



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년07월23일
(11) 등록번호 10-2687260
(24) 등록일자 2024년07월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 3/0464 (2023.01) C12M 1/36 (2006.01)
G06N 3/047 (2023.01) G06N 3/048 (2023.01)
G06N 3/08 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G06N 3/0464 (2023.01)
C12M 41/48 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0052810
(22) 출원일자 2023년04월21일
심사청구일자 2023년04월21일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020200086348 A
US20220177831 A1
KR1020230045361 A

(73) 특허권자
국립한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
이승호
대전광역시 유성구 엑스포로123번길 26-30 스마트
시티리버뷰오피스텔 102동 601호
김홍직
세종특별자치시 다정북로 109, 325동 1301호(가
온마을 3단지)
이원복
대전광역시 대덕구 대덕대로1555, 금강엑슬루타워
108동 1303호
(74) 대리인
이은철, 이우영

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 성민용

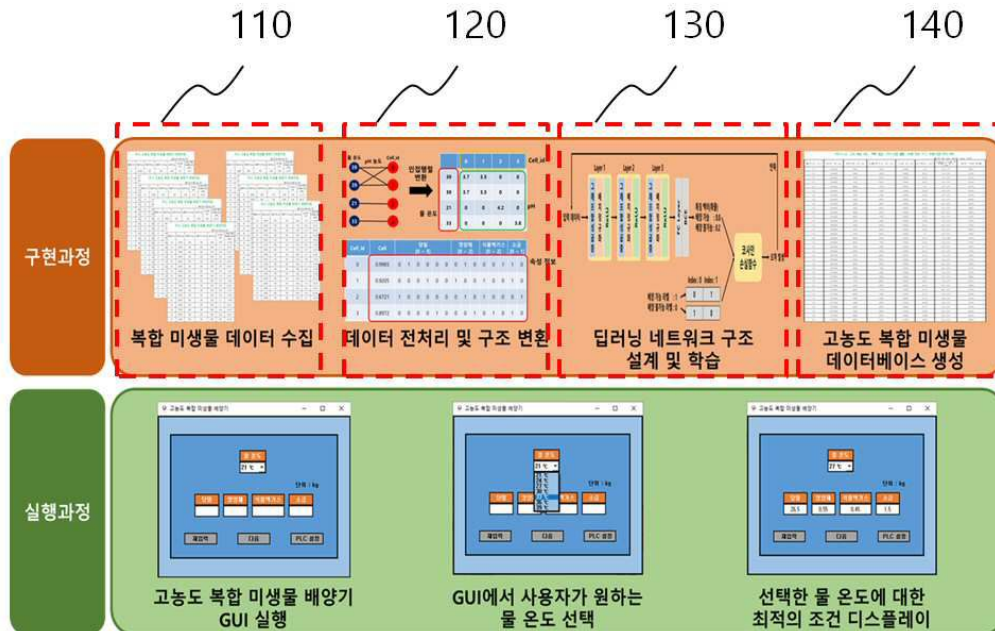
(54) 발명의 명칭 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템

(57) 요약

본 발명은 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템에 관한 것으로써, 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 미니 미생물 배양기로 배양한 배양액에 대한 pH농도와 고농도 복합 미생물의 셀 수를 기록한 데이터를 수집하는 수집부, 수집한

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



미생물 데이터의 수치가 저장된 데이터들을 0과 1 사이의 값들로 변환하고, 변환된 데이터는 물온도와 고농도 복합 미생물의 셀수에 대한 cell_id를 1:1로 매칭하여 두 항목의 관계를 pH농도로 나타내는 그래프 구조로 변환하는 변환부, 그래프 합성곱 층과 완전 연결 층을 사용하여 딥러닝 네트워크를 학습하는 학습부 및 학습된 딥러닝 네트워크를 통해 고농도 복합 미생물을 배양하기 위한 데이터베이스를 구축하는 데이터베이스부를 포함하여, 최적의 고농도 복합 미생물 배양 및 사용자가 원하는 배양 조건을 만족할 때까지 반복되는 배양으로 인한 경제적 손실을 방지할 수 있는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류

G06N 3/047 (2023.01)

G06N 3/048 (2023.01)

G06N 3/08 (2023.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1425170961
과제번호	S3013451
부처명	중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명	중소기업기술정보진흥원
연구사업명	산학협력거점형플랫폼(R&D)
연구과제명	딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합미생물 배양기 개발
기 여 율	1/4
과제수행기관명	한밭대학
연구기간	2020.11.23 ~ 2022.11.22

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345370812
과제번호	2021RIS-004
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	지자체대학협력기반지역혁신사업
연구과제명	(대전세종충남지역혁신플랫폼)충남대학교
기 여 율	1/4
과제수행기관명	(대전세종충남지역혁신플랫폼)충남대학교
연구기간	2023.04.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711179309
과제번호	00156212
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성
연구과제명	ICT혁신인재4.0 (한밭대학교)
기 여 율	1/4
과제수행기관명	한밭대학교산학협력단
연구기간	2022.07.01 ~ 2026.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711187165
과제번호	2022R1F1A1066371
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	메타버스 콘텐츠에서 사용할 수 있는 음성에 따른 자연스러운 감정 표현이 가능한

3D 얼굴 자동 생성 솔루션 개발

기 여 율	1/4
과제수행기관명	한밭대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

미니 미생물 배양기로 배양한 배양액에 대한 pH 농도와 고농도 복합 미생물의 셀 수를 기록한 데이터를 수집하는 수집부,

상기 고농도 복합 미생물의 셀 수와 pH 농도를 수집한 데이터 순서에 따라 cell_id를 부여하고, 상기 cell_id를 해당 물 온도와 1:1 매칭하여 해당 물 온도에 대한 cell_id가 입력으로 들어왔을 때의 고농도 복합 미생물의 셀 수와 pH 농도 조건에 따라 라벨을 1과 0으로 설정하고, 물 온도를 기준 변수로 삼아 상기 물 온도를 미생물의 셀 수와 pH 농도 값으로 매칭시켜 물 온도와 cell_id의 관계를 pH 농도로 나타내는 그래프 구조로 변환하는 변환부,

물 온도와 cell_id의 노드 연결을 pH 농도로 관계를 표시한 인접행렬과 상기 노드의 미생물의 셀 수, 당밀, 영양제, 식물엑기스, 소금 인덱스 정보를 벡터형태로 변환한 데이터인 속성 정보로 변환하여 딥러닝 네트워크에 사용하기 위한 입력 데이터로 하고, 그래프 합성곱 층을 통해 학습 데이터의 속성정보를 업데이트하며, 업데이트된 속성정보를 완전 연결층을 거쳐 배양 가능 여부를 출력하는 학습부 및

학습된 딥러닝 네트워크를 통해 배양 가능 여부에 따라 사용자가 원하는 물 온도 조건에서 배양 확률이 가장 높은 속성정보 리스트를 반환하여 고농도 복합 미생물을 배양하기 위한 데이터베이스를 구축하는 데이터베이스부를 포함하는 것을 특징으로 하는 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 수집부는 물 온도, 당밀, 영양제, 식물엑기스, 소금의 양에 대해 배양하여 해당 배양액에 대한 pH 농도와 고농도 복합 미생물의 셀 수를 기록한 데이터를 수집하는 것을 특징으로 하는 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 학습부는 그래프 합성곱 층과 완전 연결 층을 사용하여 설계하되, 각각의 그래프 합성곱 층은 배치 정규화 기법과 ReLU 활성화 함수가 사용되며, 완전 연결 층은 이진 교차 엔트로피를 사용하여 최종 결과를 0과 1 사이의 확률로 나타내는 것을 특징으로 하는 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 데이터베이스부는 물 온도를 기준 변수로 삼아 상기 물 온도를 미생물의 셀 수와 pH 농도값으로 매칭시켜 pH 농도에 대해 오름차순으로 정렬하고, 고농도 복합 미생물 셀 수와 배양 가능 확률에 대해서 내림차순으로 정렬하는 것을 특징으로 하는 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템.

청구항 5

딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템을 이용한 방법이 있어서,

(a)상기 시스템이 미니 미생물 배양기로 배양한 배양액에 대한 pH 농도와 고농도 복합 미생물의 셀 수를 기록한

데이터를 수집하는 단계.

(b)상기 시스템이 고농도 복합 미생물의 셀 수와 pH 농도를 수집한 데이터 순서에 따라 cell_id를 부여하고, 상기 cell_id를 해당 물 온도와 1:1 매칭하여 해당 물 온도에 대한 cell_id가 입력으로 들어왔을 때의 고농도 복합 미생물의 셀 수와 pH 농도 조건에 따라 라벨을 1과 0으로 설정하고, 물 온도를 기준 변수로 삼아 상기 물 온도를 미생물의 셀 수와 pH 농도 값으로 매칭시켜 물 온도와 cell_id의 관계를 pH 농도로 나타내는 그래프 구조로 변환하는 단계,

(c)상기 시스템이 물 온도와 cell_id의 노드 연결을 pH 농도로 관계를 표시한 인접행렬과 상기 노드의 미생물의 셀 수, 당밀, 영양제, 식물엑기스, 소금 인덱스 정보를 벡터형태로 변환한 데이터인 속성 정보로 변환하여 딥러닝 네트워크에 사용하기 위한 입력 데이터로 하고, 그래프 합성곱 층을 통해 학습 데이터의 속성정보를 업데이트하며, 업데이트된 속성정보를 완전 연결층을 거쳐 배양 가능 여부를 출력하는 단계 및

(d)상기 시스템이 학습된 딥러닝 네트워크를 통해 배양 가능 여부에 따라 사용자가 원하는 물 온도 조건에서 배양 확률이 가장 높은 속성정보 리스트를 반환하여 고농도 복합 미생물을 배양하기 위한 데이터베이스를 구축하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기존의 고농도 복합 미생물을 배양하는 방법은 여러 조건들에서 최적의 고농도 복합 미생물을 배양하기 위한 조건을 수작업으로 찾는 것이 대표적이지만 개인이나 소기업에서 사용하기에는 단점이 존재한다.

[0003] 첫 번째는 2 내지 7일 정도로 조건마다 배양하는 데 필요한 시간에 차이가 수작업으로 하기에는 많은 시간을 필요로 하며, 두 번째는 배양한 고농도 복합 미생물이 pH 3.8 이하, 고농도 복합 미생물의 셀 수 10^8 이상의 조건을 만족하지 못했을 경우 배양액을 전부 폐기 처리되어 비용 문제가 발생한다.

[0004] 여러 조건들에서 최적의 고농도 복합 미생물(pH 3.8 이하, 고농도 복합 미생물의 셀 수 10^8 이상)을 배양하기 위한 조건들을 수작업으로 찾아야 한다.

[0005] 배양 조건마다 배양되는 시간이 2~7일로 차이가 있기 때문에, 모든 조건에 대해서 배양을 진행하는데 오랜 기간이 필요하다.

[0006] 최적의 고농도 복합 미생물을 배양에 실패했을 경우, 배양액을 전부 폐기 처리해야 하기 때문에 경제적 손실이 발생한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 등록특허 10-2286722(2021.08.02)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상술한 문제를 해결하고자, 고농도 복합 미생물을 이용하여 농가에서 꾸준히 제기되는 수질오염과 악취 문제와 같은 환경문제를 해결하기 위한 최적의 고농도 복합 미생물 배양(pH 3.8 이하, 고농도 복합 미생물의

셀 수 이상) 및 사용자가 원하는 배양 조건을 만족할 때까지 반복되는 배양으로 인한 경제적 손실을 방지하는 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템을 제공함에 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 미니 미생물 배양기로 배양한 배양액에 대한 pH농도와 고농도 복합 미생물의 셀 수를 기록한 데이터를 수집하는 수집부, 수집한 미생물 데이터의 수치가 저장된 데이터들을 0과 1 사이의 값들로 변환하고, 변환된 데이터는 물온도와 고농도 복합 미생물의 셀수에 대한 cell_id를 1:1로 매칭하여 두 항목의 관계를 pH농도로 나타내는 그래프 구조로 변환하는 변환부, 그래프 합성곱 층과 완전 연결 층을 사용하여 딥러닝 네트워크를 학습하는 학습부 및 학습된 딥러닝 네트워크를 통해 고농도 복합 미생물을 배양하기 위한 데이터베이스를 구축하는 데이터베이스부를 포함한다.
- [0010] 수집부는 물 온도, 당밀, 영양제, 식물엑기스, 소금의 양에 대해 배양하여 해당 배양액에 대한 pH 농도와 고농도 복합 미생물의 셀 수를 기록한 데이터를 수집한다.
- [0011] 학습부는 그래프 합성곱 층과 완전 연결 층을 사용하여 설계하되, 각각의 그래프 합성곱 층은 배치 정규화 기법과 ReLU 활성화 함수가 사용되며, 완전 연결 층은 이진 교차 엔트로피를 사용하여 최종 결과를 0과 1 사이의 확률로 나타낸다.
- [0012] 데이터베이스부는 pH 농도에 대해 오름차순, 고농도 복합 미생물 셀 수와 배양 가능 확률에 대해서 내림차순으로 정렬한다.
- [0013] 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템을 이용한 방법에 있어서, (a)상기 시스템이 미니 미생물 배양기로 배양한 배양액에 대한 pH농도와 고농도 복합 미생물의 셀 수를 기록한 데이터를 수집하는 단계, (b)상기 시스템이 수집한 미생물 데이터의 수치가 저장된 데이터들을 0과 1 사이의 값들로 변환하고, 변환된 데이터는 물온도와 고농도 복합 미생물의 셀수에 대한 cell_id를 1:1로 매칭하여 두 항목의 관계를 pH농도로 나타내는 그래프 구조로 변환하는 단계, (c)상기 시스템이 그래프 합성곱 층과 완전 연결 층을 사용하여 딥러닝 네트워크를 학습하는 단계 및 (d)상기 시스템이 학습된 딥러닝 네트워크를 통해 고농도 복합 미생물을 배양하기 위한 데이터베이스를 구축하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명에 따르면, 고농도 복합 미생물을 이용하여 농가에서 꾸준히 제기되는 수질오염과 악취 문제와 같은 환경문제를 해결하기 위한 최적의 고농도 복합 미생물 배양(pH 3.8 이하, 고농도 복합 미생물의 셀 수 이상) 및 사용자가 원하는 배양 조건을 만족할 때까지 반복되는 배양으로 인한 경제적 손실을 방지할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템 개발의 순서도를 나타낸 것이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템의 미니 미생물 배양기 제어시스템을 나타낸 것이다.
- 도 3과 도 4는 미니 미생물 배양기의 정면과 후면을 나타낸다.
- 도 5는 미생물을 배양하기 위한 각 동작들을 수행하기 위한 홈 GUI를 나타낸 것이다.
- 도 6은 미생물을 배양하기 위해 연결된 모든 센서, 밸브, 펌프, 센서 등의 모든 포트의 동작 여부를 확인할 수 있는 입출력 GUI를 나타낸 것이다.
- 도 7은 물탱크 물 온도 설정을 나타낸 것이다.
- 도 8은 물탱크 써클레이션 GUI를 나타낸 것이다.
- 도 9는 물탱크 물 공급 GUI를 나타낸 것이다.
- 도 10은 배양탱크 동작 시간 설정을 나타낸 것이다.

- 도 11은 배양탱크 정지 시간 설정을 나타낸 것이다.
- 도 12는 배양탱크 씨클레이션 동작 GUI을 나타낸 것이다.
- 도 13은 배양탱크 물 공급 GUI을 나타낸 것이다.
- 도 14는 수동 모드 GUI를 나타낸 것이다.
- 도 15는 배양 조건과 배양 결과에 대한 예시를 나타낸다.
- 도 16은 수집한 고농도 복합 미생물 데이터 cell_id부여를 나타낸 것이다.
- 도 17은 수집한 고농도 복합 미생물 데이터 라벨링을 나타낸 것이다.
- 도 18은 원-핫 인코딩과 최소-최대 정규화 방법을 사용하여 전처리된 학습 데이터를 나타낸 것이다.
- 도 19는 학습 데이터의 그래프 구조를 나타낸 것이다.
- 도 20은 학습 데이터에 대한 인접행렬과 속성 정보이다.
- 도 21은 그래프 합성곱 신경망의 가중치 업데이트 예시를 나타낸 것이다.
- 도 22는 설계한 그래프 합성곱 신경망을 나타낸 것이다.
- 도 23은 그래프 합성곱 층에서 수행되는 연산 과정을 나타낸 것이다.
- 도 24는 배치 정규화 가정을 나타낸다.
- 도 25는 ReLU 함수를 나타낸 것이다.
- 도 26은 설계한 그래프 합성곱 신경망을 통한 학습 데이터의 결과 예측 과정을 나타낸 것이다.
- 도 27은 설계한 딥러닝 네트워크의 순전파 연산 과정을 나타낸 것이다.
- 도 28은 설계한 그래프 합성곱 신경망의 역전파 연산 과정을 나타낸 것이다.
- 도 29는 코사인 손실함수를 이용하여 실제 라벨과 딥러닝 예측 결과를 비교하는 과정을 나타낸 것이다.
- 도 30은 전체 데이터에 대한 데이터 분할 예시를 나타낸 것이다.
- 도 31은 고농도 복합 미생물 데이터 252개를 갖고 학습한 결과에 대한 그래프를 나타낸다.
- 도 32는 딥러닝 네트워크의 학습 결과 시각화를 나타낸 것이다.
- 도 33은 학습된 딥러닝 네트워크를 통한 조건들의 배양 가능 확률 도출에 대한 예시를 나타낸다.
- 도 34는 구축한 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 나타낸다.
- 도 35는 고농도 복합 미생물 데이터베이스 GUI를 나타낸 것이다.
- 도 36은 사용자가 선택한 물 온도에 대한 항목 값을 나타낸 것이다.
- 도 37은 사용자가 선택한 물 온도에 대한 항목 값들을 불러온 결과를 나타낸 것이다.
- 도 38은 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 구조 개발의 실험 절차를 나타낸 것이다.
- 도 39는 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 나타낸 것이다.
- 도 40은 임의로 선택한 값 GUI에서 배양 실험을 진행한 것을 나타낸 도면이다.
- 도 41은 sample B의 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 나타낸 것이고, 도 42은 임의로 선택한 값 GUI에서 배양 실험을 진행한 것을 나타낸 도면이다.
- 도 43은 sample C의 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 나타낸 것이고, 도 44는 임의로 선택한 값 GUI에서 배양 실험을 진행한 것을 나타낸 도면이다.
- 도 45는 sample D의 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 나타낸 것이고, 도 46은 임의로 선택한 값 GUI에서 배양 실험을 진행한 것을 나타낸 도면이다.

도 47은 sample E의 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 나타낸 것이고, 도 48은 임의로 선택한 값 GUI에서 배양 실험을 진행한 것을 나타낸 도면이다.

도 49 내지 도 53는 발급받은 샘플별 시험결과서를 나타낸다.

도 54는 본 발명의 일 실시예에 따른 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템을 이용한 방법을 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 첨부된 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다. 다만, 본 발명이 예시적 실시 예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일 참조부호는 실질적으로 동일한 기능을 수행하는 부재를 나타낸다.
- [0017] 본 발명의 목적 및 효과는 하기의 설명에 의해서 자연스럽게 이해되거나 보다 분명해질 수 있으며, 하기의 기재만으로 본 발명의 목적 및 효과가 제한되는 것은 아니다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.
- [0018] 본 발명에서 제안하는 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 구조 개발은 고농도 복합 미생물을 이용하여 농가에서 꾸준히 제기되는 수질오염과 악취 문제와 같은 환경문제를 해결하기 위한 최적의 고농도 복합 미생물 배양(pH 3.8 이하, 고농도 복합 미생물의 셀 수 10^8 이상) 및 사용자가 원하는 배양 조건을 만족할 때까지 반복되는 배양으로 인한 경제적 손실을 방지할 수 있는 제어시스템 개발이다.
- [0019] 본 발명에서 제안하는 딥러닝 구조 개발은 딥러닝 네트워크 학습을 위한 고농도 복합 미생물 데이터 수집부(110), 수집한 고농도 복합 미생물 데이터 전처리 및 구조 변환하는 변환부(120), 딥러닝 네트워크 구조 설계 및 학습을 위한 학습부(130), 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 구축하는 데이터베이스부(140) 구성을 포함하여, 아래의 4가지 과정으로 이루어진다.
- [0020] 1) 딥러닝 네트워크 학습을 위한 고농도 복합 미생물 데이터 수집 과정은 미니 미생물 배양기를 제작하여 물 온도, 당밀, 영양제, 식물엑기스, 소금 등의 양에 대해 총 252가지의 경우를 직접 실험을 통해 배양하여 해당 배양액에 대한 pH 농도와 고농도 복합 미생물의 셀 수를 기록하여 데이터를 수집한다.
- [0021] 2) 수집한 고농도 복합 미생물 데이터 전처리 및 구조 변환 과정은 수집한 미생물 데이터의 수치가 저장된 데이터들을 0과 1 사이에 값들로 변환한다. 변환된 데이터는 물 온도와 고농도 복합 미생물의 셀 수에 대한 Cell_id를 1:1로 매칭하며 두 항목의 관계를 pH 농도로 나타내는 그래프 구조로 변환한다.
- [0022] 3) 딥러닝 네트워크 구조 설계 및 학습 과정은 그래프 합성곱 층과 완전 연결 층을 사용하여 설계한다. 각각의 그래프 합성곱 층은 배치 정규화 기법과 ReLU 활성화 함수가 사용되며, 완전 연결 층은 이진 교차 엔트로피를 사용하여 최종 결과를 0과 1 사이의 확률로 나타낸다. 학습에 사용되는 손실함수는 소규모 데이터 학습에 우수한 성능을 보인 코사인 손실함수를 사용하여 학습을 진행한다.
- [0023] 4) 고농도 복합 미생물 데이터베이스 구축 과정은 학습된 딥러닝 네트워크를 통해 최적의 고농도 복합 미생물을 배양하기 위한 데이터베이스를 구축한다. 구축한 고농도 복합 미생물 데이터베이스는 pH 농도에 대해 오름차순, 고농도 복합 미생물 셀 수와 배양 가능 확률에 대해서 내림차순으로 정렬하여 저장한다.
- [0024] 고농도 복합 미생물을 배양하기 위해서는 현재 환경에서 고농도 복합 미생물을 배양하기 위한 최적의 조건들을 찾아야 한다. 이를 위해서는 사용자가 여러 조건을 수작업으로 실험하여 고농도 복합 미생물을 배양하기 위한 물 온도, 당밀, 영양제, 식물엑기스, 소금 등과 같은 조건들을 찾아야 한다. 하지만, 개인이나 기업에서 만족하는 조건을 수작업으로 찾기에는 어려움이 있다. 첫째로, 미생물을 배양하는 데는 짧게는 2일, 길게는 7일 정도로 조건마다 배양이 완료되는 시간이 각각 차이가 있기 때문에, 원하는 조건들을 찾는 데 시간이 오래 걸릴 수도 있다는 면에서 비효율적이다. 둘째로, 오랜 시간을 걸쳐 배양한 고농도 복합 미생물이 pH 3.8 이하, 고농도 복합 미생물의 셀 수 10^8 이상의 조건을 만족하지 못했을 경우 배양액을 전부 폐기 처리해야 하는 점에 있어 경제적 손실 문제가 발생한다.

- [0025] 따라서 본 발명에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 미니 미생물 배양기를 통해 수집한 고농도 복합 미생물 데이터를 수집하여 데이터 전처리 및 구조 변환하며, 딥러닝 네트워크 구조 설계 및 학습하여 결과를 도출함으로써 해당 조건에 대해 배양이 가능 여부를 출력한다. 학습된 딥러닝 네트워크를 통해 최적의 고농도 복합 미생물을 배양하기 위한 데이터베이스를 구축할 수 있다. 이를 통해 기존의 고농도 복합 미생물 배양에서 발생하는 시간 낭비, 비용 낭비를 줄일 수 있으며, 최적의 고농도 복합 미생물(pH 3.8 이하, 고농도 복합 미생물의 셀 수 10^8 이상)을 배양할 수 있다.
- [0026] 본 발명에서 제안하는 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 구조 개발의 장점 및 독창성은 설명하면 다음과 같다. 수많은 조건들을 딥러닝 네트워크를 통해 학습하여 최적의 고농도 복합 미생물을 배양하기 위한 조건들을 찾을 수 있다. 또한 학습된 딥러닝 네트워크를 통해 최적의 고농도 복합 미생물을 배양하기 위한 조건들을 찾아 데이터 베이스를 구축하기 때문에, 시간 문제를 해결할 수 있다. 그리고 배양이 실패할 경우, 배양액을 폐기해야 하는 비용 문제를 해결할 수 있다.
- [0027] 도 1은 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템 개발의 순서도를 나타낸 것이다.
- [0028] 본 발명의 전체 흐름도는 도 1과 같다.
- [0029] 첫 번째로 제작한 미니 미생물 배양기를 이용하여 물 온도, 당밀, 영양제, 식물엑기스, 소금 등의 양을 조절하여 총 252개의 데이터를 수집한다.
- [0030] 두 번째로 수집한 복합 미생물의 데이터 수치들을 0과 1 사이로 조절하는 데이터 전처리 후에, 물 온도와 고농도 복합 미생물의 셀 수에 대한 Cell_id를 1:1 매칭하며, 두 항목을 pH 농도를 활용하여 관계 정도를 나타낸 그래프 구조로 변환한다.
- [0031] 세 번째로 그래프 합성곱 층과 완전 연결 층을 사용하여 딥러닝 네트워크 구조를 설계하여 배치 정규화, ReLU 활성화 함수 이진 교차 엔트로피 등 딥러닝 기법을 사용하여 학습을 진행한다.
- [0032] 네 번째로 학습된 딥러닝 네트워크를 사용하여 전체 데이터에 대한 배양 가능 확률을 출력하여 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 생성한다. 이후, 사용자가 설정한 물 온도에 따른 당밀, 영양제, 식물엑기스, 소금 등의 양을 디스플레이 하기 위한 고농도 복합 미생물 배양기 GUI를 제작한다. 생성한 고농도 복합 미생물 데이터베이스로부터 사용자가 선택한 물 온도에 대해서 pH 농도에 대해 올림차순, 고농도 복합 미생물 셀 수, 배양 가능 확률에 대해 내림차순 정렬한 항목 값들을 불러온다. GUI 프로그램 실행과 동시에 저장된 데이터베이스를 pH 농도에 대해 올림차순, 고농도 복합 미생물 셀 수, 배양 가능 확률에 대해 내림차순 정렬한다.
- [0033] 고농도 복합 미생물 데이터 수집에 대해 설명하면 다음과 같다.
- [0034] 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 이용하여 최적의 고농도 복합 미생물 배양을 예측하기 위한 학습 데이터 수집을 위해 미니 미생물 배양기를 제작하여 데이터를 수집한다. 제작한 미니 미생물 배양기의 제어시스템은 도 2와 같으며, 도 3과 도 4는 미니 미생물 배양기의 정면과 후면을 나타낸다.
- [0035] 미니 미생물 배양기는 제어시스템에 설치된 PLC와 터치 모니터에서 설계된 GUI에 대해 사용자의 조작에 따라 동작한다. 설계된 동작들은 입출력 GUI, 수동/자동모드 GUI, 물탱크 제어 GUI, 배양탱크 제어 GUI 등이 설계되었으며, 각 동작의 버튼을 클릭하여 제어한다.
- [0036] ① 미니 미생물 배양기 제어시스템 GUI
- [0037] - 현재 고농도 복합 미생물 미니 배양기의 동작 상태를 확인할 수 있는 홈 GUI이다.
- [0038] - 도 5와 같이 미생물을 배양하기 위한 각 동작들을 수행하기 위한 버튼이 배치되어 있다.
- [0039] - 현재 입출력 포트의 동작 상태를 확인할 수 있는 입출력 GUI이다.
- [0040] - 파란색 불의 On/Off 여부를 통해 포트의 동작 상태를 확인할 수 있다.
- [0041] - 도 6과 같이 미생물을 배양하기 위해 연결된 모든 센서, 밸브, 펌프, 센서 등의 모든 포트의 동작 여부를 확인할 수 있다.
- [0042] ② 물탱크 제어 GUI

- [0043] - 설정 물 온도를 클릭하여 키패드를 통해 사용자가 원하는 물 온도를 입력할 수 있는 GUI이다.
- [0044] - 도 7과 같이 물탱크 써클레이션을 하는 중간에도 설정 물 온도를 바꿀 수 있다.
- [0045] 도 8과 같이 물탱크 순환 버튼을 눌러 물탱크의 써클레이션 동작을 수행하며, 사용자가 물탱크 순환 버튼을 재클릭시, 써클레이션이 정지한다.
- [0046] 물탱크 써클레이션의 동작 시간은 정해져 있지 않으며, 가열한 물의 고른 분포를 위해 미생물 배양을 위한 물 공급 이후 물탱크의 물 공급을 위해 써클레이션 동작을 정지한다.
- [0047] 도 9와 같이 외부에서 물탱크의 물 공급을 위해 물탱크 물 공급 버튼을 클릭하여 밸브가 열리며 물을 탱크에 공급하며, 물탱크의 물이 95L 이상 되면 물 공급 밸브가 자동으로 닫히며 공급이 중단된다.
- [0048] ③ 배양탱크 제어 GUI
- [0049] - 배양탱크의 써클레이션 동작 시간 제어를 위한 시간 설정 GUI이다.
- [0050] - 도 10과 같이 사용자가 써클레이션 동작 시간을 설정하기 위한 다이얼이 구성되어 있다.
- [0051] - 도 11과 같이 사용자가 설정한 시간만큼 써클레이션 동작 후 동작을 정지하며, 다이얼의 구성은 동작 시간 설정 키패드와 동일하다.
- [0052] - 도 12와 같이 시작 버튼을 클릭하여 배양탱크의 써클레이션을 시작하며, 총 동작 시간과 동작 시간이 같아질 때까지 써클레이션을 수행한다.
- [0053] - 동작 시간 이후, 정지 시간 동작으로 넘어가며 동작 시간과 동일하게 사용자가 입력한 시간만큼 써클레이션 동작이 정지하고 이후 자동으로 동작 시간으로 넘어가 써클레이션을 재수행한다.
- [0054] - 도 13과 같이 배양탱크 물 공급 버튼을 클릭하여 배양탱크의 물 공급을 시작하며, 사용자가 원하는 배양탱크의 물 공급을 위해 해당 배양탱크와 물탱크가 연결된 모든 펌프 및 밸브가 자동으로 열린다.
- [0055] - 물탱크로부터 물 20L를 공급받은 이후 물 공급을 위한 밸브가 자동으로 닫힌다.
- [0056] ⑤ 수동 모드 변환 GUI
- [0057] - 도 14와 같이 수동 모드로 변환 시, 고농도 복합 미생물 미니 배양기의 모든 펌프 및 밸브의 수동 개폐 조작이 가능하며, 자동모드와 연결된 펌프 및 밸브 동작 기능과 상관없이 사용자가 원하는 펌프 및 밸브를 수동으로 열고 닫을 수 있다.
- [0058] - 수위 센서에 오류가 발생하여 수위 측정이 안 될 경우 자동 모드에서 써클레이션이 동작하지 않는 문제가 발생할 수 있기 때문에, 이러한 문제를 해결하기 위해 수동으로 펌프 및 밸브를 동작시켜 써클레이션 동작을 수행할 수 있다.
- [0059] - 자동 모드 버튼을 선택하면 기존의 동작 상태로 복원된다.
- [0060] 기존의 배양하는 미생물은 물의 양이 1000L 이상을 기준으로 하기 때문에, 미니 미생물 배양기에 적합한 조건으로 1/50의 비율로 축소하여 미생물을 배양한다. 제작한 미니 미생물 배양기를 통해 물 온도, 당밀, 영양제, 식물엑기스, 소금 등의 양을 조절하여 총 252개의 데이터를 수집한다. 수집에 사용된 각 항목의 조건들은 아래와 같이 설정한다.
- [0061] ▶ 물 온도 : 21 °C, 24 °C, 27 °C, 30 °C, 33 °C, 36 °C, 39 °C (3 °C 단위)
- [0062] ▶ 당밀 : 500g, 510g, 520g, 530g, 540g, 550g (10g 단위)
- [0063] ▶ 영양제 : 6g, 11g, 16g (5g 단위)
- [0064] ▶ 식물엑기스 : 4g, 9g, 14g (5g 단위)
- [0065] ▶ 소금 : 20g ~ 30g (10g 단위)
- [0066] 배양이 완료된 배양액은 각각 샘플 통에 보관하여 어떤 조건에서 배양을 실행하였는지 확인할 수 있도록 스티커를 부착하며, 배양액의 pH 농도와 고농도 복합 미생물의 셀 수를 측정하여 배양 조건에 따른 배양 결과를 기

록하여 데이터를 수집한다. 도 15는 배양 조건과 배양 결과에 대한 예시를 나타낸다.

[0067]

표 1 내지 표 7은 수집한 데이터를 나타낸다.

[0068]

표 1은 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 39° C를 나타낸 것이다. 표 2는 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 36° C를 나타낸 것이다. 표 3은 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 33° C를 나타낸 것이다. 표 4는 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 30° C를 나타낸 것이다. 표 5는 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 27° C를 나타낸 것이다. 표 6은 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 24° C를 나타낸 것이다. 표 7은 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 21° C를 나타낸 것이다.

표 1

[0069]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수
39	25000	300	200	1000	3.42	8.E+08
39	25000	300	200	1500	3.66	1.E+09
39	25000	550	450	1000	3.37	5.E+08
39	25000	550	450	1500	2.89	3.E+08
39	25000	800	700	1000	3.84	4.E+09
39	25000	800	700	1500	3.51	3.E+09
39	25500	300	200	1000	3.37	4.E+08
39	25500	300	200	1500	3.65	3.E+09
39	25500	550	450	1000	3.62	5.E+08
39	25500	550	450	1500	3.55	5.E+08
39	25500	800	700	1000	3.28	5.E+08
39	25500	800	700	1500	3.83	5.E+08
39	26000	300	200	1000	3.4	1.E+09
39	26000	300	200	1500	3.64	4.E+08
39	26000	550	450	1000	3.72	2.E+09
39	26000	550	450	1500	3.6	2.E+09
39	26000	800	700	1000	3.37	4.E+07
39	26000	800	700	1500	3.13	8.E+08
39	26500	300	200	1000	3.69	1.E+09
39	26500	300	200	1500	3.75	5.E+08
39	26500	550	450	1000	3.3	8.E+07
39	26500	550	450	1500	3.56	9.E+08
39	26500	800	700	1000	3.29	8.E+08
39	26500	800	700	1500	3.65	3.E+09
39	27000	300	200	1000	3.65	4.E+08
39	27000	300	200	1500	3.84	2.E+09
39	27000	550	450	1000	3.6	7.E+08
39	27000	550	450	1500	3.43	2.E+08
39	27000	800	700	1000	3.26	3.E+08
39	27000	800	700	1500	3.36	5.E+07
39	27500	300	200	1000	3.01	5.E+08
39	27500	300	200	1500	3.11	7.E+08
39	27500	550	450	1000	3.18	5.E+08
39	27500	550	450	1500	3.21	9.E+08
39	27500	800	700	1000	3.52	3.E+09
39	27500	800	700	1500	3.84	2.E+08

표 2

[0070]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수
36	25000	300	200	1000	3.3	8.E+09
36	25000	300	200	1500	3.4	1.E+08
36	25000	550	450	1000	3.55	4.E+08
36	25000	550	450	1500	3.75	3.E+08
36	25000	800	700	1000	3.71	1.E+10

36	25000	800	700	1500	3.43	8.E+07
36	25500	300	200	1000	3.54	2.E+08
36	25500	300	200	1500	3.71	2.E+08
36	25500	550	450	1000	3.68	5.E+07
36	25500	550	450	1500	3.78	3.E+08
36	25500	800	700	1000	3.45	4.E+08
36	25500	800	700	1500	3.62	8.E+07
36	26000	300	200	1000	3.37	6.E+09
36	26000	300	200	1500	3.5	5.E+07
36	26000	550	450	1000	3.67	7.E+09
36	26000	550	450	1500	3.7	2.E+10
36	26000	800	700	1000	3.99	1.E+10
36	26000	800	700	1500	3.54	1.E+08
36	26500	300	200	1000	3.43	2.E+08
36	26500	300	200	1500	3.48	1.E+09
36	26500	550	450	1000	3.39	3.E+08
36	26500	550	450	1500	3.35	4.E+09
36	26500	800	700	1000	3.36	8.E+09
36	26500	800	700	1500	3.71	3.E+08
36	27000	300	200	1000	3.49	2.E+08
36	27000	300	200	1500	3.62	2.E+08
36	27000	550	450	1000	3.29	2.E+08
36	27000	550	450	1500	3.49	7.E+09
36	27000	800	700	1000	3.54	4.E+10
36	27000	800	700	1500	3.32	1.E+08
36	27500	300	200	1000	3.51	3.E+08
36	27500	300	200	1500	3.5	1.E+10
36	27500	550	450	1000	3.75	1.E+08
36	27500	550	450	1500	3.53	3.E+08
36	27500	800	700	1000	3.46	2.E+08
36	27500	800	700	1500	3.55	5.E+09

표 3

[0071]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수
33	25000	300	200	1000	3.72	4.E+08
33	25000	300	200	1500	3.95	2.E+08
33	25000	550	450	1000	3.75	4.E+08
33	25000	550	450	1500	4.11	1.E+08
33	25000	800	700	1000	3.91	1.E+08
33	25000	800	700	1500	4.34	7.E+07
33	25500	300	200	1000	3.67	2.E+08
33	25500	300	200	1500	4.01	5.E+07
33	25500	550	450	1000	4.19	8.E+07
33	25500	550	450	1500	3.63	2.E+08
33	25500	800	700	1000	3.83	3.E+08
33	25500	800	700	1500	3.91	1.E+08
33	26000	300	200	1000	3.96	1.E+08
33	26000	300	200	1500	3.64	1.E+08
33	26000	550	450	1000	3.96	2.E+08
33	26000	550	450	1500	3.68	3.E+08
33	26000	800	700	1000	3.69	4.E+07
33	26000	800	700	1500	4.58	1.E+08
33	26500	300	200	1000	3.83	1.E+08
33	26500	300	200	1500	3.51	6.E+09
33	26500	550	450	1000	3.9	2.E+08
33	26500	550	450	1500	3.59	7.E+07

33	26500	800	700	1000	3.94	7.E+06
33	26500	800	700	1500	4.05	9.E+07
33	27000	300	200	1000	3.6	1.E+08
33	27000	300	200	1500	3.51	4.E+08
33	27000	550	450	1000	3.88	3.E+08
33	27000	550	450	1500	3.78	1.E+08
33	27000	800	700	1000	3.65	1.E+08
33	27000	800	700	1500	3.64	1.E+08
33	27500	300	200	1000	3.74	1.E+08
33	27500	300	200	1500	3.88	2.E+08
33	27500	550	450	1000	3.76	2.E+08
33	27500	550	450	1500	4.02	1.E+08
33	27500	800	700	1000	3.98	7.E+07
33	27500	800	700	1500	3.51	2.E+08

표 4

[0072]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수
30	25000	300	200	1000	4.55	8.E+07
30	25000	300	200	1500	4.18	7.E+07
30	25000	550	450	1000	4.12	6.E+07
30	25000	550	450	1500	4.35	4.E+07
30	25000	800	700	1000	4.26	6.E+07
30	25000	800	700	1500	4.08	2.E+08
30	25500	300	200	1000	3.91	3.E+07
30	25500	300	200	1500	4.16	2.E+07
30	25500	550	450	1000	3.92	5.E+07
30	25500	550	450	1500	3.93	8.E+07
30	25500	800	700	1000	4	2.E+08
30	25500	800	700	1500	3.89	1.E+07
30	26000	300	200	1000	4.17	4.E+07
30	26000	300	200	1500	4.08	9.E+07
30	26000	550	450	1000	4.04	9.E+07
30	26000	550	450	1500	4.24	1.E+08
30	26000	800	700	1000	4.13	1.E+08
30	26000	800	700	1500	4.1	1.E+08
30	26500	300	200	1000	3.96	2.E+07
30	26500	300	200	1500	4.04	1.E+08
30	26500	550	450	1000	4.1	8.E+07
30	26500	550	450	1500	4.13	1.E+08
30	26500	800	700	1000	3.68	1.E+08
30	26500	800	700	1500	3.94	8.E+07
30	27000	300	200	1000	3.98	1.E+08
30	27000	300	200	1500	4.11	5.E+07
30	27000	550	450	1000	4.04	3.E+08
30	27000	550	450	1500	3.85	7.E+07
30	27000	800	700	1000	3.66	5.E+07
30	27000	800	700	1500	3.75	8.E+07
30	27500	300	200	1000	4.15	8.E+07
30	27500	300	200	1500	4.53	4.E+07
30	27500	550	450	1000	3.81	7.E+07
30	27500	550	450	1500	3.98	5.E+07
30	27500	800	700	1000	4.05	6.E+07
30	27500	800	700	1500	4.03	6.E+07

표 5

[0073]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수
27	25000	300	200	1000	3.92	3.E+07
27	25000	300	200	1500	4.28	1.E+08
27	25000	550	450	1000	4.18	2.E+08
27	25000	550	450	1500	4.09	6.E+07
27	25000	800	700	1000	4.12	1.E+08
27	25000	800	700	1500	4.13	1.E+08
27	25500	300	200	1000	3.99	2.E+08
27	25500	300	200	1500	4.67	5.E+07
27	25500	550	450	1000	3.95	3.E+07
27	25500	550	450	1500	3.85	5.E+07
27	25500	800	700	1000	3.91	6.E+07
27	25500	800	700	1500	4.18	2.E+08
27	26000	300	200	1000	4.16	1.E+08
27	26000	300	200	1500	4.16	4.E+07
27	26000	550	450	1000	4.22	9.E+07
27	26000	550	450	1500	3.85	7.E+07
27	26000	800	700	1000	4.2	6.E+07
27	26000	800	700	1500	3.96	6.E+07
27	26500	300	200	1000	3.93	1.E+08
27	26500	300	200	1500	4.53	1.E+08
27	26500	550	450	1000	3.74	2.E+08
27	26500	550	450	1500	3.98	9.E+07
27	26500	800	700	1000	4.07	4.E+08
27	26500	800	700	1500	4.17	1.E+08
27	27000	300	200	1000	4.08	4.E+07
27	27000	300	200	1500	4.01	2.E+08
27	27000	550	450	1000	4.1	7.E+07
27	27000	550	450	1500	4	6.E+07
27	27000	800	700	1000	4.13	2.E+08
27	27000	800	700	1500	3.99	6.E+07
27	27500	300	200	1000	4.01	7.E+07
27	27500	300	200	1500	4.02	6.E+07
27	27500	550	450	1000	3.97	2.E+08
27	27500	550	450	1500	4.04	9.E+07
27	27500	800	700	1000	4.05	1.E+08
27	27500	800	700	1500	4.41	7.E+07

표 6

[0074]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수
24	25000	300	200	1000	4.17	6.E+07
24	25000	300	200	1500	3.95	2.E+08
24	25000	550	450	1000	4.15	9.E+07
24	25000	550	450	1500	3.84	7.E+07
24	25000	800	700	1000	4.16	7.E+07
24	25000	800	700	1500	4.15	9.E+07
24	25500	300	200	1000	3.77	1.E+08
24	25500	300	200	1500	3.93	6.E+07
24	25500	550	450	1000	4.04	6.E+07
24	25500	550	450	1500	4.43	8.E+07
24	25500	800	700	1000	4.07	1.E+08
24	25500	800	700	1500	4.34	3.E+07
24	26000	300	200	1000	4.02	2.E+08
24	26000	300	200	1500	3.89	1.E+08

24	26000	550	450	1000	4.08	2.E+08
24	26000	550	450	1500	3.83	2.E+08
24	26000	800	700	1000	3.82	7.E+07
24	26000	800	700	1500	4.31	3.E+08
24	26500	300	200	1000	3.86	7.E+07
24	26500	300	200	1500	4.21	8.E+07
24	26500	550	450	1000	4.23	7.E+07
24	26500	550	450	1500	3.83	1.E+08
24	26500	800	700	1000	3.74	1.E+08
24	26500	800	700	1500	3.76	2.E+08
24	27000	300	200	1000	4.16	4.E+07
24	27000	300	200	1500	3.73	1.E+08
24	27000	550	450	1000	4.34	4.E+07
24	27000	550	450	1500	4	1.E+08
24	27000	800	700	1000	3.76	2.E+08
24	27000	800	700	1500	3.88	1.E+08
24	27500	300	200	1000	3.84	1.E+08
24	27500	300	200	1500	3.98	7.E+07
24	27500	550	450	1000	4.29	3.E+07
24	27500	550	450	1500	4.31	6.E+07
24	27500	800	700	1000	3.81	1.E+08
24	27500	800	700	1500	4.01	1.E+08

표 7

[0075]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수
21	25000	300	200	1000	4.2	4.E+07
21	25000	300	200	1500	4.32	3.E+07
21	25000	550	450	1000	4.05	7.E+07
21	25000	550	450	1500	4.07	3.E+07
21	25000	800	700	1000	4.2	3.E+07
21	25000	800	700	1500	3.99	5.E+07
21	25500	300	200	1000	4.24	4.E+07
21	25500	300	200	1500	4.02	3.E+07
21	25500	550	450	1000	4.03	6.E+07
21	25500	550	450	1500	4.06	3.E+07
21	25500	800	700	1000	4.24	6.E+07
21	25500	800	700	1500	4.17	4.E+07
21	26000	300	200	1000	3.99	2.E+07
21	26000	300	200	1500	4.02	6.E+07
21	26000	550	450	1000	4.03	3.E+07
21	26000	550	450	1500	4	3.E+07
21	26000	800	700	1000	4.13	1.E+08
21	26000	800	700	1500	3.92	2.E+07
21	26500	300	200	1000	4.13	4.E+07
21	26500	300	200	1500	4.01	5.E+07
21	26500	550	450	1000	4.15	1.E+07
21	26500	550	450	1500	3.94	5.E+07
21	26500	800	700	1000	4.09	6.E+07
21	26500	800	700	1500	4.18	6.E+07
21	27000	300	200	1000	4.18	2.E+07
21	27000	300	200	1500	3.97	5.E+07
21	27000	550	450	1000	4.01	7.E+07
21	27000	550	450	1500	4.22	6.E+07
21	27000	800	700	1000	4.15	8.E+07
21	27000	800	700	1500	4.15	9.E+07
21	27500	300	200	1000	4.19	5.E+07

21	27500	300	200	1500	4.08	4.E+07
21	27500	550	450	1000	4.17	7.E+07
21	27500	550	450	1500	3.95	2.E+07
21	27500	800	700	1000	3.98	6.E+07
21	27500	800	700	1500	4.06	3.E+07

[0076] 수집한 고농도 복합 미생물 데이터 전처리 및 구조 변환에 대해 설명하면 다음과 같다.

[0077] 수집한 고농도 복합 미생물 데이터를 딥러닝 네트워크의 입력으로 활용하기 용이하게 변환한다. 수집한 고농도 복합 미생물 데이터의 경우 물 온도가 pH 농도와 고농도 복합 미생물의 셀 수에 가장 큰 영향을 끼치는 것으로 판단된다. 따라서, 도 16과 같이 고농도 복합 미생물의 셀 수와 pH 농도를 수집한 데이터 순서에 따라 Cell_id를 부여한다. 당밀, 효모추출물, 영양제, 소금 등의 양은 해당 Cell_id의 속성 정보로 활용한다.

[0078] 도 17과 같이 부여한 Cell_id는 해당 물 온도와 1:1 매칭하여 해당 물 온도에 대한 Cell_id가 입력으로 들어왔

을 때의 결과가 목표한 고농도 복합 미생물의 셀 수 10^8 개 이상, pH 농도 3.8 이하라면 라벨을 1, 조건에 충족하지 못했다면 라벨을 0으로 설정한다. pH 농도는 물 온도와 Cell_id 사이의 관계 정도를 나타내는 수치로 활용한다.

[0079] 수집한 고농도 복합 미생물 데이터는 데이터의 값 범위가 항목마다 다르기 때문에, 0과 1로 데이터를 표현하기 위하여 원-핫 인코딩 기법을 사용하여 각 항목의 수치마다 인덱스를 부여하여 나타낸다. 고농도 복합 미생물의 셀 수의 경우 실험마다 값이 다르고 겹치는 경우가 거의 없기 때문에 식 1과 같이 최소-최대 정규화 방법을 사용하여 0과 1사이로 값을 변환한다.

$$x_{normalization} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (1)$$

[0080]

[0081] 원-핫 인코딩과 최소 최대 정규화 방법을 이용하여 전처리된 학습 데이터는 도 18과 같이 벡터 형태로 변환하였으며, 물 온도는 Cell_id와 1:1로 매칭되며 학습에는 물 온도와 Cell_id가 이루는 인접 행렬이 입력으로 들어가기 때문에 별도의 변환을 수행하지 않는다.

[0082] ▶ 당밀 : 500g ~ 550g (10g 단위) => [500:0, 510:1, 520:2, ..., 550: 5] [무게:인덱스]

[0083] ▶ 영양제 : 6g ~ 16g (5g 단위) => [6:0, 11:1, 16:2] [무게:인덱스]

[0084] ▶ 식물엑기스 : 4g ~ 14g (5g 단위) => [4:0, 9:1, 14:2] [무게:인덱스]

[0085] ▶ 소금 : 20g ~ 30g (10g 단위) => [20:0, 30:1] [무게:인덱스]

[0086] 물 온도는 구축한 학습 데이터 분석 결과 실험에 가장 큰 영향을 끼치는 매체로 물 온도를 특정 시점으로 삼아 미생물의 셀 수와 pH 농도 값으로 매칭시킨다.

[0087] 여기서, pH 농도가 낮을수록 높은 미생물 셀 수를 확보할 수 있다는 점에서 해당 물 온도와 특정 고농도 복합 미생물의 셀 수 사이의 관련 정도를 나타내는 값으로 활용할 수 있다. 전처리된 학습 데이터는 도 19와 같이 그래프 구조로 나타낼 수 있다.

[0088] 학습 데이터의 그래프 구조는 도 20과 같이 인접행렬과 속성 정보로 변환하여 딥러닝 네트워크에 사용하기 위한 입력 데이터로 나타낼 수 있다.

[0089] 여기서, 인접행렬은 행과 열이 각각의 노드(물 온도와 Cell_id)가 어떤 노드와 연결이 되어 있는지 pH 농도로 관계를 표시한 행렬이며, 속성 정보는 해당 노드에 대한 특징들을 나타내는 행렬로써, 고농도 복합 미생물의 셀 수, 당밀, 영양제, 식물엑기스, 소금 등을 벡터 형태로 변환한 데이터를 나타낸다.

[0090] 딥러닝 네트워크 구조 설계 및 학습을 설명하면 다음과 같다.

[0091] 구축한 학습 데이터는 그래프 합성곱 신경망(Graph Convolutional Network, GCN)을 사용하여 네트워크를 설계한

다. 그래프에서 노드 별로 해당 노드의 이웃들의 정보를 수집하고 수집한 정보를 토대로 결과를 예측하는 딥러닝 네트워크로써, 입력은 그래프 구조의 인접행렬과 속성 정보를 사용한다.

[0092] 그래프 합성곱 신경망은 그래프 구조에 합성곱 신경망과 같이 각 층에서 합성곱을 수행하는 네트워크로 각 층마다 존재하는 속성 정보를 합성곱을 통해 다음 층으로 전달하는 특징이 있다. 다음 층 노드의 속성 정보를 업데이트 하는 과정이 합성곱 연산과 같이 로컬한 정보(해당 노드의 이웃 노드들의 속성 정보)를 이용하며, 가중치 값을 공유한다는 특징을 가지기 때문에 그래프 합성곱 신경망이라고 한다.

[0093] 도 21과 같이, 각 노드에 존재하는 속성 정보와 해당 층의 가중치값을 이용하여 다음 층으로 전달하는 속성 정보를 갱신한다. 여기서, $H_n^{(l)}$ 은 1번째 층의 n번 노드의 속성 정보를, $H_1^{(l+1)}$ 는 l+1번째 층의 1번 노드의 속성 정보를, $W^{(l)}$ = 1번째 층의 가중치를, σ 는 사용자가 정의한 활성화 함수를 나타낸다.

[0094] 구축한 학습 데이터를 학습하기 위한 딥러닝 네트워크는 도 22와 같이 나타낸다. 3개의 그래프 합성곱 층과 1개의 완전 연결 층으로 구성된다. 3개의 그래프 합성곱 층은 각각 그래프 합성곱 이후, 배치 정규화(Batch Normalization, BN)와 ReLU 활성화 함수와 같은 딥러닝 기법을 거쳐 다음 층으로 결과를 전달한다.

[0095] 완전 연결 층은 마지막 그래프 합성곱 층의 출력을 1차원 벡터 형태로 변환하여 이진 교차 엔트로피(Binary Cross Entropy, BCE)를 사용하여 입력 데이터가 목표한 결과에 대해 달성 여부 확률을 출력한다.

[0096] 각 그래프 합성곱 층의 역할은 도 23과 같이 인코딩된 속성 정보를 바탕으로 가중치, 활성화 함수, 배치 정규화 등의 딥러닝 기법을 거쳐 속성 정보를 업데이트하고 업데이트된 결과에서 인접한 행렬을 곱함으로써 물 온도와 Cell_id가 pH 값으로 구성된 부분만 값을 추출하는 것이다.

[0097] 배치 정규화는 학습 과정에서 각 층마다 평균과 분산값이 이전 층에서 전달되는 출력값과 곱해진 가중치 값에 따라 매번 변하게 되는데 이러한 현상을 내부 공변량 변화를 나타낸다.

[0098] 또한, 전체 데이터를 배치로 나뉘었을 때, 배치마다 정규화 과정을 수행하는 것을 뜻하며, 활성화 함수 전에 수행되는 것이 일반적이다. 이전 층들이 학습에 의해 가중치 값이 바뀌게 되면, 현재 층에 전달되는 입력 데이터의 분포 역시 차이가 발생하게 되며, 입력에 대한 평균과 분포를 이용하여 데이터를 스케일링 및 쉬프팅 시켜 정규 분포의 형태를 띄게 만드는 것을 나타낸다. 도 24는 배치 정규화 가정을 나타낸다.

[0099] 활성화 함수는 ReLU 함수를 사용한다. 도 25와 같이 ReLU 함수의 특징은 입력 데이터가 음수면 모두 0을 반환하고 양수인 경우에는 값 그대로 출력하는 활성화 함수이다. 따라서, 특정 양수값에 수렴하지 않으며, 양수의 경우 자기 자신을 그대로 반환하기 때문에 기울기 소실의 문제가 발생하지 않는다. 또한, 식 2와 같이 단순한 공식으로 수행되는 함수이기 때문에 연산 속도가 매우 빠르며 이런 효과는 딥러닝 네트워크 전반에 가중치 업데이트 속도에 영향을 끼친다.

[0100]
$$ReLU = \max(0, x) \quad (2)$$

[0101] 마지막 그래프 합성곱 층의 결과로 출력된 업데이트된 속성 정보는 완전 연결 층의 입력으로 들어가 1차원 임베딩 벡터를 출력하게 된다. 이때, 완전 연결 층은 $(n \times \text{hidden channel})$ 형태의 2차원 속성정보를 1차원으로 차원 임베딩의 용도로 사용되는 층으로 배치에 입력된 수 만큼의 행과 클래스의 개수(배양 가능, 불가능) 만큼의 열로 이루어지며, 이진 교차 엔트로피(BCE) 함수를 거쳐 결과를 출력한다. 그림 26은 설계한 그래프 합성곱 신경망을 통한 학습 데이터의 결과 예측 과정 예시를 나타낸다. 여기에서 n은 데이터의 배치 수, hidden channel은 사용자가 정의한 은닉층의 채널 수, classes는 구분하고자 하는 클래스의 수(배양 가능, 불가능 = 2개)를 나타낸다.

[0102] 이진 교차 엔트로피(Binary Cross Entropy, BCE) 함수를 사용한 이유는 구축한 딥러닝 네트워크의 출력이 입력 데이터에 대해 배양이 가능한지 불가능한지 0과 1사이에서 확률을 출력하는 것이기 때문에 사용한다. 식 3은 이진 교차 엔트로피의 수식을 나타낸다.

[0103]
$$BCE = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [y_i \log(y_i^{prob}) + (1 - y_i) \log(1 - y_i)] \quad (3)$$

[0104] 구축한 딥러닝 네트워크의 손실함수는 코사인 손실함수를 사용하여 학습을 진행한다. 코사인 손실함수는 코사인 유사도를 기반으로 두 벡터의 사이 각인 내적을 이용한 함수이며, 이때 두 벡터는 학습 데이터를 입력으로 한 딥러닝 네트워크의 출력(확률 벡터)과 실제 학습 데이터의 라벨 데이터(1 또는 0)을 비교하여 네트워크 학습을 진행한다. 코사인 손실함수의 식은 식 4와 같다. 여기서, $\mathbf{a}$ 와 $\mathbf{b}$ 는 각각 임의의 벡터를 나타낸다.

$$\sigma_{\cos}(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = \cos(\angle \mathbf{a}, \mathbf{b}) = \frac{\langle \mathbf{a}, \mathbf{b} \rangle}{\|\mathbf{a}\|_2 \cdot \|\mathbf{b}\|_2} \quad (4)$$

[0106] 입력 데이터인 $\mathbf{x} \in \mathbf{X}$ 와 데이터의 라벨 $\mathbf{y} \in \mathbf{C}$ 가 주어질 때, $f_{\theta}: \mathbf{X} \rightarrow \mathbf{R}^d$ 를 통해 $\mathbf{X}$ 는 d 차원 특징 벡터로 변환되며, 주어진 학습 데이터인 그래프 구조 역시 그래프 합성곱 층을 거쳐 마지막 완전 연결 층에서 특징 벡터로 변환된다.

[0107] 또한, $\psi: \mathbf{R}^d \rightarrow \mathbf{P}$ 와 $\phi: \mathbf{C} \rightarrow \mathbf{P}$ 가 각각 특징 벡터와 라벨을 예측 공간인 $\mathbf{P}$ 로 임베딩 시킨다는 표현을 사용하였는데, 간단히 말하면 딥러닝 네트워크를 통해 출력한 학습 데이터의 특징 벡터와 0과 1로 이루어진 라벨을 비교하여 0과 1 사이의 값으로 나타낸다는 것을 뜻한다. 식 5는 코사인 손실함수의 식을 나타낸다.

$$L_{\cos}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = 1 - \sigma_{\cos}(f_{\theta}(\mathbf{x}), \phi(\mathbf{y})) \quad (5)$$

[0109] 설계한 딥러닝 네트워크는 아래의 그림과 같은 순전파 과정을 통해 학습이 진행되며, 학습 데이터는 3개의 그래프 합성곱 층을 거치며 학습 데이터의 속성 정보를 업데이트하며, 업데이트된 속성 정보를 마지막 완전 연결 층을 거쳐 해당 데이터에 대한 배양 가능 여부를 출력한다.

[0110] 도 27과 같이 입력받은 그래프는 그래프 합성곱을 통해 임의의 노드의 속성 정보와 인접행렬을 이용하여 이웃 노드에 대한 가중치를 업데이트하며, 가중치가 업데이트된 그래프 구조를 벡터화하여 FC Layer를 통해 최종 결과를 출력한다.

[0111] 역전파를 진행하는 과정은 도 28과 같다. 입력 데이터의 실제 배양 가능 라벨과 예측한 결과를 코사인 손실함수의 값을 최소화하는 방향으로 진행되며, 이 과정에서 각 층의 가중치 값이 업데이트되어 다음 학습에 사용된다.

[0112] 구축한 학습 데이터를 딥러닝 네트워크의 입력으로 넣고 최종 출력으로 배양 가능여부에 대한 확률을 도출한다. 도출한 확률을 데이터의 실제 라벨 데이터와 코사인 손실함수를 사용하여 오차를 계산하며, 오차가 사용자 정의에 의한 임계값 아래로 떨어질 때까지 학습을 반복한다. 도 29는 코사인 손실함수를 이용하여 실제 라벨과 딥러닝 예측 결과를 비교하는 과정 예시를 나타낸다.

[0113] 전체 데이터는 총 252개로 이 중에서 데이터중에 210개의 데이터를 학습 데이터로 무작위 샘플링 하여 사용하였으며, 검증 데이터와 테스트 데이터로 각각 21개씩의 데이터를 사용한다. 검증 데이터는 학습 중간에 현재 가중치에 대한 결과를 테스트하기 위한 데이터이며, 테스트 데이터는 학습이 완료된 딥러닝 네트워크를 테스트하기 위한 데이터이다. 도 30는 전체 데이터에 대한 데이터 분할 예시를 나타낸다.

[0114] 도 31은 고농도 복합 미생물 데이터 252개를 갖고 학습한 결과에 대한 그래프를 나타낸다. 학습은 총 500번을 진행하였으며, Adam 옵티마이저와 0.0005의 학습률을 적용하여 네트워크 학습을 진행한다. 학습 데이터에 대한 손실함수의 결과(Train Loss)는 0.0006으로 우수한 결과를 나타냈으며, 검증 데이터와 테스트 데이터에 대한 손실함수 결과(Valid Loss, Test Loss)들도 약 0.3 정도의 결과를 나타낸다.

[0115] 도 32는 학습한 딥러닝 네트워크의 결과가 데이터에 올바르게 적용되었는지 시각적으로 나타내기 위해 전체 데이터를 임베딩 벡터로 변환하여 임베딩 공간에 표시한 것을 나타낸다.

[0116] 구축한 전체 데이터는 각각의 실험마다 적용한 물 온도, 당밀, 영양제, 식물 엑기스, 소금 등의 양에 대해 다양한 차원의 데이터가 존재하기 때문에 바로 적용하기 어렵기 때문에, 딥러닝 네트워크로 구축한 학습 데이터의 차원을 축소하여 배양 가능 확률로 나타내며, 실제 라벨과 매칭하여 임베딩 공간에 표현한다.

[0117] 설계한 딥러닝 네트워크의 출력을 함수의 입력으로 실제 데이터의 라벨을 결과에 대한 색 정보로 입력하여 그래프를 나타내었으며, 학습 전, 후 결과를 임베딩 공간에 시각화하였을 때, 학습 전에는 무분별하게 분포해있던 값들이 학습 후에 군집화를 이루며 임베딩 공간에 분포한 것을 볼 수 있다.

- [0118] 고농도 복합 미생물 데이터베이스 구축에 대해 설명하면 다음과 같다.
- [0119] 수정한 딥러닝 네트워크를 이용하여 구축한 전체 데이터에 대해 배양 가능 확률을 예측하여 사용자가 원하는 조건(물 온도)에서 배양 확률이 가장 높은 리스트(당밀, 영양제, 식물 엑기스, 소금 양)를 반환하는 추천시스템 기술 적용한다.
- [0120] 도 33은 학습된 딥러닝 네트워크를 통한 조건들의 배양 가능 확률 도출에 대한 예시를 나타낸다.
- [0121] 작업자가 입력한 물 온도 정보를 기반으로 하여 pH 농도(3.8 이하)와 고농도 복합 미생물의 셀 수(10^8 이상)를 배양하기 위한 당밀 영양제, 식물엑기스, 소금 등의 양에 대한 딥러닝 예측 결과 데이터베이스를 생성한다. 생성한 데이터베이스는 미니 미생물 배양기를 이용하여 기존 조건의 1/50배로 축소하여 진행하였기 때문에, 50배 곱해서 데이터베이스로 저장한다.
- [0122] 표 8 내지 표 14는 구축한 딥러닝 예측 결과 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 나타낸다.
- [0123] 표 8은 구축한 딥러닝 예측 결과 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 39° C를 나타낸 것이다. 표 9는 구축한 딥러닝 예측 결과 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 36° C를 나타낸 것이다. 표 10은 구축한 딥러닝 예측 결과 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 33° C를 나타낸 것이다. 표 11은 구축한 딥러닝 예측 결과 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 30° C를 나타낸 것이다. 표 12는 구축한 딥러닝 예측 결과 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 27° C를 나타낸 것이다. 표 13은 구축한 딥러닝 예측 결과 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 24° C를 나타낸 것이다. 표 14는 구축한 딥러닝 예측 결과 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 21° C를 나타낸 것이다.

표 8

[0124]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수	배양 가능 확률
39	25000	300	200	1000	3.42	8.E+08	81%
39	25000	300	200	1500	3.66	1.E+09	95%
39	25000	550	450	1000	3.37	5.E+08	96%
39	25000	550	450	1500	2.89	3.E+08	89%
39	25000	800	700	1000	3.84	4.E+09	85%
39	25000	800	700	1500	3.51	3.E+09	88%
39	25500	300	200	1000	3.37	4.E+08	86%
39	25500	300	200	1500	3.65	3.E+09	98%
39	25500	550	450	1000	3.62	5.E+08	86%
39	25500	550	450	1500	3.55	5.E+08	87%
39	25500	800	700	1000	3.28	5.E+08	82%
39	25500	800	700	1500	3.83	5.E+08	87%
39	26000	300	200	1000	3.4	1.E+09	86%
39	26000	300	200	1500	3.64	4.E+08	89%
39	26000	550	450	1000	3.72	2.E+09	90%
39	26000	550	450	1500	3.6	2.E+09	89%
39	26000	800	700	1000	3.37	4.E+07	97%
39	26000	800	700	1500	3.13	8.E+08	98%
39	26500	300	200	1000	3.69	1.E+09	86%
39	26500	300	200	1500	3.75	5.E+08	99%
39	26500	550	450	1000	3.3	8.E+07	91%
39	26500	550	450	1500	3.56	9.E+08	84%
39	26500	800	700	1000	3.29	8.E+08	90%
39	26500	800	700	1500	3.65	3.E+09	80%
39	27000	300	200	1000	3.65	4.E+08	92%
39	27000	300	200	1500	3.84	2.E+09	90%
39	27000	550	450	1000	3.6	7.E+08	97%
39	27000	550	450	1500	3.43	2.E+08	84%
39	27000	800	700	1000	3.26	3.E+08	84%
39	27000	800	700	1500	3.36	5.E+07	89%
39	27500	300	200	1000	3.01	5.E+08	98%
39	27500	300	200	1500	3.11	7.E+08	93%

39	27500	550	450	1000	3.18	5.E+08	91%
39	27500	550	450	1500	3.21	9.E+08	83%
39	27500	800	700	1000	3.52	3.E+09	87%
39	27500	800	700	1500	3.84	2.E+08	97%

표 9

[0125]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수	배양 가능 확률
36	25000	300	200	1000	3.3	8.E+09	92%
36	25000	300	200	1500	3.4	1.E+08	91%
36	25000	550	450	1000	3.55	4.E+08	93%
36	25000	550	450	1500	3.75	3.E+08	94%
36	25000	800	700	1000	3.71	1.E+10	83%
36	25000	800	700	1500	3.43	8.E+07	79%
36	25500	300	200	1000	3.54	2.E+08	80%
36	25500	300	200	1500	3.71	2.E+08	86%
36	25500	550	450	1000	3.68	5.E+07	91%
36	25500	550	450	1500	3.78	3.E+08	89%
36	25500	800	700	1000	3.45	4.E+08	94%
36	25500	800	700	1500	3.62	8.E+07	95%
36	26000	300	200	1000	3.37	6.E+09	84%
36	26000	300	200	1500	3.5	5.E+07	85%
36	26000	550	450	1000	3.67	7.E+09	86%
36	26000	550	450	1500	3.7	2.E+10	81%
36	26000	800	700	1000	3.99	1.E+10	95%
36	26000	800	700	1500	3.54	1.E+08	82%
36	26500	300	200	1000	3.43	2.E+08	94%
36	26500	300	200	1500	3.48	1.E+09	92%
36	26500	550	450	1000	3.39	3.E+08	91%
36	26500	550	450	1500	3.35	4.E+09	80%
36	26500	800	700	1000	3.36	8.E+09	83%
36	26500	800	700	1500	3.71	3.E+08	94%
36	27000	300	200	1000	3.49	2.E+08	80%
36	27000	300	200	1500	3.62	2.E+08	93%
36	27000	550	450	1000	3.29	2.E+08	91%
36	27000	550	450	1500	3.49	7.E+09	86%
36	27000	800	700	1000	3.54	4.E+10	82%
36	27000	800	700	1500	3.32	1.E+08	90%
36	27500	300	200	1000	3.51	3.E+08	88%
36	27500	300	200	1500	3.5	1.E+10	88%
36	27500	550	450	1000	3.75	1.E+08	86%
36	27500	550	450	1500	3.53	3.E+08	92%
36	27500	800	700	1000	3.46	2.E+08	94%
36	27500	800	700	1500	3.55	5.E+09	82%

표 10

[0126]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수	배양 가능 확률
33	25000	300	200	1000	3.72	4.E+08	77%
33	25000	300	200	1500	3.95	2.E+08	73%
33	25000	550	450	1000	3.75	4.E+08	72%
33	25000	550	450	1500	4.11	1.E+08	79%
33	25000	800	700	1000	3.91	1.E+08	74%
33	25000	800	700	1500	4.34	7.E+07	70%
33	25500	300	200	1000	3.67	2.E+08	73%
33	25500	300	200	1500	4.01	5.E+07	70%
33	25500	550	450	1000	4.19	8.E+07	82%

33	25500	550	450	1500	3.63	2.E+08	71%
33	25500	800	700	1000	3.83	3.E+08	80%
33	25500	800	700	1500	3.91	1.E+08	78%
33	26000	300	200	1000	3.96	1.E+08	74%
33	26000	300	200	1500	3.64	1.E+08	74%
33	26000	550	450	1000	3.96	2.E+08	84%
33	26000	550	450	1500	3.68	3.E+08	83%
33	26000	800	700	1000	3.69	4.E+07	85%
33	26000	800	700	1500	4.58	1.E+08	80%
33	26500	300	200	1000	3.83	1.E+08	82%
33	26500	300	200	1500	3.51	6.E+09	81%
33	26500	550	450	1000	3.9	2.E+08	79%
33	26500	550	450	1500	3.59	7.E+07	70%
33	26500	800	700	1000	3.94	7.E+06	83%
33	26500	800	700	1500	4.05	9.E+07	81%
33	27000	300	200	1000	3.6	1.E+08	82%
33	27000	300	200	1500	3.51	4.E+08	78%
33	27000	550	450	1000	3.88	3.E+08	72%
33	27000	550	450	1500	3.78	1.E+08	83%
33	27000	800	700	1000	3.65	1.E+08	71%
33	27000	800	700	1500	3.64	1.E+08	75%
33	27500	300	200	1000	3.74	1.E+08	83%
33	27500	300	200	1500	3.88	2.E+08	77%
33	27500	550	450	1000	3.76	2.E+08	75%
33	27500	550	450	1500	4.02	1.E+08	79%
33	27500	800	700	1000	3.98	7.E+07	82%
33	27500	800	700	1500	3.51	2.E+08	75%

표 11

[0127]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수	배양 가능 확률
30	25000	300	200	1000	4.55	8.E+07	71%
30	25000	300	200	1500	4.18	7.E+07	71%
30	25000	550	450	1000	4.12	6.E+07	65%
30	25000	550	450	1500	4.35	4.E+07	67%
30	25000	800	700	1000	4.26	6.E+07	69%
30	25000	800	700	1500	4.08	2.E+08	68%
30	25500	300	200	1000	3.91	3.E+07	67%
30	25500	300	200	1500	4.16	2.E+07	71%
30	25500	550	450	1000	3.92	5.E+07	69%
30	25500	550	450	1500	3.93	8.E+07	65%
30	25500	800	700	1000	4	2.E+08	66%
30	25500	800	700	1500	3.89	1.E+07	66%
30	26000	300	200	1000	4.17	4.E+07	72%
30	26000	300	200	1500	4.08	9.E+07	67%
30	26000	550	450	1000	4.04	9.E+07	71%
30	26000	550	450	1500	4.24	1.E+08	70%
30	26000	800	700	1000	4.13	1.E+08	68%
30	26000	800	700	1500	4.1	1.E+08	69%
30	26500	300	200	1000	3.96	2.E+07	64%
30	26500	300	200	1500	4.04	1.E+08	71%
30	26500	550	450	1000	4.1	8.E+07	69%
30	26500	550	450	1500	4.13	1.E+08	63%
30	26500	800	700	1000	3.68	1.E+08	63%
30	26500	800	700	1500	3.94	8.E+07	64%
30	27000	300	200	1000	3.98	1.E+08	72%
30	27000	300	200	1500	4.11	5.E+07	66%

30	27000	550	450	1000	4.04	3.E+08	69%
30	27000	550	450	1500	3.85	7.E+07	70%
30	27000	800	700	1000	3.66	5.E+07	69%
30	27000	800	700	1500	3.75	8.E+07	70%
30	27500	300	200	1000	4.15	8.E+07	68%
30	27500	300	200	1500	4.53	4.E+07	72%
30	27500	550	450	1000	3.81	7.E+07	66%
30	27500	550	450	1500	3.98	5.E+07	65%
30	27500	800	700	1000	4.05	6.E+07	64%
30	27500	800	700	1500	4.03	6.E+07	69%

표 12

[0128]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수	배양 가능 확률
27	25000	300	200	1000	3.92	3.E+07	60%
27	25000	300	200	1500	4.28	1.E+08	60%
27	25000	550	450	1000	4.18	2.E+08	66%
27	25000	550	450	1500	4.09	6.E+07	58%
27	25000	800	700	1000	4.12	1.E+08	62%
27	25000	800	700	1500	4.13	1.E+08	66%
27	25500	300	200	1000	3.99	2.E+08	61%
27	25500	300	200	1500	4.67	5.E+07	59%
27	25500	550	450	1000	3.95	3.E+07	58%
27	25500	550	450	1500	3.85	5.E+07	63%
27	25500	800	700	1000	3.91	6.E+07	66%
27	25500	800	700	1500	4.18	2.E+08	60%
27	26000	300	200	1000	4.16	1.E+08	59%
27	26000	300	200	1500	4.16	4.E+07	67%
27	26000	550	450	1000	4.22	9.E+07	58%
27	26000	550	450	1500	3.85	7.E+07	68%
27	26000	800	700	1000	4.2	6.E+07	63%
27	26000	800	700	1500	3.96	6.E+07	59%
27	26500	300	200	1000	3.93	1.E+08	59%
27	26500	300	200	1500	4.53	1.E+08	59%
27	26500	550	450	1000	3.74	2.E+08	67%
27	26500	550	450	1500	3.98	9.E+07	68%
27	26500	800	700	1000	4.07	4.E+08	58%
27	26500	800	700	1500	4.17	1.E+08	67%
27	27000	300	200	1000	4.08	4.E+07	64%
27	27000	300	200	1500	4.01	2.E+08	65%
27	27000	550	450	1000	4.1	7.E+07	59%
27	27000	550	450	1500	4	6.E+07	63%
27	27000	800	700	1000	4.13	2.E+08	66%
27	27000	800	700	1500	3.99	6.E+07	63%
27	27500	300	200	1000	4.01	7.E+07	68%
27	27500	300	200	1500	4.02	6.E+07	62%
27	27500	550	450	1000	3.97	2.E+08	61%
27	27500	550	450	1500	4.04	9.E+07	66%
27	27500	800	700	1000	4.05	1.E+08	59%
27	27500	800	700	1500	4.41	7.E+07	65%

표 13

[0129]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수	배양 가능 확률
24	25000	300	200	1000	4.17	6.E+07	51%
24	25000	300	200	1500	3.95	2.E+08	61%
24	25000	550	450	1000	4.15	9.E+07	53%

24	25000	550	450	1500	3.84	7.E+07	56%
24	25000	800	700	1000	4.16	7.E+07	57%
24	25000	800	700	1500	4.15	9.E+07	61%
24	25500	300	200	1000	3.77	1.E+08	51%
24	25500	300	200	1500	3.93	6.E+07	63%
24	25500	550	450	1000	4.04	6.E+07	61%
24	25500	550	450	1500	4.43	8.E+07	55%
24	25500	800	700	1000	4.07	1.E+08	55%
24	25500	800	700	1500	4.34	3.E+07	57%
24	26000	300	200	1000	4.02	2.E+08	59%
24	26000	300	200	1500	3.89	1.E+08	55%
24	26000	550	450	1000	4.08	2.E+08	50%
24	26000	550	450	1500	3.83	2.E+08	55%
24	26000	800	700	1000	3.82	7.E+07	52%
24	26000	800	700	1500	4.31	3.E+08	59%
24	26500	300	200	1000	3.86	7.E+07	51%
24	26500	300	200	1500	4.21	8.E+07	54%
24	26500	550	450	1000	4.23	7.E+07	56%
24	26500	550	450	1500	3.83	1.E+08	60%
24	26500	800	700	1000	3.74	1.E+08	62%
24	26500	800	700	1500	3.76	2.E+08	61%
24	27000	300	200	1000	4.16	4.E+07	57%
24	27000	300	200	1500	3.73	1.E+08	55%
24	27000	550	450	1000	4.34	4.E+07	59%
24	27000	550	450	1500	4	1.E+08	62%
24	27000	800	700	1000	3.76	2.E+08	58%
24	27000	800	700	1500	3.88	1.E+08	57%
24	27500	300	200	1000	3.84	1.E+08	55%
24	27500	300	200	1500	3.98	7.E+07	59%
24	27500	550	450	1000	4.29	3.E+07	63%
24	27500	550	450	1500	4.31	6.E+07	54%
24	27500	800	700	1000	3.81	1.E+08	57%
24	27500	800	700	1500	4.01	1.E+08	60%

표 14

[0130]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수	배양 가능 확률
21	25000	300	200	1000	4.2	4.E+07	56%
21	25000	300	200	1500	4.32	3.E+07	55%
21	25000	550	450	1000	4.05	7.E+07	41%
21	25000	550	450	1500	4.07	3.E+07	64%
21	25000	800	700	1000	4.2	3.E+07	62%
21	25000	800	700	1500	3.99	5.E+07	64%
21	25500	300	200	1000	4.24	4.E+07	41%
21	25500	300	200	1500	4.02	3.E+07	60%
21	25500	550	450	1000	4.03	6.E+07	50%
21	25500	550	450	1500	4.06	3.E+07	48%
21	25500	800	700	1000	4.24	6.E+07	50%
21	25500	800	700	1500	4.17	4.E+07	55%
21	26000	300	200	1000	3.99	2.E+07	53%
21	26000	300	200	1500	4.02	6.E+07	53%
21	26000	550	450	1000	4.03	3.E+07	46%
21	26000	550	450	1500	4	3.E+07	44%
21	26000	800	700	1000	4.13	1.E+08	42%
21	26000	800	700	1500	3.92	2.E+07	59%
21	26500	300	200	1000	4.13	4.E+07	43%
21	26500	300	200	1500	4.01	5.E+07	47%

21	26500	550	450	1000	4.15	1.E+07	49%
21	26500	550	450	1500	3.94	5.E+07	44%
21	26500	800	700	1000	4.09	6.E+07	56%
21	26500	800	700	1500	4.18	6.E+07	41%
21	27000	300	200	1000	4.18	2.E+07	47%
21	27000	300	200	1500	3.97	5.E+07	48%
21	27000	550	450	1000	4.01	7.E+07	65%
21	27000	550	450	1500	4.22	6.E+07	40%
21	27000	800	700	1000	4.15	8.E+07	55%
21	27000	800	700	1500	4.15	9.E+07	40%
21	27500	300	200	1000	4.19	5.E+07	52%
21	27500	300	200	1500	4.08	4.E+07	47%
21	27500	550	450	1000	4.17	7.E+07	55%
21	27500	550	450	1500	3.95	2.E+07	65%
21	27500	800	700	1000	3.98	6.E+07	62%
21	27500	800	700	1500	4.06	3.E+07	60%

[0131] 구축한 고농도 복합 미생물 데이터베이스는 GUI를 제작하여 GUI 프로그램이 실행될 때 자동으로 정렬 되도록 설계한다. 정렬 기준은 pH 농도에 대해 올림차순, 고농도 복합 미생물의 셀 수와, 배양 가능 확률에 대해 내림차순으로 정렬한다. 도 34는 구축한 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 나타낸다.

[0132] 최종적으로, 사용자가 설정한 물 온도에 따른 당밀, 영양제, 식물엑기스, 소금 등의 양을 디스플레이 하기 위한 고농도 복합 미생물 배양기 GUI를 도 35와 같이 제작 및 실행한다. 생성한 고농도 복합 미생물 배양기 GUI에서 사용자가 그림 36과 같이 물 온도를 선택한다.

[0133] 도 37은 사용자가 선택한 물 온도에 대한 항목 값(당밀, 영양제, 식물엑기스, 소금 등)들을 불러온 결과를 나타낸다. GUI 프로그램 실행과 동시에 저장된 데이터베이스를 pH 농도에 대해 올림차순, 고농도 복합 미생물 셀 수, 배양 가능 확률에 대해 내림차순 정렬한다. 표 15 내지 표 21은 정렬된 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 나타낸다.

[0134] 표 15는 정렬된 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 39° C를 나타낸 것이다. 표 16은 정렬된 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 36° C를 나타낸 것이다. 표 17은 정렬된 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 33° C를 나타낸 것이다. 표 18은 정렬된 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 30° C를 나타낸 것이다. 표 19는 정렬된 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 27° C를 나타낸 것이다. 표 20은 정렬된 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 24° C를 나타낸 것이다. 표 21은 정렬된 고농도 복합 미생물 데이터베이스 : 물 온도 21° C를 나타낸 것이다.

표 15

[0135]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수	배양 가능 확률
39	26500	300	200	1500	3.75	5.E+08	99%
39	25500	300	200	1500	3.65	3.E+09	98%
39	26000	800	700	1500	3.13	8.E+08	98%
39	27500	300	200	1000	3.01	5.E+08	98%
39	27000	550	450	1000	3.6	7.E+08	97%
39	27500	800	700	1500	3.84	2.E+08	97%
39	26000	800	700	1000	3.37	4.E+07	97%
39	25000	550	450	1000	3.37	5.E+08	96%
39	25000	300	200	1500	3.66	1.E+09	95%
39	27500	300	200	1500	3.11	7.E+08	93%
39	27000	300	200	1000	3.65	4.E+08	92%
39	27500	550	450	1000	3.18	5.E+08	91%
39	26500	550	450	1000	3.3	8.E+07	91%
39	26000	550	450	1000	3.72	2.E+09	90%
39	27000	300	200	1500	3.84	2.E+09	90%
39	26500	800	700	1000	3.29	8.E+08	90%
39	26000	550	450	1500	3.6	2.E+09	89%

39	26000	300	200	1500	3.64	4.E+08	89%
39	25000	550	450	1500	2.89	3.E+08	89%
39	27000	800	700	1500	3.36	5.E+07	89%
39	25000	800	700	1500	3.51	3.E+09	88%
39	27500	800	700	1000	3.52	3.E+09	87%
39	25500	800	700	1500	3.83	5.E+08	87%
39	25500	550	450	1500	3.55	5.E+08	87%
39	26500	300	200	1000	3.69	1.E+09	86%
39	26000	300	200	1000	3.4	1.E+09	86%
39	25500	550	450	1000	3.62	5.E+08	86%
39	25500	300	200	1000	3.37	4.E+08	86%
39	25000	800	700	1000	3.84	4.E+09	85%
39	26500	550	450	1500	3.56	9.E+08	84%
39	27000	800	700	1000	3.26	3.E+08	84%
39	27000	550	450	1500	3.43	2.E+08	84%
39	27500	550	450	1500	3.21	9.E+08	83%
39	25500	800	700	1000	3.28	5.E+08	82%
39	25000	300	200	1000	3.42	8.E+08	81%
39	26500	800	700	1500	3.65	3.E+09	80%

표 16

[0136]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수	배양 가능 확률
36	26000	800	700	1000	3.99	1.E+10	95%
36	25500	800	700	1500	3.62	8.E+07	95%
36	25500	800	700	1000	3.45	4.E+08	94%
36	26500	800	700	1500	3.71	3.E+08	94%
36	25000	550	450	1500	3.75	3.E+08	94%
36	26500	300	200	1000	3.43	2.E+08	94%
36	27500	800	700	1000	3.46	2.E+08	94%
36	25000	550	450	1000	3.55	4.E+08	93%
36	27000	300	200	1500	3.62	2.E+08	93%
36	25000	300	200	1000	3.3	8.E+09	92%
36	26500	300	200	1500	3.48	1.E+09	92%
36	27500	550	450	1500	3.53	3.E+08	92%
36	26500	550	450	1000	3.39	3.E+08	91%
36	27000	550	450	1000	3.29	2.E+08	91%
36	25000	300	200	1500	3.4	1.E+08	91%
36	25500	550	450	1000	3.68	5.E+07	91%
36	27000	800	700	1500	3.32	1.E+08	90%
36	25500	550	450	1500	3.78	3.E+08	89%
36	27500	300	200	1500	3.5	1.E+10	88%
36	27500	300	200	1000	3.51	3.E+08	88%
36	27000	550	450	1500	3.49	7.E+09	86%
36	26000	550	450	1000	3.67	7.E+09	86%
36	25500	300	200	1500	3.71	2.E+08	86%
36	27500	550	450	1000	3.75	1.E+08	86%
36	26000	300	200	1500	3.5	5.E+07	85%
36	26000	300	200	1000	3.37	6.E+09	84%
36	25000	800	700	1000	3.71	1.E+10	83%
36	26500	800	700	1000	3.36	8.E+09	83%
36	27000	800	700	1000	3.54	4.E+10	82%
36	27500	800	700	1500	3.55	5.E+09	82%
36	26000	800	700	1500	3.54	1.E+08	82%
36	26000	550	450	1500	3.7	2.E+10	81%
36	26500	550	450	1500	3.35	4.E+09	80%
36	25500	300	200	1000	3.54	2.E+08	80%

36	27000	300	200	1000	3.49	2.E+08	80%
36	25000	800	700	1500	3.43	8.E+07	79%

표 17

[0137]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수	배양 가능 확률
33	26000	800	700	1000	3.69	4.E+07	85%
33	26000	550	450	1000	3.96	2.E+08	84%
33	26000	550	450	1500	3.68	3.E+08	83%
33	27000	550	450	1500	3.78	1.E+08	83%
33	27500	300	200	1000	3.74	1.E+08	83%
33	26500	800	700	1000	3.94	7.E+06	83%
33	26500	300	200	1000	3.83	1.E+08	82%
33	27000	300	200	1000	3.6	1.E+08	82%
33	25500	550	450	1000	4.19	8.E+07	82%
33	27500	800	700	1000	3.98	7.E+07	82%
33	26500	300	200	1500	3.51	6.E+09	81%
33	26500	800	700	1500	4.05	9.E+07	81%
33	25500	800	700	1000	3.83	3.E+08	80%
33	26000	800	700	1500	4.58	1.E+08	80%
33	26500	550	450	1000	3.9	2.E+08	79%
33	25000	550	450	1500	4.11	1.E+08	79%
33	27500	550	450	1500	4.02	1.E+08	79%
33	27000	300	200	1500	3.51	4.E+08	78%
33	25500	800	700	1500	3.91	1.E+08	78%
33	25000	300	200	1000	3.72	4.E+08	77%
33	27500	300	200	1500	3.88	2.E+08	77%
33	27500	800	700	1500	3.51	2.E+08	75%
33	27500	550	450	1000	3.76	2.E+08	75%
33	27000	800	700	1500	3.64	1.E+08	75%
33	26000	300	200	1500	3.64	1.E+08	74%
33	25000	800	700	1000	3.91	1.E+08	74%
33	26000	300	200	1000	3.96	1.E+08	74%
33	25000	300	200	1500	3.95	2.E+08	73%
33	25500	300	200	1000	3.67	2.E+08	73%
33	25000	550	450	1000	3.75	4.E+08	72%
33	27000	550	450	1000	3.88	3.E+08	72%
33	25500	550	450	1500	3.63	2.E+08	71%
33	27000	800	700	1000	3.65	1.E+08	71%
33	26500	550	450	1500	3.59	7.E+07	70%
33	25000	800	700	1500	4.34	7.E+07	70%
33	25500	300	200	1500	4.01	5.E+07	70%

표 18

[0138]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수	배양 가능 확률
30	27000	300	200	1000	3.98	1.E+08	72%
30	26000	300	200	1000	4.17	4.E+07	72%
30	27500	300	200	1500	4.53	4.E+07	72%
30	26500	300	200	1500	4.04	1.E+08	71%
30	26000	550	450	1000	4.04	9.E+07	71%
30	25000	300	200	1000	4.55	8.E+07	71%
30	25000	300	200	1500	4.18	7.E+07	71%
30	25500	300	200	1500	4.16	2.E+07	71%
30	26000	550	450	1500	4.24	1.E+08	70%
30	27000	800	700	1500	3.75	8.E+07	70%
30	27000	550	450	1500	3.85	7.E+07	70%

30	27000	550	450	1000	4.04	3.E+08	69%
30	26000	800	700	1500	4.1	1.E+08	69%
30	26500	550	450	1000	4.1	8.E+07	69%
30	27500	800	700	1500	4.03	6.E+07	69%
30	25000	800	700	1000	4.26	6.E+07	69%
30	27000	800	700	1000	3.66	5.E+07	69%
30	25500	550	450	1000	3.92	5.E+07	69%
30	25000	800	700	1500	4.08	2.E+08	68%
30	26000	800	700	1000	4.13	1.E+08	68%
30	27500	300	200	1000	4.15	8.E+07	68%
30	26000	300	200	1500	4.08	9.E+07	67%
30	25000	550	450	1500	4.35	4.E+07	67%
30	25500	300	200	1000	3.91	3.E+07	67%
30	25500	800	700	1000	4	2.E+08	66%
30	27500	550	450	1000	3.81	7.E+07	66%
30	27000	300	200	1500	4.11	5.E+07	66%
30	25500	800	700	1500	3.89	1.E+07	66%
30	25500	550	450	1500	3.93	8.E+07	65%
30	25000	550	450	1000	4.12	6.E+07	65%
30	27500	550	450	1500	3.98	5.E+07	65%
30	26500	800	700	1500	3.94	8.E+07	64%
30	27500	800	700	1000	4.05	6.E+07	64%
30	26500	300	200	1000	3.96	2.E+07	64%
30	26500	800	700	1000	3.68	1.E+08	63%
30	26500	550	450	1500	4.13	1.E+08	63%

표 19

[0139]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수	배양 가능 확률
27	26500	550	450	1500	3.98	9.E+07	68%
27	26000	550	450	1500	3.85	7.E+07	68%
27	27500	300	200	1000	4.01	7.E+07	68%
27	26500	550	450	1000	3.74	2.E+08	67%
27	26500	800	700	1500	4.17	1.E+08	67%
27	26000	300	200	1500	4.16	4.E+07	67%
27	25000	550	450	1000	4.18	2.E+08	66%
27	27000	800	700	1000	4.13	2.E+08	66%
27	25000	800	700	1500	4.13	1.E+08	66%
27	27500	550	450	1500	4.04	9.E+07	66%
27	25500	800	700	1000	3.91	6.E+07	66%
27	27000	300	200	1500	4.01	2.E+08	65%
27	27500	800	700	1500	4.41	7.E+07	65%
27	27000	300	200	1000	4.08	4.E+07	64%
27	27000	800	700	1500	3.99	6.E+07	63%
27	27000	550	450	1500	4	6.E+07	63%
27	26000	800	700	1000	4.2	6.E+07	63%
27	25500	550	450	1500	3.85	5.E+07	63%
27	25000	800	700	1000	4.12	1.E+08	62%
27	27500	300	200	1500	4.02	6.E+07	62%
27	27500	550	450	1000	3.97	2.E+08	61%
27	25500	300	200	1000	3.99	2.E+08	61%
27	25500	800	700	1500	4.18	2.E+08	60%
27	25000	300	200	1500	4.28	1.E+08	60%
27	25000	300	200	1000	3.92	3.E+07	60%
27	27500	800	700	1000	4.05	1.E+08	59%
27	26500	300	200	1000	3.93	1.E+08	59%
27	26000	300	200	1000	4.16	1.E+08	59%

27	26500	300	200	1500	4.53	1.E+08	59%
27	27000	550	450	1000	4.1	7.E+07	59%
27	26000	800	700	1500	3.96	6.E+07	59%
27	25500	300	200	1500	4.67	5.E+07	59%
27	26500	800	700	1000	4.07	4.E+08	58%
27	26000	550	450	1000	4.22	9.E+07	58%
27	25000	550	450	1500	4.09	6.E+07	58%
27	25500	550	450	1000	3.95	3.E+07	58%

표 20

[0140]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수	배양 가능 확률
24	25500	300	200	1500	3.93	6.E+07	63%
24	27500	550	450	1000	4.29	3.E+07	63%
24	26500	800	700	1000	3.74	1.E+08	62%
24	27000	550	450	1500	4	1.E+08	62%
24	26500	800	700	1500	3.76	2.E+08	61%
24	25000	300	200	1500	3.95	2.E+08	61%
24	25000	800	700	1500	4.15	9.E+07	61%
24	25500	550	450	1000	4.04	6.E+07	61%
24	27500	800	700	1500	4.01	1.E+08	60%
24	26500	550	450	1500	3.83	1.E+08	60%
24	26000	800	700	1500	4.31	3.E+08	59%
24	26000	300	200	1000	4.02	2.E+08	59%
24	27500	300	200	1500	3.98	7.E+07	59%
24	27000	550	450	1000	4.34	4.E+07	59%
24	27000	800	700	1000	3.76	2.E+08	58%
24	27500	800	700	1000	3.81	1.E+08	57%
24	27000	800	700	1500	3.88	1.E+08	57%
24	25000	800	700	1000	4.16	7.E+07	57%
24	27000	300	200	1000	4.16	4.E+07	57%
24	25500	800	700	1500	4.34	3.E+07	57%
24	25000	550	450	1500	3.84	7.E+07	56%
24	26500	550	450	1000	4.23	7.E+07	56%
24	26000	550	450	1500	3.83	2.E+08	55%
24	25500	800	700	1000	4.07	1.E+08	55%
24	27500	300	200	1000	3.84	1.E+08	55%
24	26000	300	200	1500	3.89	1.E+08	55%
24	27000	300	200	1500	3.73	1.E+08	55%
24	25500	550	450	1500	4.43	8.E+07	55%
24	26500	300	200	1500	4.21	8.E+07	54%
24	27500	550	450	1500	4.31	6.E+07	54%
24	25000	550	450	1000	4.15	9.E+07	53%
24	26000	800	700	1000	3.82	7.E+07	52%
24	25500	300	200	1000	3.77	1.E+08	51%
24	26500	300	200	1000	3.86	7.E+07	51%
24	25000	300	200	1000	4.17	6.E+07	51%
24	26000	550	450	1000	4.08	2.E+08	50%

표 21

[0141]

물 온도	당밀	영양제	식물엑기스	소금	pH 농도	셀 수	배양 가능 확률
21	27000	550	450	1000	4.01	7.E+07	65%
21	27500	550	450	1500	3.95	2.E+07	65%
21	25000	800	700	1500	3.99	5.E+07	64%
21	25000	550	450	1500	4.07	3.E+07	64%
21	27500	800	700	1000	3.98	6.E+07	62%

21	25000	800	700	1000	4.2	3.E+07	62%
21	25500	300	200	1500	4.02	3.E+07	60%
21	27500	800	700	1500	4.06	3.E+07	60%
21	26000	800	700	1500	3.92	2.E+07	59%
21	26500	800	700	1000	4.09	6.E+07	56%
21	25000	300	200	1000	4.2	4.E+07	56%
21	27000	800	700	1000	4.15	8.E+07	55%
21	27500	550	450	1000	4.17	7.E+07	55%
21	25500	800	700	1500	4.17	4.E+07	55%
21	25000	300	200	1500	4.32	3.E+07	55%
21	26000	300	200	1500	4.02	6.E+07	53%
21	26000	300	200	1000	3.99	2.E+07	53%
21	27500	300	200	1000	4.19	5.E+07	52%
21	25500	550	450	1000	4.03	6.E+07	50%
21	25500	800	700	1000	4.24	6.E+07	50%
21	26500	550	450	1000	4.15	1.E+07	49%
21	27000	300	200	1500	3.97	5.E+07	48%
21	25500	550	450	1500	4.06	3.E+07	48%
21	26500	300	200	1500	4.01	5.E+07	47%
21	27500	300	200	1500	4.08	4.E+07	47%
21	27000	300	200	1000	4.18	2.E+07	47%
21	26000	550	450	1000	4.03	3.E+07	46%
21	26500	550	450	1500	3.94	5.E+07	44%
21	26000	550	450	1500	4	3.E+07	44%
21	26500	300	200	1000	4.13	4.E+07	43%
21	26000	800	700	1000	4.13	1.E+08	42%
21	25000	550	450	1000	4.05	7.E+07	41%
21	26500	800	700	1500	4.18	6.E+07	41%
21	25500	300	200	1000	4.24	4.E+07	41%
21	27000	800	700	1500	4.15	9.E+07	40%
21	27000	550	450	1500	4.22	6.E+07	40%

[0142] 실험 환경에 대해 설명하면 다음과 같다.

[0143] 본 발명의 학습에 사용된 운영체제 및 하드웨어는 Windows 10 Education 64비트 운영체제를 기반으로 Intel(R) Core(TM) i7-10700K 3.80GHz CPU, RAM 16GB, NVIDIA GeForce RTX 3070 (V-RAM 16GB) GPU로 구성되어 있다. 개발도구는 VS Code를 사용하였다.

[0144] 본 발명에서 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 구조 개발의 성능 평가를 위한 실험 절차는 도 38과 같다. 임의의 실험 샘플 5개를 선정하여 샘플의 조건에 따라 배양을 진행한다. 배양이 완료된 후, 배양액의 pH 농도와 고농도 복합 미생물의 셀 수를 측정하여 목표로 하는 최적의 고농도 복합 미생물을 배양하기 위한 조건(pH 3.8 이하, 고농도 복합 미생물의 셀 수 10^8 이상)을 만족하는지 관찰한다.

[0145] 실험 결과를 설명하면 다음과 같다.

[0146] 제안한 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 구조의 성능을 평가하기 위하여 식품연구개발 지원센터에서 pH 농도, 고농도 복합 미생물의 셀 수 등의 테스트를 수행하였다. 1개의 배양탱크에서 샘플을 채취한 뒤, 표준 pH 측정기로 측정하여 배양탱크에 설치되어 있는 pH 미터기와 차이가 있는지 확인하여 pH 농도가 3.8 이하인지 측정하여 외부시험기관 시험성적서를 발급받았다. 1개의 배양탱크에서 샘플을 채취한 뒤, 현미경으로 셀 수를 카운트 한 후에 희석 배율을 곱하여 측정하여 미생물의 셀 수가 10^8 이상인지 측정하여 외부시험기관 성적서를 발급받았다. 보급형 고농도 복합 미생물 배양기에서 다음 5개의 조건으로 배양하여 샘플을 채취하여 진행하였다.

[0147] ① sample A (물온도 39° C / 당밀 25kg / 영양제 300g / 식물엑기스 200g / 소금 1kg)

[0148] 도 39는 sample A의 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 나타낸 것이고, 도 40은 임의로 선택한 값 GUI에서 배

양 실험을 진행한 것을 나타낸 도면이다.

② sample B (물온도 39° C / 당밀 27.5kg / 영양제 550g / 식물엑기스 450g / 소금 1.5kg)

도 41은 sample B의 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 나타낸 것이고, 도 42은 임의로 선택한 값 GUI에서 배양 실험을 진행한 것을 나타낸 도면이다.

③ sample C (물온도 36° C / 당밀 25kg / 영양제 300g / 식물엑기스 200g / 소금 1kg)

도 43은 sample C의 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 나타낸 것이고, 도 44는 임의로 선택한 값 GUI에서 배양 실험을 진행한 것을 나타낸 도면이다.

④ sample D (물온도 36° C / 당밀 26kg / 영양제 300g / 식물엑기스 200g / 소금 1kg)

도 45는 sample D의 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 나타낸 것이고, 도 46은 임의로 선택한 값 GUI에서 배양 실험을 진행한 것을 나타낸 도면이다.

⑤ sample E (물온도 33° C / 당밀 26.5kg / 영양제 300g / 식물엑기스 200g / 소금 1.5kg)

도 47은 sample E의 고농도 복합 미생물 데이터베이스를 나타낸 것이고, 도 48은 임의로 선택한 값 GUI에서 배양 실험을 진행한 것을 나타낸 도면이다.

도 49 내지 도 53는 발급받은 샘플별 시험결과서를 나타낸다.

도 49는 Sample A에 대한 시험 결과서이다. 도 50은 Sample B에 대한 시험 결과서이다. 도 51는 Sample C에 대한 시험 결과서이다. 도 52는 Sample D에 대한 시험 결과서이다. 도 53은 Sample E에 대한 시험 결과서이다.

표22는 샘플별 pH 농도와 고농도 복합 미생물의 셀 수 결과를 나타낸 것이다.

표 22에서 나타난 바와 같이 5종류의 샘플들에 대해 평균 pH 농도가 3.7, 평균 고농도 복합 미생물의 셀 수가 1.7×10^8 로 산출되어, 본 발명에서 제안한 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 구조가 최적의 고농도 복합 미생물 배양을 위한 최적의 조건을 찾는데 원활히 동작하는 것으로 판별되었다.

표 22

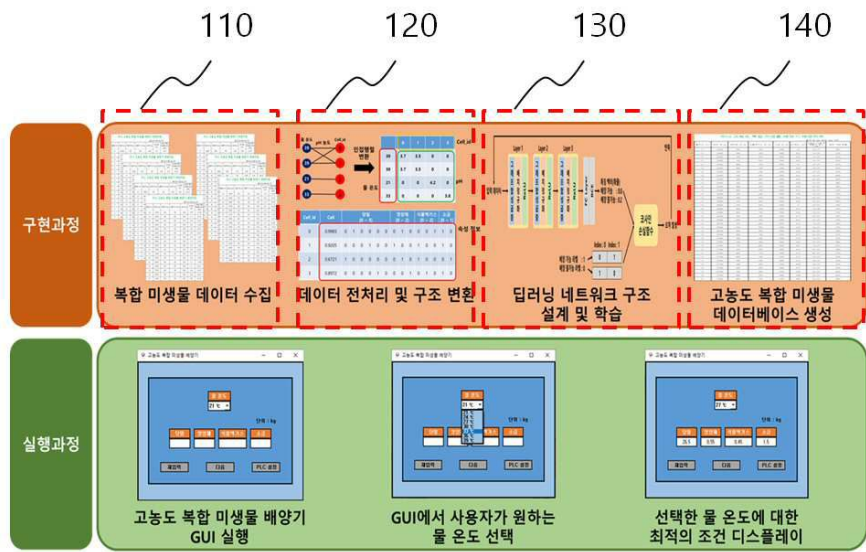
제품명	물 온도 (°C)	당밀 (kg)	영양제 (g)	식물 엑기스 (g)	소금 (kg)	pH 농도	고농도 복합 미생물의 셀 수
sample A	39	25	300	200	1	3.7	1.7×10^8
sample B	39	27.5	550	450	1.5	3.7	2.0×10^8
sample C	36	25	300	200	1	3.7	1.9×10^8
sample D	36	26	300	200	1	3.7	1.1×10^7
sample E	33	26.5	300	200	1.5	3.7	2.0×10^8
평균						3.7	1.7×10^8

도 54는 본 발명의 일 실시예에 따른 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템을 이용한 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 54에 도시된 바와 같이, 딥러닝 예측 결과 정보를 적용하는 보급형 고농도 복합 미생물 배양기를 위한 딥러닝 시스템(이하, 시스템이라 함)을 이용한 방법은 (a) 시스템이 미니 미생물 배양기로 배양한 배양액에 대한 pH 농도와 고농도 복합 미생물의 셀 수를 기록한 데이터를 수집하는 단계, (b)시스템이 수집한 미생물 데이터의 수치가 저장된 데이터들을 0과 1 사이의 값들로 변환하고, 변환된 데이터는 물온도와 고농도 복합 미생물의 셀수에 대한 cell_id를 1:1로 매칭하여 두 항목의 관계를 pH농도로 나타내는 그래프 구조로 변환하는 단계, (c)시스템이 그래프 합성곱 층과 완전 연결 층을 사용하여 딥러닝 네트워크를 학습하는 단계 및 (d)시스템이 학습된 딥러닝 네트워크를 통해 고농도 복합 미생물을 배양하기 위한 데이터베이스를 구축하는 단계를 포함한다.

도면

도면1



도면2



도면3



도면4



도면5



도면6



도면7



도면8



도면9



도면10



도면11



도면12



도면13



도면14



도면15



도면16

Cell_id	Cell	당밀	영양제	식물 엑기스	소금	
0	1.5E+08	550	16	14	20	→ 설정한 목표 도달
1	3.6E+08	540	11	9	30	
2	2.7E+07	540	9	4	10	→ 설정한 목표 실패
3	2.9E+08	550	11	9	30	

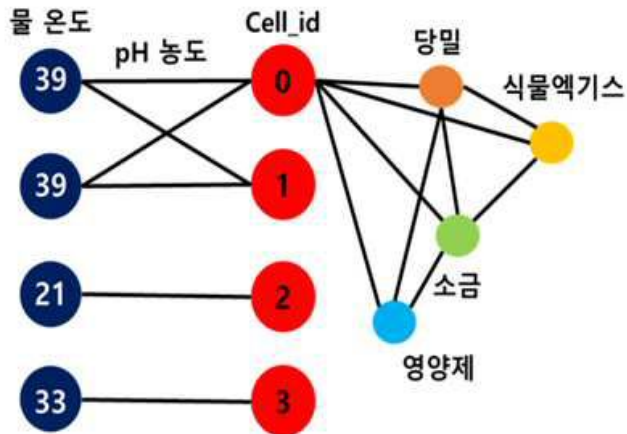
도면17

Water	Cell_id	pH	Label	
39	0	3.7	1	→ 설정한 목표 도달
39	1	3.5	1	
21	2	4.2	0	→ 설정한 목표 실패
33	3	3.8	1	

도면18

water	Cell_id	pH	Label	Cell_id	Cell	당밀 [0 ~ 5]	영양제 [0 ~ 2]	식물엑기스 [0 ~ 2]	소금 [0 ~ 1]
39	0	3.7	1	0	0.9965	0 1 0 0 0 0	0 1 0	0 0 1	1 0
39	1	3.5	1	1	0.9205	0 0 0 1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0
21	2	4.2	0	2	0.6721	1 0 0 0 0 0	0 1 0	1 0 0	0 1
33	3	3.8	1	3	0.8972	0 0 0 0 1 0	0 0 1	0 1 0	1 0

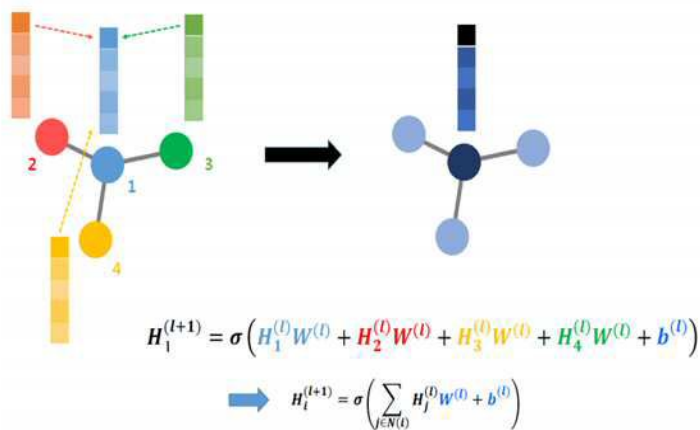
도면19



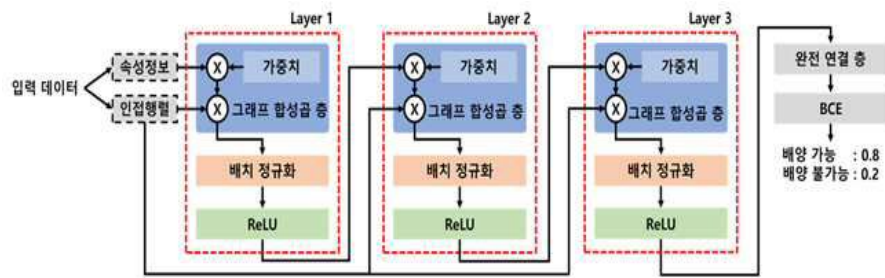
도면20



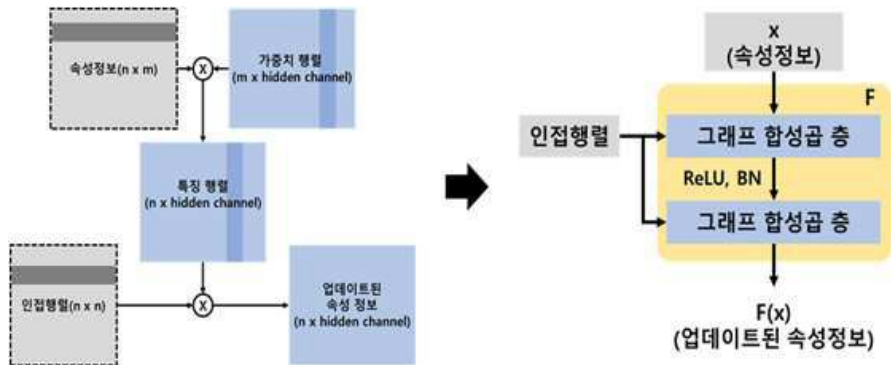
도면21



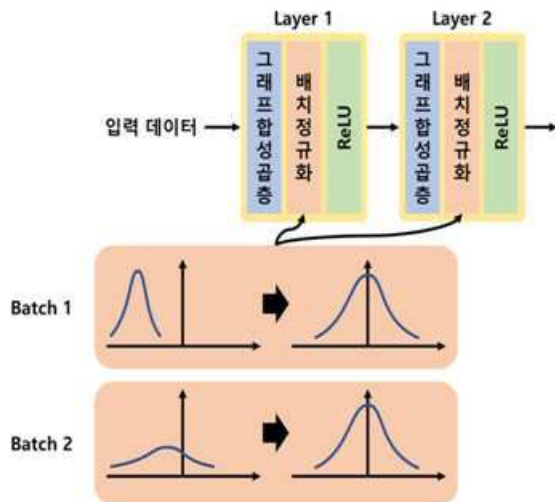
도면22



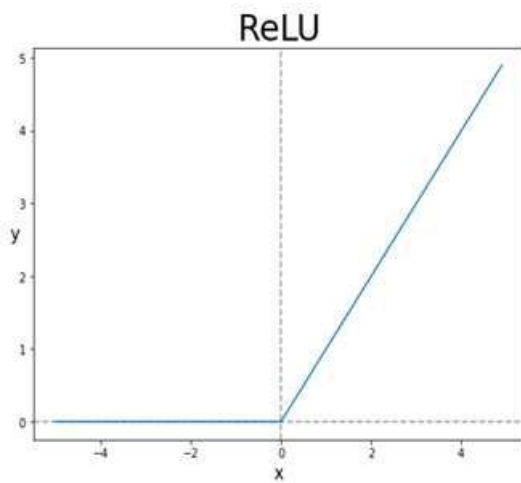
도면23



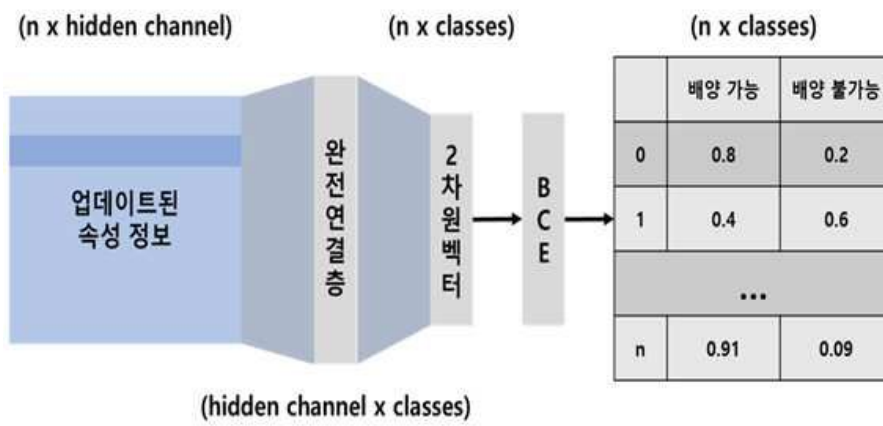
도면24



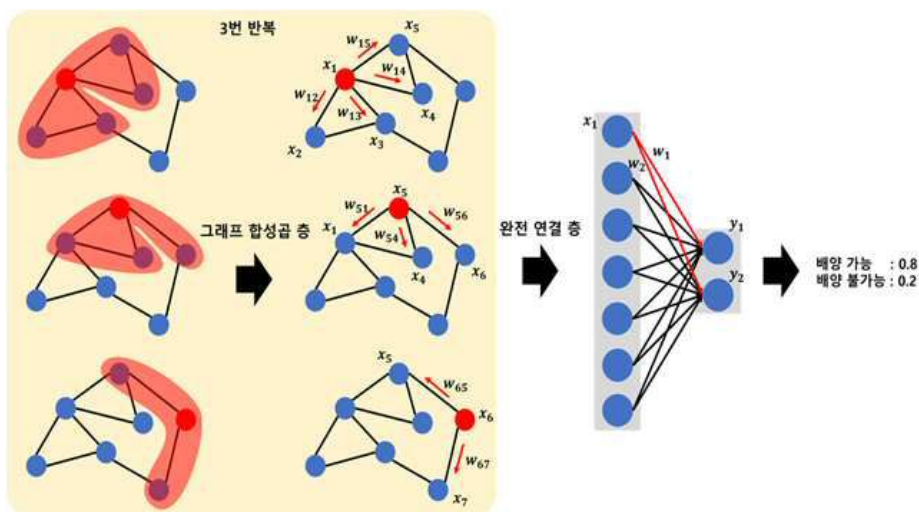
도면25



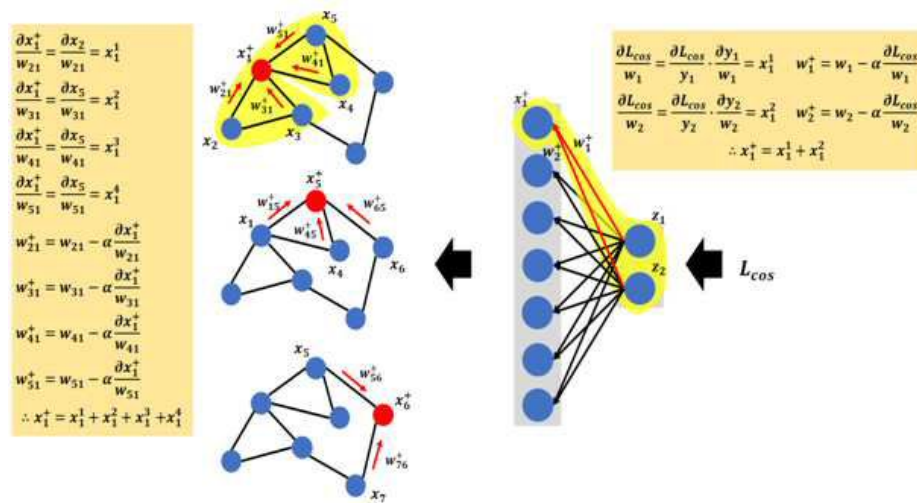
도면26



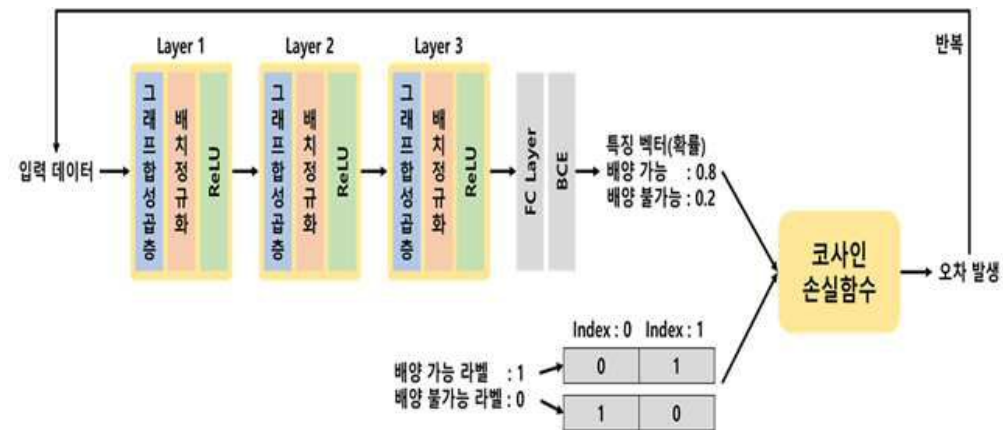
도면27



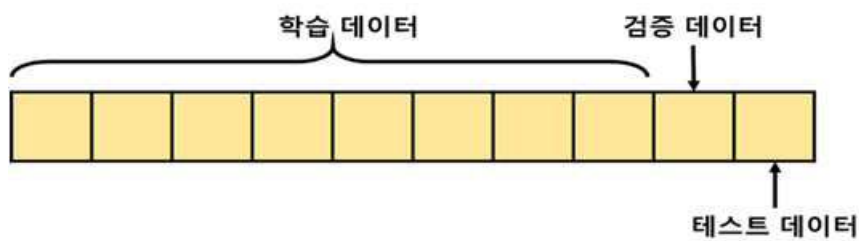
도면28



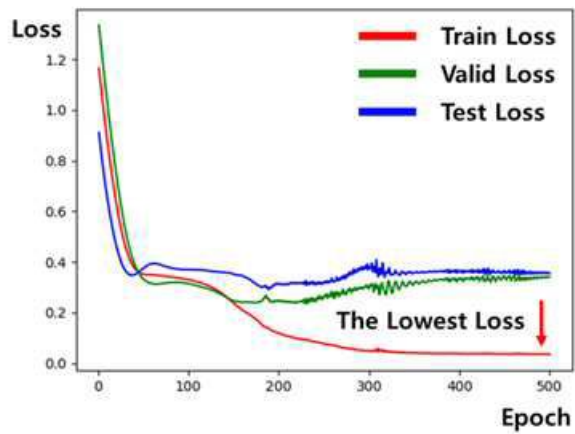
도면 29



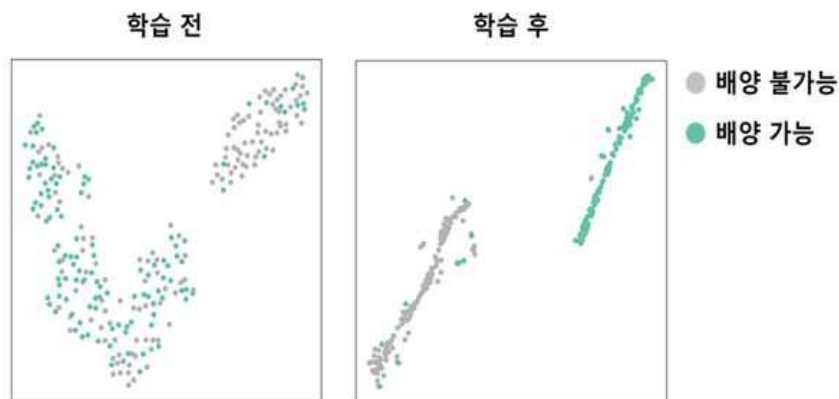
도면 30



도면31



도면32



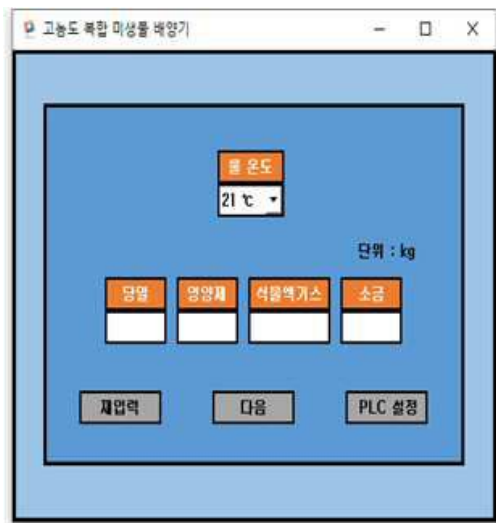
도면33

water	Cell	pH	당밀	영양제	식물 엑기스	소금	배양 가능 확률
39	1.5E+08	3.7	550	16	11	20	89%
39	3.6E+08	3.5	540	11	9	30	92%
21	2.7E+07	4.2	540	9	4	10	47%
33	2.9E+08	3.8	550	11	9	30	82%

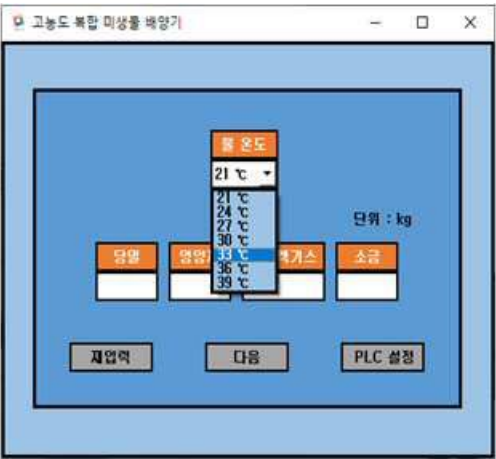
도면34

미니 그라운드 복합 미성을 배양기 배양자료									
종류 당 20g, 종양 20g 기준									
종류 No	일당 양 (g)	일당 양 (g)	식물체기스 양 (g)	수분 양 (g)	pH 농도 (g/ml)	고농도 복합 미성양분 농도 (g/ml)	식물체기스 양 (g)	수분 양 (g)	고농도 복합 미성양분 농도 (g/ml)
21	2700	350	450	1000	4.01	7.6-07			
21	2715								
21	2730								
미니 그라운드 복합 미성을 배양기 배양자료									
종류 당 20g, 종양 20g 기준									
종류 No	일당 양 (g)	일당 양 (g)	식물체기스 양 (g)	수분 양 (g)	pH 농도 (g/ml)	고농도 복합 미성양분 농도 (g/ml)	식물체기스 양 (g)	수분 양 (g)	고농도 복합 미성양분 농도 (g/ml)
21	2745	24	2530	800	3.99	8.1-07			
21	2760								
21	2775	24	2775						
21	2790	24	2815						
미니 그라운드 복합 미성을 배양기 배양자료									
종류 당 20g, 종양 20g 기준									
종류 No	일당 양 (g)	일당 양 (g)	식물체기스 양 (g)	수분 양 (g)	pH 농도 (g/ml)	고농도 복합 미성양분 농도 (g/ml)	식물체기스 양 (g)	수분 양 (g)	고농도 복합 미성양분 농도 (g/ml)
21	2805	24	2775						
21	2820	24	2805						
21	2835	24	2835						
21	2850	24	2850						
21	2865	24	2865						
21	2880	24	2880						
21	2895	24	2895						
21	2910	24	2910						
21	2925	24	2925						
21	2940	24	2940						
21	2955	24	2955						
21	2970	24	2970						
21	2985	24	2985						
21	3000	24	3000						
21	3015	24	3015						
21	3030	24	3030						
21	3045	24	3045						
21	3060	24	3060						
21	3075	24	3075						
21	3090	24	3090						
21	3105	24	3105						
21	3120	24	3120						
21	3135	24	3135						
21	3150	24	3150						
21	3165	24	3165						
21	3180	24	3180						
21	3195	24	3195						
21	3210	24	3210						
21	3225	24	3225						
21	3240	24	3240						
21	3255	24	3255						
21	3270	24	3270						
21	3285	24	3285						
21	3300	24	3300						
21	3315	24	3315						
21	3330	24	3330						
21	3345	24	3345						
21	3360	24	3360						
21	3375	24	3375						
21	3390	24	3390						
21	3405	24	3405						
21	3420	24	3420						
21	3435	24	3435						
21	3450	24	3450						
21	3465	24	3465						
21	3480	24	3480						
21	3495	24	3495						
21	3510	24	3510						
21	3525	24	3525						
21	3540	24	3540						
21	3555	24	3555						
21	3570	24	3570						
21	3585	24	3585						
21	3600	24	3600						
21	3615	24	3615						
21	3630	24	3630						
21	3645	24	3645						
21	3660	24	3660						
21	3675	24	3675						
21	3690	24	3690						
21	3705	24	3705						
21	3720	24	3720						
21	3735	24	3735						
21	3750	24	3750						
21	3765	24	3765						
21	3780	24	3780						
21	3795	24	3795						
21	3810	24	3810						
21	3825	24	3825						
21	3840	24	3840						
21	3855	24	3855						
21	3870	24	3870						
21	3885	24	3885						
21	3900	24	3900						
21	3915	24	3915						
21	3930	24	3930						
21	3945	24	3945						
21	3960	24	3960						
21	3975	24	3975						
21	3990	24	3990						
21	4005	24	4005						
21	4020	24	4020						
21	4035	24	4035						
21	4050	24	4050						
21	4065	24	4065						
21	4080	24	4080						
21	4095	24	4095						
21	4110	24	4110						
21	4125	24	4125						
21	4140	24	4140						
21	4155	24	4155						
21	4170	24	4170						
21	4185	24	4185						
21	4200	24	4200						
21	4215	24	4215						
21	4230	24	4230						
21	4245	24	4245						
21	4260	24	4260						
21	4275	24	4275						
21	4290	24	4290						
21	4305	24	4305						
21	4320	24	4320						
21	4335	24	4335						
21	4350	24	4350						
21	4365	24	4365						
21	4380	24	4380						
21	4395	24	4395						
21	4410	24	4410						
21	4425	24	4425						
21	4440	24	4440						
21	4455	24	4455						
21	4470	24	4470						
21	4485	24	4485						
21	4500	24	4500						
21	4515	24	4515						
21	4530	24	4530						
21	4545	24	4545						
21	4560	24	4560						
21	4575	24	4575						
21	4590	24	4590						
21	4605	24	4605						
21	4620	24	4620						
21	4635	24	4635						
21	4650	24	4650						
21	4665	24	4665						
21	4680	24	4680						
21	4695	24	4695						
21	4710	24	4710						
21	4725	24	4725						
21	4740	24	4740						
21	4755	24	4755						
21	4770	24	4770						
21	4785	24	4785						
21	4800	24	4800						
21	4815	24	4815						
21	4830	24	4830						
21	4845	24	4845						
21	4860	24	4860						
21	4875	24	4875						
21	4890	24	4890						
21	4905	24	4905						
21	4920	24	4920						
21	4935	24	4935						
21	4950	24	4950						
21	4965	24	4965						
21	4980	24	4980						
21	4995	24	4995						
21	5010	24	5010						
21	5025	24	5025						
21	5040	24	5040						
21	5055	24	5055						
21	5070	24	5070						
21	5085	24	5085						
21	5100	24	5100						
21	5115	24	5115						
21	5130	24	5130						
21	5145	24	5145						
21	5160	24	5160						
21	5175	24	5175						
21	5190	24	5190						
21	5205	24	5205						
21	5220	24	5220						
21	5235	24	5235						
21	5250	24	5250						
21	5265	24	5265						
21	5280	24	5280						
21	5295	24	5295						
21	5310	24	5310						
21	5325	24	5325						
21	5340	24	5340						
21	5355	24	5355						
21	5370	24	5370						
21	5385	24	5385						
21	5400	24	5400						
21	5415	24	5415						
21	5430	24	5430						
21	5445	24	5445						

도면35



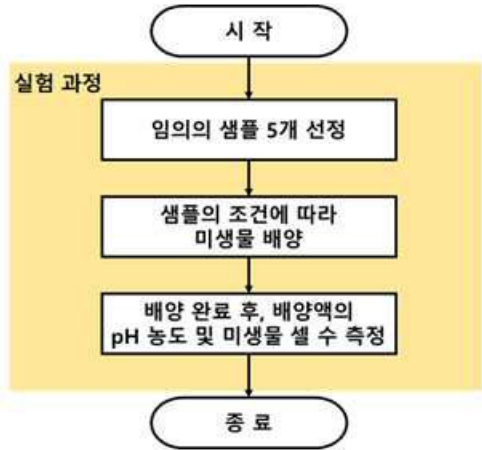
도면36



도면37



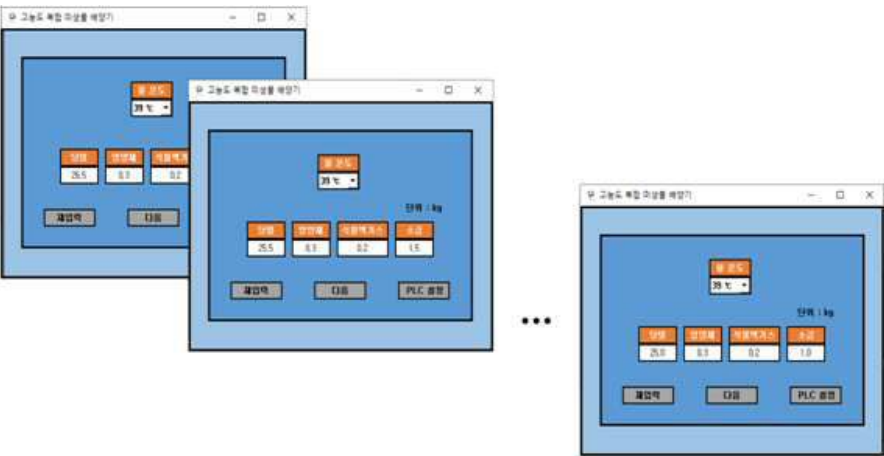
도면38



도면39

물온도 (°C)	당원 양 (g)	영양제 양 (g)	식물엑기스 양 (g)	수분 양 (g)	pH 농도 (pH)	과농도 측정 미생물의 생 존 (cfu/g)
39	26500	300	200	1500	3.75	5E+08
39	25500	300	200	1500	3.65	3E+08
39	26000	800	700	1500	3.13	8E+08
39	27500	300	200	1000	3.01	5E+08
39	27000	550	450	1000	3.6	7E+08
39	27500	800	700	1500	3.84	2E+08
39	26000	800	700	1000	3.37	4E+07
39	25000	550	450	1000	3.37	5E+08
39	25000	300	200	1500	3.66	1E+09
39	27500	300	200	1500	3.11	7E+08
39	27000	300	200	1000	3.65	4E+08
39	27500	550	450	1000	3.18	5E+08
39	26500	550	450	1000	3.3	8E+07
39	26000	550	450	1000	3.72	2E+09
39	27000	300	200	1500	3.84	2E+09
39	26500	800	700	1000	3.29	8E+08
39	26000	550	450	1500	3.6	2E+09
39	26000	300	200	1500	3.64	4E+08
39	25000	550	450	1500	2.89	3E+08
39	27000	800	700	1500	3.36	5E+07
39	25000	800	700	1500	3.51	3E+09
39	27500	800	700	1000	3.52	3E+09
39	25500	800	700	1500	3.83	5E+08
39	25500	550	450	1500	3.55	5E+08
39	26500	300	200	1000	3.69	1E+09
39	26000	300	200	1000	3.4	1E+09
39	25500	550	450	1000	3.62	5E+08
39	25500	300	200	1000	3.37	4E+08
39	25000	800	700	1000	3.84	4E+09
39	26500	550	450	1500	3.56	9E+08
39	27000	800	700	1000	3.26	3E+08
39	27000	550	450	1500	3.43	2E+08
39	27500	550	450	1500	3.21	9E+08
39	25500	800	700	1000	3.28	5E+08
39	25000	300	200	1000	3.42	8E+08
39	26500	800	700	1500	3.65	3E+09

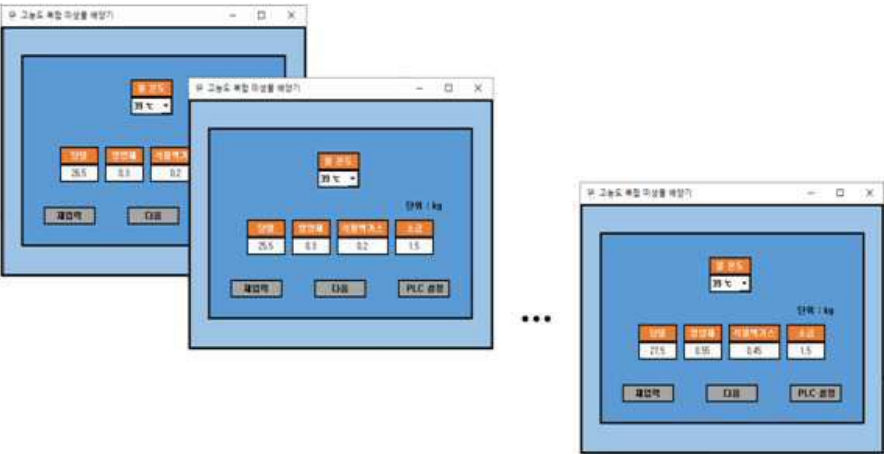
도면40



도면41

물온도 (°C)	당알 양 (g)	영양채 양 (g)	식물엑기스 양 (g)	소금 양 (g)	pH 농도 (pH)	고농도 복합 미생물 배양기 (cm ³)
39	26500	300	200	1500	3.75	5.2E+08
39	25500	300	200	1500	3.65	3.2E+09
39	26000	800	700	1500	3.13	8.2E+08
39	27500	300	200	1000	3.01	5.2E+08
39	27000	550	450	1000	3.6	7.2E+08
39	27500	800	700	1500	3.84	2.2E+08
39	26000	800	700	1000	3.37	4.2E+07
39	25000	550	450	1000	3.37	5.2E+08
39	25000	300	200	1500	3.66	1.2E+09
39	27500	300	200	1500	3.11	7.2E+08
39	27000	300	200	1000	3.65	4.2E+08
39	27500	550	450	1000	3.18	5.2E+08
39	26500	550	450	1000	3.3	8.2E+07
39	26000	550	450	1000	3.72	2.2E+09
39	27000	300	200	1500	3.84	2.2E+09
39	26500	800	700	1000	3.29	8.2E+08
39	26000	550	450	1500	3.6	2.2E+09
39	26000	300	200	1500	3.64	4.2E+08
39	25000	550	450	1500	2.89	3.2E+08
39	27000	800	700	1500	3.36	5.2E+07
39	25000	800	700	1500	3.51	3.2E+09
39	27500	800	700	1000	3.52	3.2E+09
39	25500	800	700	1500	3.83	5.2E+08
39	25500	550	450	1500	3.55	5.2E+08
39	26500	300	200	1000	3.69	1.2E+09
39	26000	300	200	1000	3.4	1.2E+09
39	25500	550	450	1000	3.62	5.2E+08
39	25500	300	200	1000	3.37	4.2E+08
39	25000	800	700	1000	3.84	4.2E+09
39	26500	550	450	1500	3.56	9.2E+08
39	27000	800	700	1000	3.26	3.2E+08
39	27000	550	450	1500	3.43	2.2E+08
39	27500	550	450	1500	3.21	9.2E+08
39	25500	800	700	1000	3.28	5.2E+08
39	25000	300	200	1000	3.42	8.2E+08
39	26500	800	700	1500	3.65	3.2E+09

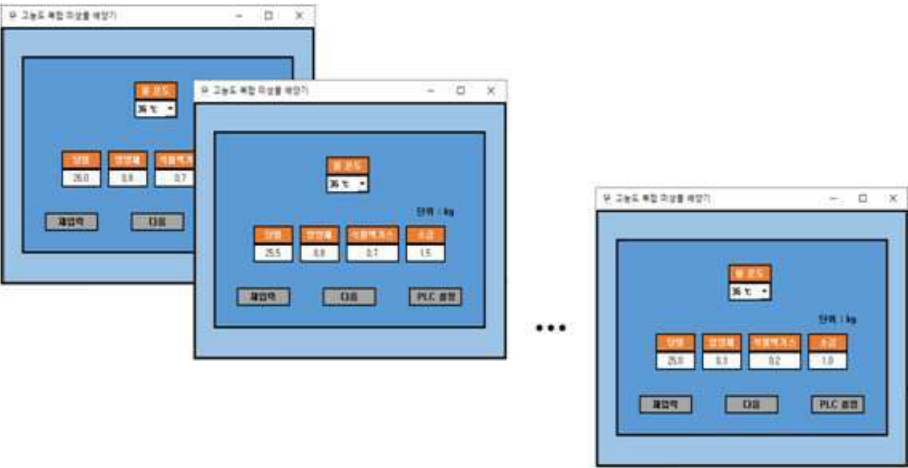
도면42



도면43

물온도 (°C)	당원 양 (g)	영양제 양 (g)	식물엑기스 양 (g)	추출액 양 (g)	pH 농도 (pH)	고농도 복합 미생물의 분 수 (cfu/ml)
36	26000	800	700	1000	3.99	1E+10
36	25500	800	700	1500	3.62	8E+07
36	25500	800	700	1000	3.45	4E+08
36	26500	800	700	1500	3.71	3E+08
36	25000	550	450	1500	3.75	3E+08
36	26500	300	200	1000	3.43	2E+08
36	27500	800	700	1000	3.46	2E+08
36	25000	550	450	1000	3.55	4E+08
36	27000	300	200	1500	3.62	2E+08
36	25000	300	200	1000	3.3	8E+09
36	26500	300	200	1500	3.48	1E+09
36	27500	550	450	1500	3.53	3E+08
36	26500	550	450	1000	3.39	3E+08
36	27000	550	450	1000	3.29	2E+08
36	25000	300	200	1500	3.4	1E+08
36	25500	550	450	1000	3.68	5E+07
36	27000	800	700	1500	3.32	1E+08
36	25500	550	450	1500	3.78	3E+08
36	27500	300	200	1500	3.5	1E+10
36	27500	300	200	1000	3.51	3E+08
36	27000	550	450	1500	3.49	7E+09
36	26000	550	450	1000	3.67	7E+09
36	25500	300	200	1500	3.71	2E+08
36	27500	550	450	1000	3.75	1E+08
36	26000	300	200	1500	3.5	5E+07
36	26000	300	200	1000	3.37	6E+09
36	25000	800	700	1000	3.71	1E+10
36	26500	800	700	1000	3.36	8E+09
36	27000	800	700	1000	3.54	4E+10
36	27500	800	700	1500	3.55	5E+09
36	26000	800	700	1500	3.54	1E+08
36	26000	550	450	1500	3.7	2E+10
36	26500	550	450	1500	3.35	4E+09
36	25500	300	200	1000	3.54	2E+08
36	27000	300	200	1000	3.49	2E+08
36	25000	800	700	1500	3.43	8E+07

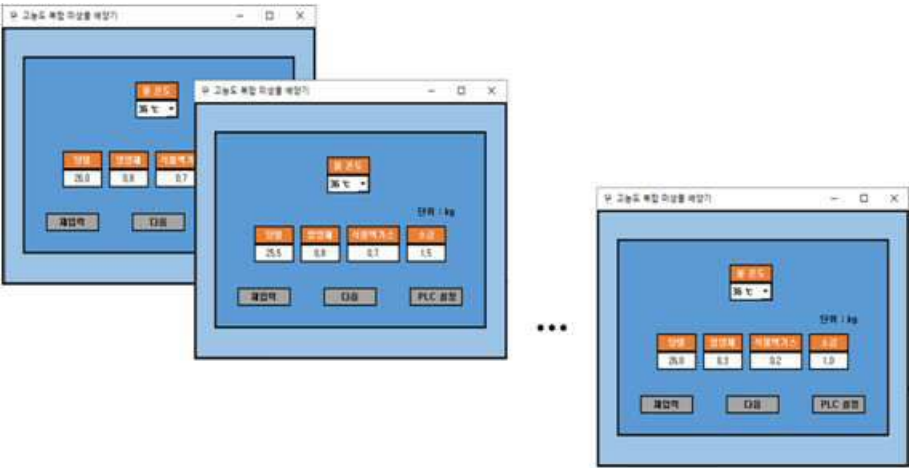
도면44



도면45

용온도 (°C)	당원 양 (g)	영양제 양 (g)	식물엑기스 양 (g)	소금 양 (g)	pH 농도 (pH)	고농도 복합 미생물비 배 수 (or 배)
36	26000	800	700	1000	3.99	1E+10
36	25500	800	700	1500	3.62	8E+07
36	25500	800	700	1000	3.45	4E+08
36	26500	800	700	1500	3.71	3E+08
36	25000	550	450	1500	3.75	3E+08
36	26500	300	200	1000	3.43	2E+08
36	27500	800	700	1000	3.46	2E+08
36	25000	550	450	1000	3.55	4E+08
36	27000	300	200	1500	3.62	2E+08
36	25000	300	200	1000	3.3	8E+09
36	26500	300	200	1500	3.48	1E+09
36	27500	550	450	1500	3.53	3E+08
36	26500	550	450	1000	3.39	3E+08
36	27000	550	450	1000	3.29	2E+08
36	25000	300	200	1500	3.4	1E+08
36	25500	550	450	1000	3.68	5E+07
36	27000	800	700	1500	3.32	1E+08
36	25500	550	450	1500	3.78	3E+08
36	27500	300	200	1500	3.5	1E+10
36	27500	300	200	1000	3.51	3E+08
36	27000	550	450	1500	3.49	7E+09
36	26000	550	450	1000	3.67	7E+09
36	25500	300	200	1500	3.71	2E+08
36	27500	550	450	1000	3.75	1E+08
36	26000	300	200	1500	3.5	5E+07
36	26000	300	200	1000	3.37	6E+09
36	25000	800	700	1000	3.71	1E+10
36	26500	800	700	1000	3.36	8E+09
36	27000	800	700	1000	3.54	4E+10
36	27500	800	700	1500	3.55	5E+09
36	26000	800	700	1500	3.54	1E+08
36	26000	550	450	1500	3.7	2E+10
36	26500	550	450	1500	3.35	4E+09
36	25500	300	200	1000	3.54	2E+08
36	27000	300	200	1000	3.49	2E+08
36	25000	800	700	1500	3.43	8E+07

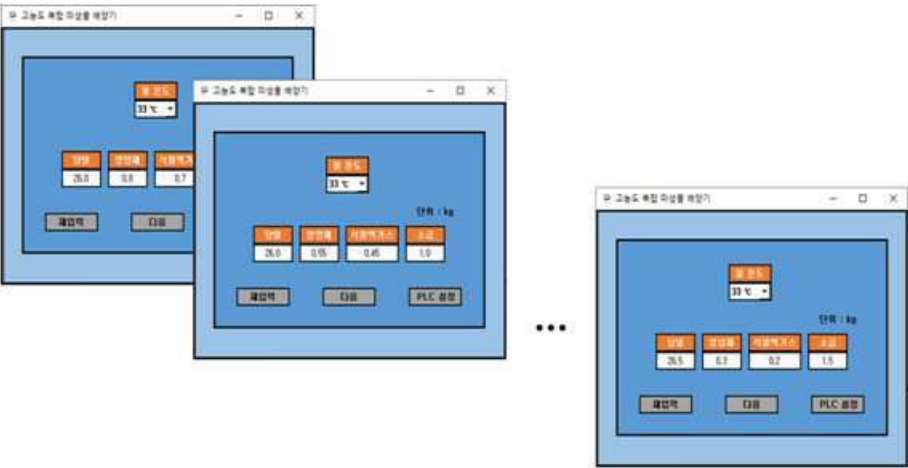
도면46



도면47

물온도 (°C)	당밀 양 (g)	염양제 양 (g)	식물엑기스 양 (g)	소금 양 (g)	pH 농도 (pH)	고농도 액상 배양물의 점도 (cP@80)
33	26000	800	700	1000	3.69	4.2E+07
33	26000	550	450	1000	3.96	2.2E+08
33	26000	550	450	1500	3.68	3.2E+08
33	27000	550	450	1500	3.78	1.2E+08
33	27500	300	200	1000	3.74	1.2E+08
33	26500	800	700	1000	3.94	7.2E+06
33	26500	300	200	1000	3.83	1.2E+08
33	27000	300	200	1000	3.6	1.2E+08
33	25500	550	450	1000	4.19	8.2E+07
33	27500	800	700	1000	3.98	7.2E+07
33	26500	300	200	1500	3.51	6.2E+09
33	26500	800	700	1500	4.05	9.2E+07
33	25500	800	700	1000	3.83	3.2E+08
33	26000	800	700	1500	4.58	1.2E+08
33	26500	550	450	1000	3.9	2.2E+08
33	25000	550	450	1500	4.11	1.2E+08
33	27500	550	450	1500	4.02	1.2E+08
33	27000	300	200	1500	3.51	4.2E+08
33	25500	800	700	1500	3.91	1.2E+08
33	25000	300	200	1000	3.72	4.2E+08
33	27500	300	200	1500	3.88	2.2E+08
33	27500	800	700	1500	3.51	2.2E+08
33	27500	550	450	1000	3.76	2.2E+08
33	27000	800	700	1500	3.64	1.2E+08
33	26000	300	200	1500	3.64	1.2E+08
33	25000	800	700	1000	3.91	1.2E+08
33	26000	300	200	1000	3.96	1.2E+08
33	25000	300	200	1500	3.95	2.2E+08
33	25500	300	200	1000	3.67	2.2E+08
33	25000	550	450	1000	3.75	4.2E+08
33	27000	550	450	1000	3.88	3.2E+08
33	25500	550	450	1500	3.63	2.2E+08
33	27000	800	700	1000	3.65	1.2E+08
33	26500	550	450	1500	3.59	7.2E+07
33	25000	800	700	1500	4.34	7.2E+07
33	25500	300	200	1500	4.01	5.2E+07

도면48



도면49



서울교육대학교
식품연구개발지원센터

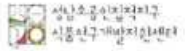


성남산업진흥원

시험결과서

발행번호	-	접수번호	-		
분석완료일	2022. 12. 15	접수연월일	2022. 12. 9		
제품명	sample A				
식품유형	유산균	제조일자/유통기한	- / -		
의뢰자	대표자	이원복	업체명	비전테크	
	소재지	대전광역시 유성구 테크노2로 187, 8동 118호			
시험목적	정부과제 제출용 시험				
시험항목 및 결과					
번호	시험항목	제품명	시험법위	시험결과	단위
1	유산균수	sample A	청량	170,000,000	CFU/ml
※ VITEK을 이용한 미생물 동정결과, <i>Lactobacillus plantarum</i> 으로 확인됨. (99% Probability) 배양조건: 물온도 39 °C / 당밀 25 kg / 영양제 300 g / 식물엑기스 200 g / 소금 1 kg / pH 3.7					
시험연구원 : 박은선, 조은지		시험책임자 : 유수연 			
※ 본 성적은 의뢰된 시험항목을 대상으로 한 것입니다. ※ 본 결과서는 참고용 결과서입니다. 시험결과에 시험여외의 상품선전 및 상업적 용도나 법적 책임의 해탈의 용도로 사용할 수 없습니다. ※ 시험결과는 의뢰자 및 식품연구개발지원센터 상호간에 어떠한 법적책임을 제기할 수 없습니다.					
2022. 12. 16					
성남소공인집적지구 식품연구개발지원센터장  (인)					
경기도 성남시 중원구 둔촌대로 457번길 8, 301호 (성남산업단지관리공단) TEL : 031.750.2891~2 FAX : 031.750.2873					

도면50

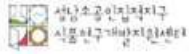


성남산업진흥원

시험결과서

발행번호		-		접수번호		-	
분석완료일		2022. 12. 15		접수연월일		2022. 12. 9	
재 품 명		sample #					
식품유형		유산균		제조일자/유통기한		- / -	
의뢰자	대 표 자	이원복		업 체 명		비전테크	
	소 재 지	대전광역시 유성구 테크노2로 187, 8동 118호					
시험목적		정부과제 제출용 시험					
시험항목 및 결과							
번호	시험항목	제출명	시험법위	시험결과	단위		
1	유산균수	sample #	정량	200,000,000	CFU/ml		
※ VITEK을 이용한 미생물 동정결과, <i>Lactobacillus plantarum</i> 으로 확인됨. (97% Probability) 변수조건: 물온도 39 °C / 당밀 275 kg / 영양제 550 g / 식물엑기스 450 g / 소금 15 kg / pH 3.7							
시험연구원 : 박은선, 조은지			시험책임자 : 유수연				
※ 본 성적은 의뢰된 시험항목만을 대상으로 한 것입니다. ※ 본 결과서는 참고용 결과서입니다. 시험결과에 시험여외의 상품선전 및 상업적 용도나 법적연 해결의 용도로 사용할 수 없습니다. ※ 시험결과는 의뢰자 및 식품연구개발지원센터 상호간에 어떠한 법적책임을 제기할 수 없습니다.							
2022. 12. 16							
성남소공인집적지구 식품연구개발지원센터장 (인)							
경기도 성남시 중원구 둔촌대로 457번길 8, 301호 (성남산업단지관리공단) TEL : 031.750.2891-2 FAX : 031.750.2873							

도면51

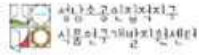


성남산업진흥원

시험결과서

발행번호	-	접수번호	-		
분석완료일	2022. 12. 15	접수연월일	2022. 12. 9		
재 품 명	sample C				
식품유형	유산균	제조일자/유통기한	- / -		
의뢰자	대 표 자	업 제 명	비전테크		
	소 재 지	대전광역시 유성구 테크노2로 187, 8동 118호			
시험목적	정부과제 제출용 시험				
시험항목 및 결과					
번호	시험항목	제품명	시험법위	시험결과	단위
1	유산균수	sample C	정량	190,000,000	CFU/ml
※ VITEK을 이용한 미생물 동정결과, <i>Lactobacillus plantarum</i> 으로 확인됨. (99% Probability) 배양조건: 물온도 36 °C / 당밀 25 kg / 영양제 300 g / 식물엑기스 200 g / 소금 1 kg / pH 3.7					
시험연구원 : 박은선, 조은지		시험책임자 : 유수연 (인)			
※ 본 성적은 의뢰한 시험항목을 대상으로 한 것입니다. ※ 본 결과서는 참고용 결과서입니다. 시험결과에 상품선전 및 상업적 용도나 법적인 해결의 용도로 사용할 수 없습니다. ※ 시험결과에 의뢰자 및 식품연구개발지원센터 상호간에 어떠한 법적책임을 제기할 수 없습니다.					
2022. 12. 16					
성남소공인집적지구 식품연구개발지원센터장 (인)					
경기도 성남시 중원구 둔촌대로 457번길 & 301호 (성남산업단지관리공단) TEL : 031.750.2891~2 FAX : 031.750.2873					

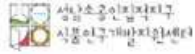
도면52



시험결과서

발행번호	-	접수번호	-		
분석완료일	2022. 12. 15	접수연월일	2022. 12. 9		
재 품 명	sample D				
식품유형	유산균	제조일자/유통기한	- / -		
의뢰자	대 표 자	어원복	업 체 명		
	소 재 지	대전광역시 유성구 태크노2로 187, 8동 118호			
시험목적	정부과제 제출용 시험				
시험항목 및 결과					
번호	시험항목	제품명	시험법위	시험결과	단위
1	유산균수	sample D	정량	110,000,000	CFU/ml
※ VITEK을 이용한 미생물 동정결과, <i>Lactobacillus plantarum</i> 으로 확인됨. (99% Probability) 변수조건: 물온도 36 °C / 당밀 26 kg / 영양제 300 g / 식물엑기스 200 g / 소금 1 kg / pH 3.7					
시험연구원 : 박은선, 조은지		시험책임자 : 유수연			
※ 본 성적은 의뢰된 시험항목만을 대상으로 한 것입니다. ※ 본 결과서는 참고용 결과서입니다. 시험결과에 시험여의의 상품선전 및 상업적 용도나 법적연 해결의 용도로 사용할 수 없습니다. ※ 시험결과는 의뢰자 및 식품연구개발지원센터 상호간에 어떠한 법적책임을 제기할 수 없습니다.					
2022. 12. 16					
성남소공인집적지구 식품연구개발지원센터장 (인)					
경기도 성남시 중원구 둔촌대로 457번길 8, 301호 (성남산업단지관리공단) TEL : 031.750.2891~2 FAX : 031.750.2873					

도면53



시험결과서

발행번호		접수번호			
분석완료일		접수연월일			
2022. 12. 15		2022. 12. 9			
재 품 명					
sample E					
식물유형		제조일자/유통기한			
유산균		- / -			
의뢰자	대 표 자	업 체 명	비전테크		
	소 재 지				
대전광역시 유성구 테크노2로 187, 8동 118호					
시험목적					
정부과제 제출용 시험					
시험항목 및 결과					
번호	시험항목	제품명	시험법위	시험결과	단위
1	유산균수	sample E	정량	200,000,000	CFU/ml
※ VITEK을 이용한 미생물 동정결과, <i>Lactobacillus plantarum</i> 으로 확인됨. (99% Probability) 변수조건: 물온도 33 °C / 당밀 26.5 kg / 영양제 300 g / 식물엑기스 200 g / 소금 1.5 kg / pH 3.7					
시험연구원 : 박은선, 조은지			시험책임자 : 유수연		
※ 본 성적은 의뢰된 시험항목만을 대상으로 한 것입니다. ※ 본 결과서는 참고용 결과서입니다. 시험결과에 시험이외의 상품선전 및 상업적 용도나 법적연 해결의 용도로 사용할 수 없습니다. ※ 시험결과는 의뢰자 및 식품연구개발지원센터 상호간에 어떠한 법적책임을 제기할 수 없습니다.					
2022. 12. 16					
성남소공인집적지구 식품연구개발지원센터장 (인)					
경기도 성남시 중원구 둔촌대로 457번길 8, 301호 (성남산업단지관리공단) TEL : 031.750.2891~2 FAX : 031.750.2873					

도면54

