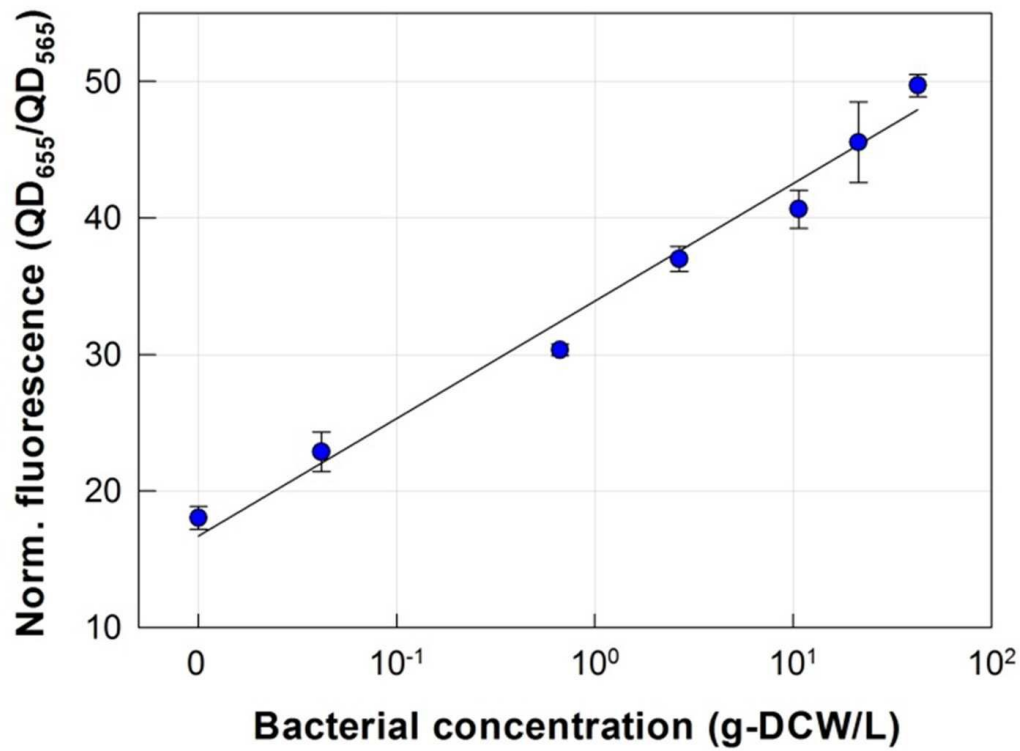
도면5a



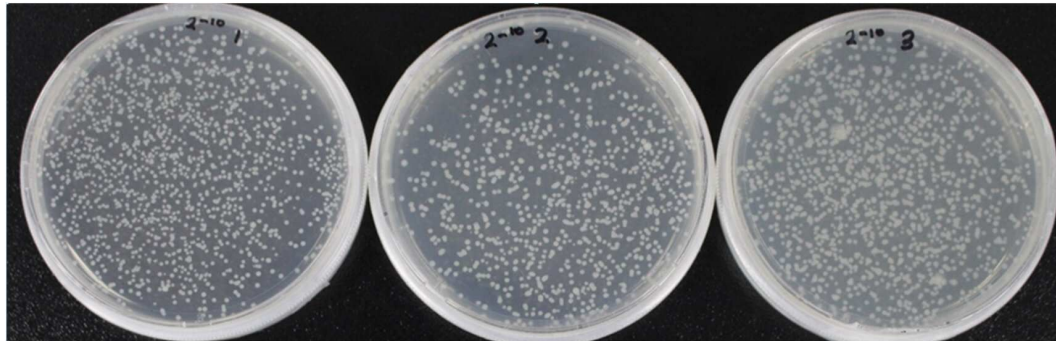
도면5b



도면5c



도면6



서열목록

- <110> Ewha University-Industry Collaboration Foundation
Korea University Research and Business Foundation
- <120> Novel portable airborne bacteria capturing device comprising
liquid anode and uses thereof
- <130> KPA160037-KR
- <160> 2
- <170> KopatentIn 2.0
- <210> 1
- <211> 22
- <212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220><223> probe

<400> 1

tgcaagtcga gcggacagag ag

22

<210> 2

<211> 25

<

212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220><223> signal DNA

<400> 2

accgagggtc attggaaact gggga

25

【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 14 말미

【변경전】

휴대용 공기중 미생물 포집장치

【변경후】

공기중 미생물 포집장치