(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0144057
(43) 공개일자 2015년12월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C12N 5/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0072688
(22) 출원일자 2014년06월16일
심사청구일자 2014년06월16일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
이원구
경기도 수원시 영통구 영통로 498 황골마을1단지 아파트 136동 1402호
박용
경기도 성남시 분당구 분당로 190 샛별마을라이프 아파트 105동 402호
윤종규
경기도 성남시 중원구 희망로422번길 15-8
(74) 대리인
김정대

전체 청구항 수 : 총 4 항

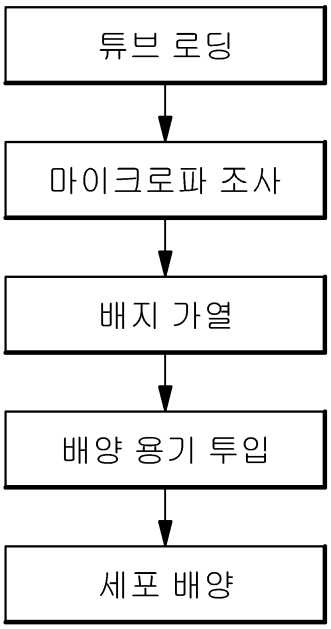
(54) 발명의 명칭 **세포 배양용 배지 가열방법 및 이를 이용한 세포 배양방법**

(57) 요 약

본 발명은, 세포 배양용 배지를 목표 온도로 데우는 데 소요되는 시간을 단축할 수 있고, 더 나아가 배기 가열과정이나 세포 배양 과정이나 실험 도중에 배지의 오염을 방지할 수 있는 세포 배양용 배지 가열방법 및 이를 이용한 세포 배양방법을 개시한다. 본 발명에 따른 세포 배양용 배지 가열방법은, 상기 세포 배양용 배지에 마이크로

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도6



파(Microwave)를 조사해서 상기 세포 배양용 배지를 목표 온도로 데우는 데 기술적 특징이 있다. 본 발명에 따르면, 항온수조를 이용한 배지 가열법과 비교하여 극히 짧은 시간에 세포 배양용 배지를 목표 온도로 데울 수 있으므로, 세포 배양 준비에 소요되는 시간이 크게 단축될 수 있으며, 세포 번식에 불필요한 잡균이나 항온수조에서 발생할 수 있는 곰팡이에 의한 배지의 오염이 방지될 수 있고, 배지 살균을 통해 청결한 배양 환경이 제공될 수 있다. 또한 마이크로파에 의해 가열된 배지로 세포 배양을 진행하고 그 결과를 통해 마이크로파에 의해 가열된 음식이 인체 특히 세포에 미치는 영향을 간접적으로 확인할 수 있다.

명 세 서

청구범위

청구항 1

세포 배양용 배지(Culture Media)를 가열하는 세포 배양용 배지 가열방법으로서:

상기 세포 배양용 배지에 마이크로파(Microwave)를 조사해서 상기 세포 배양용 배지를 목표 온도로 데우는 것을 특징으로 하는 세포 배양용 배지 가열방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 마이크로파의 주파수는 2.4GHz~2.5GHz이고 파장은 0.11m~0.12m인 것을 특징으로 하는 세포 배양용 배지 가열방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 목표 온도는 37℃~38℃인 것을 특징으로 하는 세포 배양용 배지 가열방법.

청구항 4

세포 배양용 배지에 마이크로파(Microwave)를 조사해서 상기 세포 배양용 배지를 목표 온도로 데우는 (a)단계; 그리고

상기 세포 배양용 배지를 세포가 들어 있는 배양 용기에 투입하는 (b)단계를 포함하는 세포 배양방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 세포 배양용 배지를 목표 온도로 데우는 세포 배양용 배지 가열방법과 이를 이용한 세포 배양방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 마이크로파(Microwave)를 이용해서 배지를 가열하는 세포 배양용 배지 가열방법 및 이를 이용한 세포 배양방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 세포 배양이란 세포를 배양하는 과정을 말하며, 단백질분해효소 등의 처리로 단세포를 분산해서 배양하는 것을 세포 배양이라 한다. 보다 구체적으로 설명하면, 생체조직을 무균적으로 선발해서 트립신이나 프로나아제 등의 소화효소로 처리하여 단세포로 분리하여 초대배양을 하고, 계대중인 세포계나 세포주를 같은 효소처리로 분산시켜 얻어낸 단세포를 증식배지에 이식, 접종하여 다음의 계대배양을 한다.

[0003] 세포배양법의 개발에 의해 생체를 구성하고 있던 세포를 단세포생물처럼 취급하는 것이 가능하게 되었으며, 세포 배양을 통해 대장균 등에서 얻어낸 지식이나 기술을 기초로 동물세포를 해석하는 흐름이 확립되었고, 그 결과, 세포의 기본적 대사, 증식, 분화, 노화, 발암 바이러스감염 등을 세포 수준에서 정량적으로 취급할 수 있게 되었다.

[0004] 세포 배양에는 세포가 배양 용기에 부착하여 증식하는 단층배양과 세포가 부유 상태로 증식하는 현탁배양이 있다. 또한, 단일의 세포를 배양하여 콜로니를 형성하는 단세포배양이나, 역으로 대량의 세포를 배양하는 대량배양이있다. 배양된 세포는 상피유사, 섬유아유사, 림프구 상의 형태를 나타내며, 생체에서 분리, 배양을 시작한 초대배양세포는 정상 2배체 염색체의 염색체구성을 한다.

[0005] 또한, 초대배양세포는 정상성질을 갖고 있으나 계대함에 따라 증식능, 염색체, 형태등의 변화(형질변환)를 수반하여 종양성을 갖게 되며, 세포의 유래조직에 있던 분화기능이 때로는 소실하기도 한다.

[0006] 거의 모든 종류의 세포는 트립신액이나 EDTA액으로 처리한 후 적당한 배양액에 부유(浮游)시킨 다음, 유리나 플라스틱제의 배양기에 넣어 37° C 전후의 온도를 유지하면, 세포가 벽면에 부착해서 증식한다. 비종양 세포는 단층(單層, monolayer)의 세포층을 형성한다.

[0007] 한편, 세포를 배양 용기 예를 들면 플라스크 안에서 배양하면 시간이 지남에 따라 그 안의 개체수(세포수)가 증가하게 된다. 이에 따라 세포를 새로운 환경에서 자랄 수 있도록 새로운 플라스크에 넣고 그 안에 새로운 배지(Culture Media) 즉 배양액을 넣어주어야 한다.

[0008] 상기 배지는 상술한 바와 같이 배양액이라고도 불리며, 미생물이나 동식물의 조직을 배양하기 위하여 배양체 즉 세포가 필요로 하는 영양물질을 주성분으로 하고, 세포의 증식, 보존, 수송 등을 위해 사용되는 재료를 배지라 한다.

[0009] 상기 배지는 적절한 온도로 가열된 상태로 사용되는데, 기존의 배지 가열방법에서는 배지를 항온수조를 이용하여 약 60분간 가열하여 적절한 온도(37℃ 전후의 온도)로 맞추고, 가열된 배지를 사용하여 세포 배양을 진행했다.

[0010] 도 1 및 도 2를 참조하면, 상기 항온수조(10)를 이용한 배지 가열법은 수조 내부에 증류수(W)를 넣고 상기 증류수의 열전도를 이용해 배지의 온도를 높이는 기술로서, 항온수조(10) 내부에는 튜브 거치대(11)가 배치되며, 상기 튜브 거치대(11)는 배지를 담은 튜브(1)를 지지해서 상기 튜브(1)의 전도를 방지한다.

[0011] 그러나 상술한 항온수조(10)에 의한 배지 가열법은 상기 배지(50mL)의 가열에 약 60분(3,600초)의 긴 시간이 소요되며, 세포 배양 과정이나 실험 도중에 손이나 기타 다른 매개체에 의해 잡균이 배지에 유입될 수 있고, 항온수조(10) 내에서 발생하는 물 곰팡이 등이 상기 튜브(1)의 표면에 생성되어 곰팡이 등에 의해 배지가 오염될 위험이 높으며, 더 나아가 상기 배지의 가열을 위해 튜브(1)를 핸들링할 때 상기 튜브(1)가 전도되어서 증류수(W)에 잠기면 튜브의 마개가 오염될 수 있으므로, 가열된 배지를 세포 배양 용기(예를 들면 플라스크)에 옮겨 담을 때 배지 오염의 위험성이 높다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2011-0074564호, 2011년 6월 30일 공개

(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허공보 제10-2009-0086414호, 2009년 8월 12일 공개

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 본 발명의 목적은, 세포 배양용 배지를 목표 온도로 데우는 데 소요되는 시간을 단축할 수 있고, 더 나아가 배기 가열과정이나 세포 배양 과정이나 실험 도중에 배지의 오염을 방지할 수 있는 세포 배양용 배지 가열방법 및 이를 이용한 세포 배양방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명은 세포 배양용 배지(Culture Media)를 가열하는 세포 배양용 배지 가열방법으로서: 상기 세포 배양용 배지에 마이크로파(Microwave)를 조사해서 상기 세포 배양용 배지를 목표 온도로 데우는 세포 배양용 배지 가열방법을 제공한다.

[0015] 다른 일 형태로서 본 발명은: 세포 배양용 배지에 마이크로파(Microwave)를 조사해서 상기 세포 배양용 배지를 목표 온도로 데우는 (a)단계; 그리고 상기 세포 배양용 배지를 세포가 들어 있는 배양 용기에 투입하는 (b)단계를 포함하는 세포 배양방법을 제공한다.

[0016] 상기 마이크로파의 주파수는 2.4GHz~2.5GHz이고 파장은 0.11m~0.12m이나 이에 한정되는 것은 아니다. 그리고 상기 목표 온도는 37℃~38℃이나 이에 한정되는 것은 아니다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 따르면, 항온수조를 이용한 배지 가열법과 비교하여 극히 짧은 시간에 세포 배양용 배지를 목표 온도로 데울 수 있으므로, 세포 배양 준비에 소요되는 시간이 크게 단축될 수 있으며, 세포 번식에 불필요한 잡균이나 항온수조에서 발생할 수 있는 곰팡이에 의한 배지의 오염이 방지될 수 있고, 배지 살균을 통해 청결한 배양환경이 제공될 수 있다. 또한 마이크로파에 의해 가열된 배지로 세포 배양을 진행하고 그 결과를 통해 마이크로파에 의해 가열된 음식이 인체 특히 세포에 미치는 영향을 간접적으로 확인할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 본 발명의 특징 및 장점들은 후술되는 본 발명의 실시예들에 대한 상세한 설명과 함께 다음에 설명되는 도면들을 참고하여 더 잘 이해될 수 있으며, 상기 도면들 중:

도 1 및 도 2는 종래의 세포 배양용 배지 가열법을 위한 항온수조를 개략적으로 나타낸 사시도와 단면도;

도 3은 본 발명에 따른 세포 배양용 배지 가열방법을 위한 배지 가열장치의 일 실시 예를 나타낸 사시도;

도 4는 도 3에 도시된 배지 가열장치의 구성도;

도 5는 배지 가열에 소요되는 시간을 나타낸 도면;

도 6은 본 발명에 따른 세포 배양용 배지 가열방법을 이용한 세포 배양방법의 일 실시 예를 나타낸 플로우 챠트;

도 7은 마이크로파에 의해 가열되는 물의 온도 변화를 나타낸 그래프;

도 8은 마이크로파를 이용하여 물(a)와 세포 배양용 배지(b)를 37℃로 가열할 때 소요되는 시간을 부피변화에 대해 나타낸 그래프;

도 9는 실험군과 대조군에 의한 세포 배양 후 헬라 세포(HeLa Cell) 사진;

도 10은 실험군과 대조군에 의한 세포의 생존도(Viability)를 나타낸 사진; 그리고

도 11은 실험군과 대조군에 의한 세포 밀집도 변화를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 본 발명의 실시 예가 첨부도면들을 참조하여 설명된다. 본 발명의 실시 예들을 설명함에 있어서 동일 구성에 대해서는 동일 도면 부호가 사용된다.

[0020] 본 발명은 세포 배양용 배지(Culture Media)를 가열하는 세포 배양용 배지 가열방법 및 이를 이용한 세포 배양방법으로서, 상기 세포 배양용 배지에 마이크로파(Microwave)를 조사해서 상기 세포 배양용 배지를 목표 온도로 데우는 데 기술적 특징이 있으며, 생물학적 세포나 조직 배양에 있어서 개선된 결과를 줄 수 있다.

[0021] 상술한 마이크로파(Microwave)는 주파수가 매우 높은 전자파를 말하며, 보통 파장(Wavelength)이 1mm~1m이고 주파수가 300MHz~300GHz이며 광자 에너지(Photon Energy)는 1.24meV~1.24㎕eV이다.

[0022] 마이크로파와 같이 파장이 짧으면 광파와 유사한 성질을 가지게 되어 직진, 반사, 흡수의 성질을 가지며, 본 발명은 상술한 마이크로파를 이용해서 세포 배양용 배지를 목표 온도, 예를 들면 37℃~38℃ 특히 세포 배양 온도인 37℃로 데우고 마이크로파에 의해 가열된 배지를 세포 배양에 사용하는 방법을 제시한다. 본 발명의 실시 예에서 제시되는 바와 같이 마이크로파를 이용해서 배지를 가열하면 물과의 접촉을 없게 하여 배지의 오염 확률을 낮춤으로써, 배지의 청결 및 오염방지와 배지 가열에 소요되는 시간을 단축하는 효과를 얻을 수 있다.

[0023] 상기 마이크로파의 주파수는 2.4GHz~2.5GHz이고 파장은 0.11m~0.12m가 예시되나 이에 한정되는 것은 아니다. 그리고 상기 마이크로파에 의한 배지의 목표 온도로 37℃~38℃이나 이에 한정되는 것은 아니다.

[0024] 상기 마이크로파는 마그네트론에 의해 생성되며, 마이크로파를 이용하면 배지 이외에 별도의 물을 사용하지 않고도 배지의 온도를 높일 수 있으며, 물로 인해 초래되는 배지의 오염을 막을 수 있다. 상기 마이크로파는 금속 이외에 대부분의 물질을 그냥 통과하며. 자신의 진동수에 의해 공명을 일으키는 물질을 만나면 그 물질에 흡수되면서 분자를 진동시킨다. 대표적인 물질이 바로 물이며 그 다음은 지방, 탄수화물, 단백질의 순이다. 따라서 수분과 지방이 많이 포함된 부분이 먼저 뜨거워져 그 열이 다른 부분으로 전도되는 것이라 할 수 있다.

[0025] 보다 구체적으로 설명하면, 극히 파장이 짧은 전파 즉 마이크로파는 물질의 내부에 깊이 침투하고, 물질의 내부에서는 분자진동에 의해 열이 발생하므로, 단시간에 깊은 부분에까지 고르게 가열할 수 있다. 상기 마그네트론은 소비전력이 약 2 kW 정도이며 1.2 kW 정도의 고주파 출력을 발생하는데, 본 발명은 손쉽게 구할 수 있는 가정용 전자레인지의 가열 원리를 이용한 배지 가열방법을 개시한다.

[0026] 도 3 내지 도 6을 참조하면, 본 발명을 위한 세포 배양용 배지 가열장치의 일 실시예(100)는, 배지 튜브(1)를 수용하는 본체(110)와 마이크로파를 발생시키는 마그네트론(130)을 포함하여 구성된다. 상기 본체(110)의 내부에는 마이크로파가 방사되는 공간 즉 캐비티(111)가 형성되며, 상기 배지 튜브(1) 즉 배지 용기는 상기 배지 튜브를 지지하는 튜브 거치대(120)에 설치된 상태로 상기 캐비티(111)의 내부에 배치된다.

[0027] 상기 배지 가열방법으로는 전술한 바와 같이 일반적인 가정용 전자레인지의 원리가 적용될 수 있다. 가정용 전자레인지를 사용해서 배지를 가열할 경우 배지 조성물이 고열에 의해 변화되는 등 배지로서의 기능을 상실할 수 있다는 염려에도 불구하고, 본 발명을 위한 실험 결과에 따르면 마이크로파를 이용해서 우수한 배지 가열방법을 구현할 수 있음을 확인할 수 있다. 본 발명의 실시 예 및 실험 예에 따르면 배지의 가열시간이 짧아도 되기 때문에 시간 조절 타이머 예를 들면 단시간에 끊어지는 타이머(Timer)가 상기 배지 가열장치에 적용될 수 있다.

[0028] 본 발명에 따른 배지 가열방법 및 세포 배양방법은 전자레인지의 원리 즉 마이크로파를 이용한 것으로 시간의 단축이나 잡균의 제거에 효과적이며, 도 6을 참조하면 본 발명에 따른 배지 가열방법 및 세포 배양방법은 다음과 같이 진행될 수 있다.

[0029] (a) 먼저, 배지 50mL를 튜브(배지 튜브)에 넣고 튜브를 가정용 전자레인지의 내부 즉 캐비티에 로딩(Loading)한 후 마이크로파를 이용하여 10초간 가열한다.

[0030] (b) 그리고, 세포가 들어있는 플라스크(Flask)에서 기존 배지를 제거 후 세포를 새로운 플라스크에 나눈 후, 새로운 플라스크에 분배된 세포에 마이크로파로 가열된 배지 5mL를 넣는다. 즉 상기 마이크로파에 의해 37℃로 데워진 세포 배양용 배지를 세포가 들어 있는 배양 용기(플라스크)에 투입한다.

[0031] (c) 다음으로 세포와 신규 배지가 들어 있는 플라스크를 온도 37℃, 이산화탄소 농도 5% 환경의 인큐베이터에 넣고 세포를 배양한다.

[0032] 상기 과정을 통해 세포가 멸균상태에서 자랄 수 있는 환경을 만들 수 있으며, 기존 방법에서는 배지를 가열할 때 항온수조를 이용해 60분(t_1=3600s)의 시간이 소요되어 배지 준비에 오랜 시간이 지체되나, 본 발명에서는 배지의 양을 동일하게 50mL로 해서 10초(t_2=10s)간 가열했을 때 항온수조에서 얻을 수 있는 온도인 37℃의 값을 얻을 수 있었다.

[0033] 또한, 마이크로파를 이용해서 배지를 가열하기 때문에 세포 번식에 필요가 없는 잡균이나 항온 수조에서 발생할 수 있는 곰팡이로부터 벗어난 깨끗한 배지를 제공할 수 있다. 본 발명의 실험에 사용된 배지 가열장치는 가정용 전자레인지(삼성전자 RE-C21AB, 정격전압 220V, 60 Hz, 발진주파수는 2450MHz)이다.

[0034] 도 7은 마이크로파를 이용하여 50mL의 물을 가열할 때 시간에 따른 온도 변화를 나타낸 그래프로서, 도 7의 (a)는 증류수를 대상으로 한 것이고 도 7의 (b)는 일반적인 상수도물을 나타낸 것이다. 도 7을 참조하면, 증류수와 상수도물 모두 37℃로 가열되는 데 소요되는 시간이 10초 내외임을 알 수 있다. 상기 배지는 물과 단백질 등을 포함하는 세포의 먹이 즉 영양분으로서 물을 기본 성분으로 포함하므로, 마이크로파에 의해 단시간에 37℃로 가열될 수 있음을 확인할 수 있다.

[0035] 다음으로, 도 8은 마이크로파를 이용하여 물과 배지를 각각 37℃로 가열할 때 소요되는 시간을 가열 대상물의 부피변화에 대해 나타낸 그래프로서, 가열 대상물의 양(부피)가 증가할수록 가열에 필요한 시간이 증가함을 알 수 있다. 도 8의 (a)는 물을 대상으로 한 것이고, 도 8의 (b)는 배지를 대상으로 한 것인데, 25~50mL와 50~75mL의 범위에서 물과 배지의 기울기가 비슷한 양상을 보임을 확인할 수 있다.

[0036] 도 9는 실험군(마이크로파에 의해 가열된 배지)과 대조군(항온수조에서 가열된 배지)에 의한 세포 배양 후 촬영한 헬라 세포(HeLa Cell) 사진(scale bar = 100㎛)으로서, 세포 배양 후 7일이 지난 세포의 이미지이다.

[0037] 보다 구체적으로 설명하면, 도 9의 (a)는 항온 수조를 이용해 가열된 배지를 이용한 세포의 Bright field 이미지이고, 도 9의 (b)는 항온 수조를 이용해 가열된 배지를 이용한 세포의 Cell viability assay(세포 생존력 측정) 이미지이다. 그리고, 도 9의 (c)는 마이크로파로 가열된 배지를 이용한 세포의 Bright field 사진이고, 도 9의 (d)는 마이크로파로 가열된 배지를 이용한 세포의 Cell viability assay사진이다.

[0038] 그리고, 도 10은 실험군과 대조군에 의한 세포의 생존도(Viability)를 나타낸 사진로서, 도 10의 (a)는 마이크로파로 가열된 배지(실험군)를 이용한 세포의 3번째날 사진이고, 도 10의 (b)는 항온수조로 가열된 배지(대조군)를 이용한 세포의 3번째날 사진이며, 도 10의 (c)는 마이크로파로 가열된 배지를 이용한 세포의 7번째날 사진이고, 도 10의 (d)는 항온수조로 가열된 배지를 이용한 세포의 7번째날 사진이다.

[0039] 마이크로파와 항온수조를 이용하여 각각 37℃로 가열된 배지를 이용한 세포 배양 실험에 따르면, 실험군과 대조군에 의한 세포 배양에서 날짜별 전체 세포수(Total Cell)와 세포 생존율(Viability)은 아래의 [표 1]과 같이 나타났다.

표 1

[0040]

구 분		실험군(마이크로파)	대조군(항온수조)
3일째	전체 세포수	3.5 X 10E6 cells/mL	3.9 X 10E6 cells/mL
	생존율	90%	93%
7일째	전체 세포수	2.7 X 10E6 cells/mL	2.0 X 10E6 cells/mL
	생존율	87%	82%

[0041] [표 1]을 참조하면, 마이크로파로 가열된 배지와 항온수조에 의해 가열된 배지에 의한 세포 배양에서 3일째의 세포 생존율은 근소하게 낮게 나타나지만, 7일째의 세포 생존율은 오히려 더 우수함을 확인할 수 있다.

[0042] 한편, 도 11은 실험군과 대조군에 의한 세포 밀집도(Cell Confluence) 변화를 나타낸 그래프로서, 일주일동안 플라스크(Flask) 내부의 confluence 변화를 보여준다. 도 11에서 적색 그래프는 마이크로파로 가열한 배지(실험군)를 이용한 세포의 밀집도이고, 청색 그래프는 항온수조로 가열한 배지(대조군)를 이용한 세포의 밀집도이다.

[0043] 상술한 실험 결과에 따르면, 실험군(마이크로파에 의해 가열된 배지)을 이용한 세포 배양과 대조군(항온수조에 의해 가열된 배지)를 이용한 세포 배양의 결과에서 큰 차이가 없고 실험군이 우수한 배양 환경을 제공함을 알 수 있으며, 오히려 배지 가열에 소요되는 시간을 크게 단축시킬 수 있고 배지 오염의 위험성을 감소시킨다는 점에서 더 유용한 기술적 가치가 있음을 알 수 있다.

[0044] 이상과 같이 본 발명에 따른 실시 예들을 살펴보았으며, 앞서 설명된 실시 예들 이외에도 본 발명이 그 취지나 범주에서 벗어남이 없이 다른 특정 형태로 구체화 될 수 있다는 사실은 해당 기술에 통상의 지식을 가진 이들에게는 자명한 것이다.

[0045] 그러므로, 상술한 실시 예는 제한적인 것이 아니라 예시적인 것으로 여겨져야 하고, 이에 따라 본 발명은 상술한 설명에 한정되지 않고 첨부된 청구항의 범주 및 그 동등 범위 내에서 변경될 수도 있다.

부호의 설명

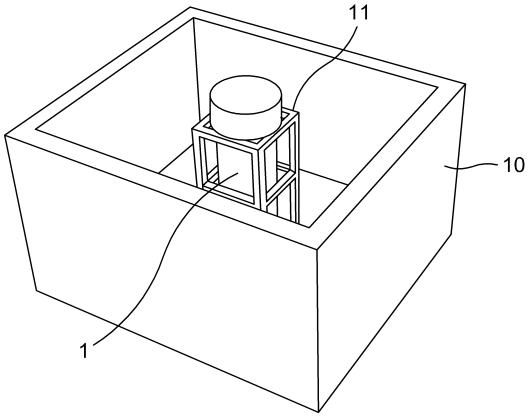
[0046] 1: 배지 튜브 100: 배지 가열장치

110: 본체 111: 캐비티

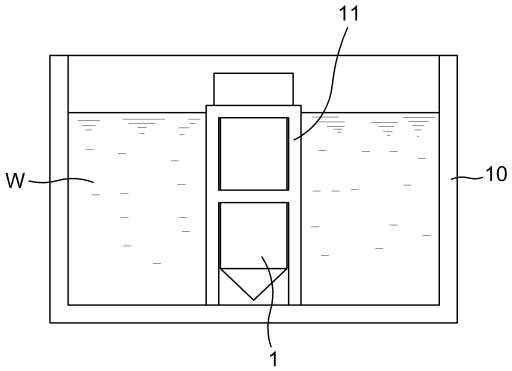
120: 튜브 거치대 130: 마그네트론

도면

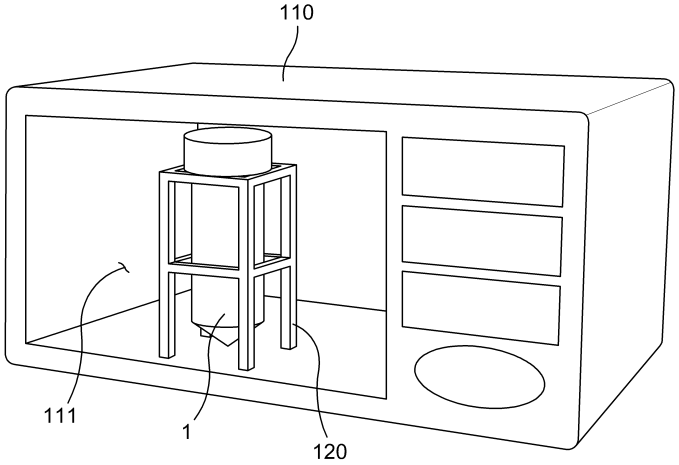
도면1



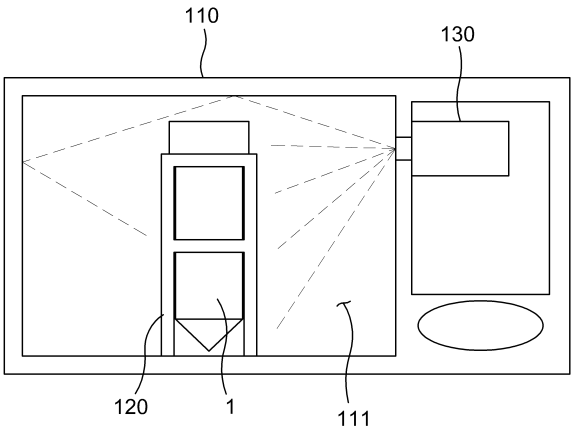
도면2



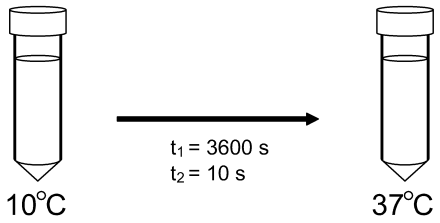
도면3



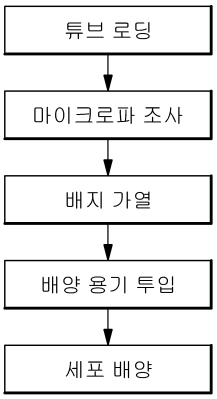
도면4


110
130
120
1
111

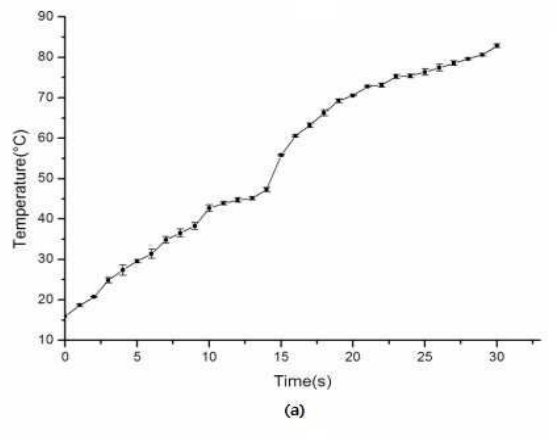
도면5

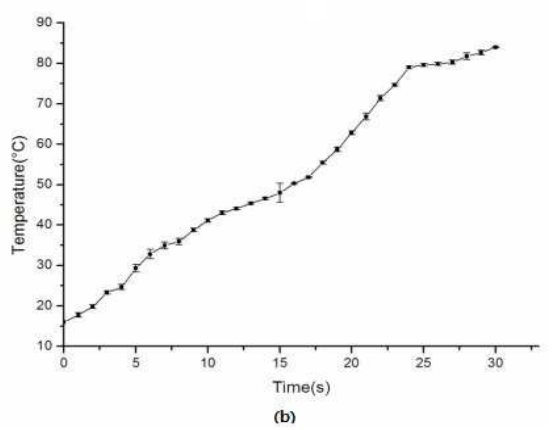

t_1 = 3600 s
t_2 = 10 s
10°C
37°C

도면6

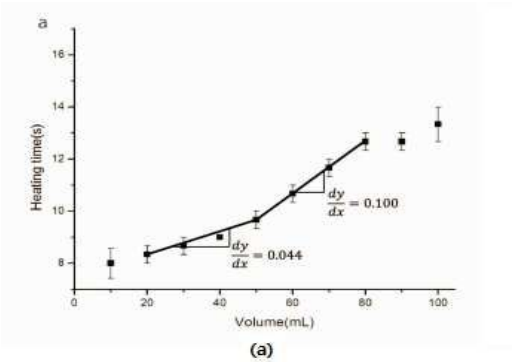

튜브 로딩
마이크로파 조사
배지 가열
배양 용기 투입
세포 배양

도면7

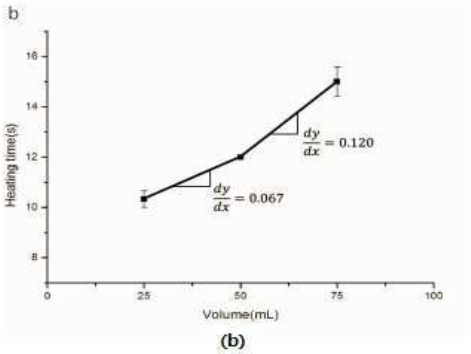




도면8

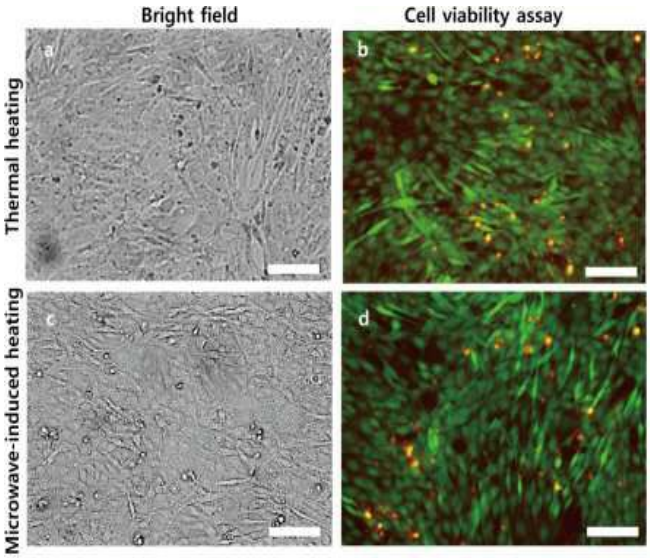

a
Heating time(s)
Volume(mL)
dy/dx = 0.100
dy/dx = 0.044

(a)

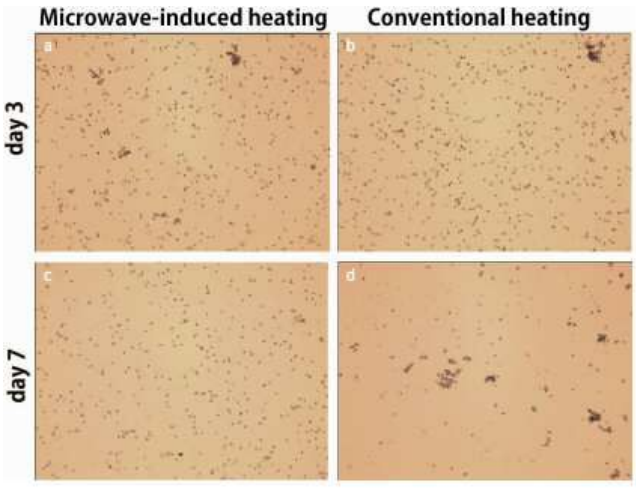

b
Heating time(s)
Volume(mL)
dy/dx = 0.120
dy/dx = 0.067

(b)

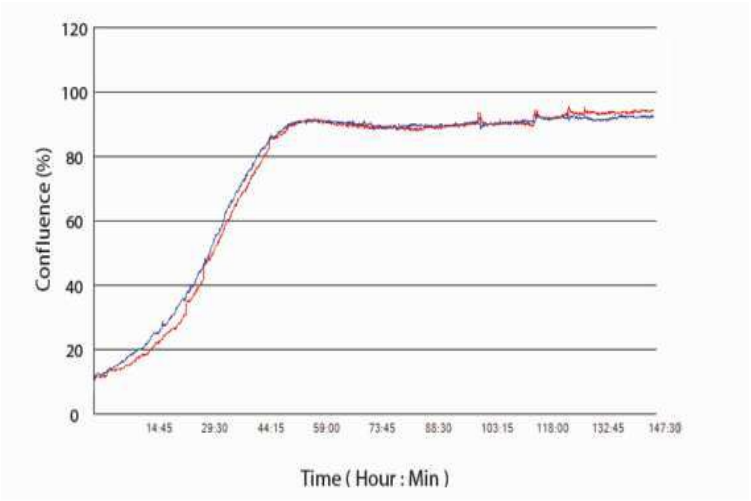
도면9


Bright field
Cell viability assay
Thermal heating
Microwave-induced heating
a
b
c
d

도면10


Microwave-induced heating
Conventional heating
day 3
day 7
a
b
c
d

도면11


120
100
80
60
40
20
0
Confluence (%)
14:45
29:30
44:15
59:00
73:45
88:30
103:15
118:00
132:45
147:30
Time (Hour : Min)