

2025년 9월 20일(토) 10:00~13:00

광운대학교 80주년 기념관 310호

## 제25회 한국화학공학회 생명공학경시대회(LG화학 후원)

= 문제지 =

총 5과목 중 3과목 선택

(응용미생물, 분자생물학, 효소공학, 생물분리 및 정제, 배양 및 생물반응공학)

**제25회  
생명공학  
경시대회  
(LG화학후원)**

**대회일시**  
2025년 9월 20일(토)  
10:00~13:00

**참가대상**  
생물화학 및 생명공학  
관련 학부/학과 재학생

☒ **대회장소**  
광운대학교 80주년기념관 310호

☒ **접수방법**  
참가 신청 링크에서 신청서 작성

☒ **접수마감**  
2025년 9월 9일(화) 23:59

☒ **시상내역**

구분	수상	수상내역
금상	1명	100만원 및 상장
은상	2명	70만원 및 상장
동상	3명	50만원 및 상장
장려상	20명	10만원 및 상장

☒ **주최/후원**  
주최 : 한국화학공학회  
후원 : LG화학

※기타 자세한 사항은 학회 홈페이지 참조

**제25회 한국화학공학회 생명공학 경시대회(LG화학 후원)**  
**(응용미생물학 부문)**

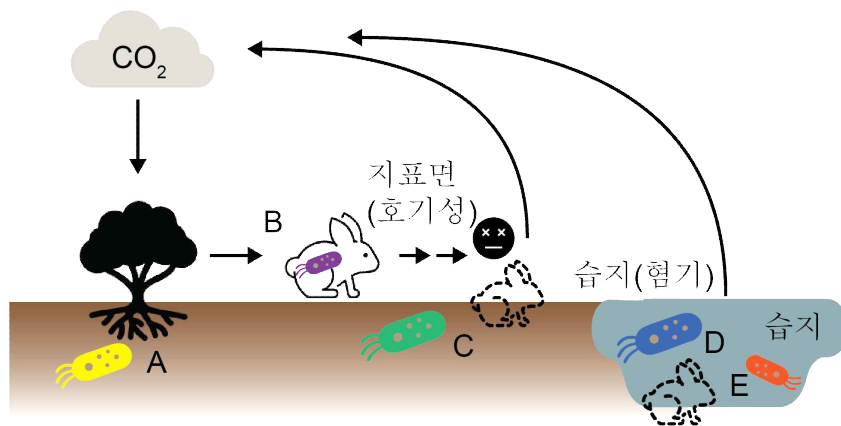
**학교 명 :** \_\_\_\_\_ **이름 :** \_\_\_\_\_

(공간이 부족하면 시험지 뒷면을 이용하세요.)

[1] 미생물 중 박테리아는 원핵생물에 해당한다. 박테리아의 대표적인 대장균의 길이로 가장 적절한 것은? [5점]

- ① 1 nm    ② 10 nm    ③ 100 nm    ④ 1  $\mu\text{m}$     ⑤ 10  $\mu\text{m}$     ⑥ 100  $\mu\text{m}$     ⑦ 1 mm

[2] 지구내에서 탄소 원자는 다양한 형태로 이동되고 변환되는데, 이 과정에서 미생물이 핵심적인 매개자 역할을 한다. 아래 그림은 이산화탄소의 유기물(식물)로의 고정, 호기적 및 혐기적 유기물의 분해에 이르는 과정에서 필요한 미생물의 주요 역할에 대하여 각각에 대하여 설명하시오. [각 5점, 총 25점]



[2-1] A:

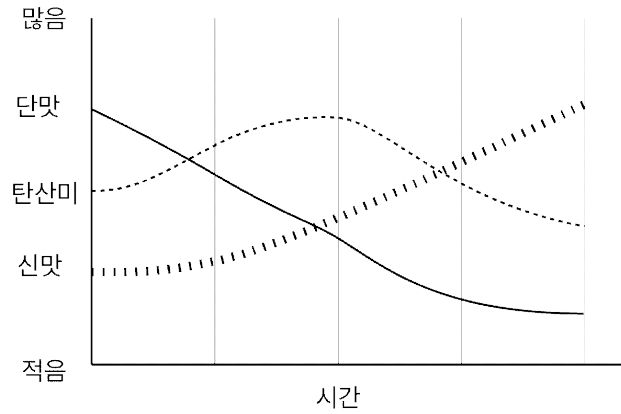
[2-2] B:

[2-3] C:

[2-4] D:

[2-5] E:

[3] 막걸리는 쌀을 원료로 하여 누룩과 물을 넣고 발효시켜 만드는 전통주이다. 누룩 속 곰팡이(*Aspergillus*, *Rhizopus* 등)는 전분을 포도당으로 분해하고, 효모(*Saccharomyces cerevisiae*)는 이를 이용해 에탄올과 CO<sub>2</sub>를 생성한다. 이렇게 만들어진 막걸리는 시간에 따라 맛이 변화하는데, 일반적으로 아래 그림과 같다. 왜 이러한 변화가 나타나는지, (1) 단맛, (2) 탄산미, (3) 신맛에 대하여 미생물의 대사과정을 위주로 설명하시오. [각 10점, 총 30점]



[3-1] 단맛:

[3-2] 탄산미:

[3-3] 신맛:

[4] 마이크로바이옴(microbiome)은 특정 환경에 서식하는 미생물 집단과 그들의 유전정보를 통칭하며, 숙주나 환경의 대사, 면역, 생태계 기능 유지에 중요한 역할을 한다. 최근에는 차세대염기서열분석(NGS) 기술을 이용하여 인간 장내의 마이크로바이옴을 분석하고 이를 건강 증진에 활용하고 있다. 일례로서 만성 염증성 장질환을 가지고 있는 환자들에게 마이크로바이옴을 기반으로 한 치료 전략이 활용되고 있는데, 이를 원리와 함께 설명하시오. [10점]

[5] 미생물은 산소의 유무에 따라 호흡과 발효과정이 조절된다. 이와 관련하여 올바른 표현에는 “○”, 틀린 표현에는 “×” 표시하시오. [각 3점, 총 30점]

- [5-1] 호기성 호흡은 산소를 최종 전자수용체로 사용한다. ( )
- [5-2] 혐기성 호흡은 산소가 전혀 없는 조건에서만 일어난다. ( )
- [5-3] 발효는 전자전달계를 거치지 않고 ATP를 생성한다. ( )
- [5-4] 발효에서는 기질수준 인산화(substrate-level phosphorylation)가 ATP 생성의 주된 경로이다. ( )
- [5-5] 일부 미생물은 산소가 있을 때 발효를, 없을 때 호흡을 수행한다. ( )
- [5-6] 호기성 호흡은 발효보다 ATP 생성 효율이 높다. ( )
- [5-7] 발효의 최종 산물은 항상 에탄올과 CO<sub>2</sub>이다. ( )
- [5-8] 발효를 수행하는 미생물은 항상 산소에 민감하게 죽는다. ( )
- [5-9] 발효 과정에서는 NADH가 전자전달계를 거쳐 산화된다. ( )
- [5-10] 일부 미생물은 동일한 기질에서 호기·혐기 조건에 따라 서로 다른 발효 산물을 만든다. ( )

## 제25회 한국화학공학회 생명공학 경시대회(LG화학 후원)

### (분자생물학 부문)

학교명 : \_\_\_\_\_ 이름 : \_\_\_\_\_

(공간이 부족하면 시험지 뒷면을 이용하세요.)

[1] 산업용 미생물을 이용하여 고부가가치 대사산물을 경제적으로 생산하려면 균주의 유전자 발현을 조절해야 한다. 특히 전사 개시 효율, 번역 개시 효율 등 전사 및 번역 단계의 효율을 조절하는 전략이 필요하다. 대장균 유전자의 발현 조절을 통해 대사산물 생산량을 극대화하려 할 때 다음 질문에 답하시오. [총 30점]

[1-1] 연구진은 전사 개시 효율을 높이기 위해 RNA 중합효소가 프로모터에 더 높은 강도로 결합하도록 프로모터 서열을 변형하려 한다. 박테리아 프로모터에서 RNA 중합효소와 결합하는 주요 부위의 명칭과 구조적 특징을 설명하고, RNA 중합효소의 결합이 전사 개시 효율에 미치는 영향을 설명하시오. [15점]

[1-2] 대사산물 생합성 유전자의 발현량을 증가시키기 위해 프로모터의 서열을 변형하여 RNA 중합효소와의 결합 강도를 최대한 증가시켰으나, 전사 개시 효율은 오히려 감소했다. 이런 현상이 발생하는 이유를 설명하시오. [5점]

[1-3] 전사를 통해 생성된 mRNA의 5'-UTR(5'-untranslated region) 영역을 재설계하여 번역 개시 효율을 증가시키고자 한다. 5'-UTR이 번역 개시 효율에 미치는 영향을 고려하여 올바른 설계 원리를 서술하시오. [10점]

[2] 환경 모니터링을 위한 현장 검출 기술로써 무세포 단백질 합성 시스템(cell-free protein synthesis) 기반 바이오센서가 각광받고 있다. 이 시스템은 살아있는 세포 대신 세포 추출물을 이용한 것으로, 유전자 회로의 작동을 통해 중금속, 항생제 등 오염물 검출이 가능하다. 바이오센서 유전자 회로는 목표 분자에 반응해 녹색형광단백질(green fluorescent protein, GFP) 등 리포터 유전자의 발현을 조절함으로써 측정 가능한 신호를 생산한다. 다음 질문에 답하시오. [총 40점]

[2-1] 바이오센서 유전자 회로에서 직접적인 분자간 결합을 통해 목표 물질을 감지하는 “센서”로 전사인자(allosteric transcription factor) 또는 리보스위치(riboswitch)를 활용할 수 있다. 각 경우에 대해 바이오센서 유전자 회로의 작동 원리를 그림으로 그리고 간단히 설명하시오. (목표 물질은 검은색 동그라미로 나타내고, 목표 물질이 존재하는 경우와 목표 물질이 존재하지 않는 경우로 나누어서 각각 그림을 그리시오) [20점]

[2-1-1] 전사인자 센서를 사용하는 경우 [10점]:

(목표 물질이 존재하지 않는 경우)

(목표 물질이 존재하는 경우)

[2-1-2] 리보스위치 센서를 사용하는 경우 [10점]:

(목표 물질이 존재하지 않는 경우)

(목표 물질이 존재하는 경우)

[2-2] 전사인자를 이용하여 납(lead, 원소기호 Pb)을 감지하는 바이오센서를 개발하였다. 하지만 바이오센서의 검출 한계(limit of detection, LOD)는 1 mg/L로, 청정지역에서 납의 배출허용기준인 0.1 mg/L를 검출하기에는 성능이 부족했다. 바이오센서의 검출 한계를 개선하고 출력 신호를 증가시키는 전략을 1) 분자 수준 및 2) 유전자 회로 수준에서 각각 제안하시오. [10점]

[2-3] 무세포 시스템과 살아있는 세포를 바이오센서로 활용할 때 각각의 장단점을 비교하여 설명하시오. [10점]

[3] 대사질환 환자 치료용 생균치료제(engineered live biotherapeutic product, eLBP)를 개발 중인 연구팀은 효과적인 치료를 위해 인간 유래 단백질을 생산하는 대장균 균주를 개발하고 있다. 치료 효과가 우수한 균주를 개발하기 위해 치료 단백질이 균주 내에서 활성을 갖고 안정적으로 발현되어야 한다. 인간 유래 단백질을 대장균에서 성공적으로 발현시키기 위해 고려해야 할 사항들이 있다. 다음 질문에 답하시오. [총 30점]

[3-1] 진핵 생물과 원핵 생물에서 단백질을 암호화하고 있는 유전자 구조의 차이점을 설명하고, 원하는 아미노산 서열을 가진 진핵 생물 단백질을 원핵 세포에서 발현시키려면 유전자를 어떻게 조정해야 하는지 설명하시오. [10점]

[3-2] 인간 유래 유전자의 구조를 대장균에서 발현시킬 수 있는 형태로 조정하여 정확한 아미노산 서열을 갖는 폴리펩타이드가 합성되었으나, 생산된 치료용 단백질의 활성이 높지 않았다. 이런 현상이 발생한 이유들을 설명하시오. [10점]

[3-3] 치료용 단백질 유전자를 플라스미드에 클로닝하여 생균치료제에 형질전환 하였으나, 개발된 생균치료제의 치료 효과가 시간이 지남에 따라 급격히 감소하였다. 그 이유를 설명하고, 이를 해결할 수 있는 전략을 제시하시오. [10점]

**제25회 한국화학공학회 생명공학 경시대회(LG화학 후원)**  
**(효소공학 부문)**

**학교 명 :** \_\_\_\_\_ **이름 :** \_\_\_\_\_

(공간이 부족하면 시험지 뒷면을 이용하세요.)

[1] 산업적인 측면에서 효소 사용의 장단점에 대하여 설명하시오. [20점]

(1) 장점

(2) 단점

[2] 산업 공정에서는 고온(50°C 이상) 조건에서의 반응 속도 증가, 기질 용해도 개선, 오염 방지 등을 위해 \*\*효소의 고온 안정성(열안정성, thermostability)\*\*이 매우 중요하다. 하지만 대부분의 효소는 고온에서 변성되기 쉬우므로, 이를 극복하기 위한 다양한 효소공학적 전략이 개발되어 왔다. 대표적인 효소 개량 방법 2가지를 쓰고 기본 원리 및 장단점에 대하여 설명하시오. [30점]



[3] 어떤 신규 효소를 발굴하여 재조합 단백질로 발현한 후, 효소 특성 분석을 수행하였다. 다음 물음에 답하시오. [총 20점]

[3-1] 효소의  $K_m$ 과  $V_{max}$ 를 구하기 위한 실험에서 측정해야 하는 변수들을 나열하고, 효소 반응에 영향을 주는 조건을 3가지 이상 기술하시오. [5점]

[3-2] 효소에 저해제를 첨가한 결과,  $K_m$  값은 변하지 않았으나  $V_{max}$  값이 감소하였다. 이 저해 반응의 종류와, 저해제가 결합하는 부위에 대해 설명하시오. [10점]

[3-3]  $K_m$  값을 낮추기 위해 돌연변이 효소를 설계하고자 한다. 어떤 아미노산 부위를 타겟으로 할 수 있나요? [5점]

[4] 산업 공정에서 효소는 반복 사용성과 안정성을 확보하기 위해 고정화(immobilization)되어 사용되는 경우가 많다. 다음 물음에 답하시오. [총 30점]

[4-1] 효소 고정화의 기본 개념과 원리를 설명하시오. [10점].

[4-2] 효소 고정화의 대표적 방법 3가지와 장단점을 기술하시오. [20점]

① 고정화 방법 1 :

- 장점:

- 단점:

② 고정화 방법 2 :

- 장점:

- 단점:

③ 고정화 방법 3 :

- 장점:

- 단점:



[1-3] 대수기에서 세포 성장 속도식을 유도하고, 세포 성장 속도상수( $\mu$ )를 구하시오. [10점]

[1-4] 배양 8, 10시간에서 각각의 세포 농도를 예측하시오. [10점]

정답: 배양 8시간 ( ) g/L, 배양 10시간 ( ) g/L

[1-5] 이 배양에서 세포 생산 수율이 가장 높은 시간은 언제인가? 그리고 최대 수율(%)을 구하시오. [10점]

정답: 배양시간 ( ) h, 최대 수율(%) ( )%

[2] 100 L급 생물반응기에서 어떤 미생물을 배양하고 있다. 이 시스템의 시간당 부피물질전달계수( $K_La$ )를 결정하기 위해 동역학적 방법으로 다음과 같이 실험을 수행하였다. 정상상태로 운전하고 있던 생물반응기 내 공기주입을 짧은 시간 동안 중단한 후 다시 개시하였으며, 반응기 내 산소농도(DO)를 1분 단위로 기록하여 아래 표에 나타내었다. 이 시스템에서 포화 용존산소 농도( $C^*$ )는 15 mg/L, 건조세포중량(dry cell weight)은 4 g cell/L로 측정되었다. 다음 물음에 답하시오. [총 50점]

	Time (min)	DO (mg/L)
정상상태	-	10
공기중단	0	10
	1	8
	2	6
	3	4
	4	2
공기주입	5	0
	6	1
	7	2
	8	3
	9	4
	10	5
	11	6
	12	7
	13	8
	14	8.5
	15	9
	16	9.5
	17	10
	18	10

[2-1] 세포의 산소섭취속도(OUR)를 계산하시오. (단위를 반드시 표기할 것) [10점]

[2-2] 동역학적 방법으로  $K_La$ 를 구하시오. (10분을 기준으로 상승곡선 기울기를 활용할 것, 단위 반드시 표기) [20점]

[2-3] 이 배양시스템의 비호흡속도( $q_{O_2}$ )를 측정하시오. (단위를 반드시 표기할 것) [20점]

**제25회 한국화학공학회 생명공학 경시대회(LG화학 후원)**

**(생물분리정제 부문)**

**학교명 :** \_\_\_\_\_ **이름 :** \_\_\_\_\_

(공간이 부족하면 시험지 뒷면을 이용하세요.)

[1] pH 7.5 완충용액에서 단백질 A(pI 8.5), B(pI 6.0), C(pI 9.5)를 정제하려 한다. 컬럼은 내경 1.6 cm, 베드높이 10 cm로 베드부피는 약 20.1 mL이며, 수지의 DBC10% (2 mg/mL feed 기준)은 25 mg/mL (resin)이고 목표 접촉시간은 4분이다.

[1-1] 이 조건에서 선택해야 할 이온교환 수지의 종류와 선택 이유를 논리적으로 서술하고, B의 공정 내 거동과 A/C의 예상 용출 순서를 근거와 함께 설명하시오. [20점]

[1-2] 컬럼 베드부피를 근거로 10% 돌파 전 한 사이클에서 결합 가능한 A의 최대 질량과 접촉시간 4분을 만족하는 분당 유량(mL/min)을 계산하시오. [10점]

[2] 초기 부피 10 L, 단백질 농도 1 mg/mL 용액을 30 kDa UF 막 (막면적 0.20 m<sup>2</sup>, 플럭스 30 LMH로 일정)으로 농축한다. 단백질 체가율은 0.98 (Sieving S=0.02)이며 목표 최종 농도는 5 mg/mL이다.

[2-1] 목표 농도 도달을 위한 최종 부피와 제거할 투과액 부피를 유도하고, 플럭스와 막면적을 이용해 농축 소요 시간을 계산하시오. [20점]

[2-2] 손실 모델  $M_f = M_0 \times (V_f/V_0)^S$ 를 사용하여 농축 단계에서의 단백질 손실률(%)을 계산하시오. [10점]

[3] 단백질 A의 리간드 결합은 Langmuir 등온식  $q = \frac{q_{\max}KC}{1+KC}$  를 따른다.  $q_{\max} = 50$  mg/mL (resin),  $K = 0.5$  mL/mg, 공급 농도  $C = 2$  mg/mL이다. 컬럼은 내경 1.0 cm, 베드높이 10 cm이며, 공급액은 2 mg/mL로 총 1.0 L(=2000 mg)이다. 운전 조건에서 DBC10%를 평형  $q$ 의 70%로 근사한다고 가정한다.

[3-1] 주어진 매개변수를 사용하여 평형 결합용량  $q$ 와 DBC10% (mg/mL resin)을 계산하시오. [10점]

[3-2] 컬럼 배드부피와 한 사이클 최대 결합 질량, 전량 처리를 위한 최소 사이클 수를 구하시오. [10점]

[4] 두 단백질에 대해 선택성  $\alpha = 1.20$ , 평균 보정 용출계수  $k' = 1.5$ 가 주어져 있고, 분리도 근사식  $R_s = \frac{\sqrt{N}}{4} \cdot \frac{\alpha - 1}{\alpha} \cdot \frac{k'}{1 + k'}$ 를 사용한다. 현재 사용 중인 컬럼의 이론단수는  $N = 4000$  이다.

[4-1] 주어진 식과 매개변수를 이용해 현재 분리도  $R_s$ 를 계산하시오. [10점]

[4-2] 기본분리( $R_s = 1.5$ )를 달성하기 위해 필요한 최소 이론단수  $N$ 을 역으로 구하시오. [10점]