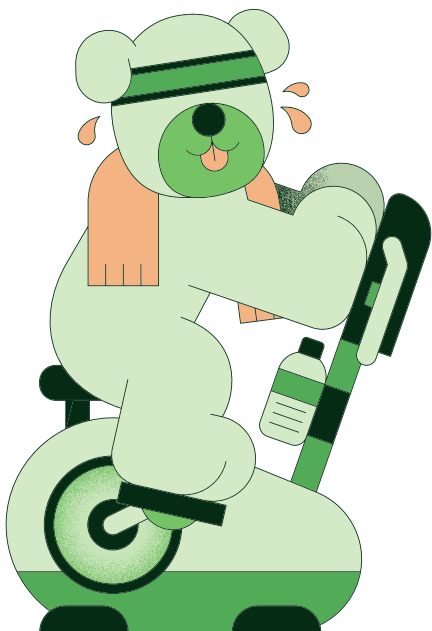


고등학교

세포와 물질대사

오현선
강희정
정종우
이일규
김대준
최종훈



이 책의 구성과 특징

단원 시작 학습



대단원 도입
대단원에서 학습할 내용을 핵심 아이디어를 통해 확인하고, 단원 연계를 통해 학습의 구조를 파악할 수 있다.

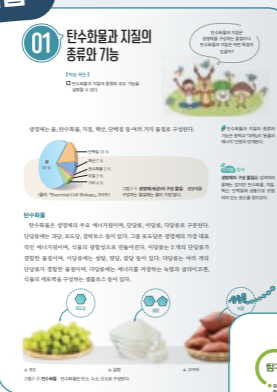
중단원 도입

- 일상생활 속 상황과 관련된 질문에 답하면서 학습에 호기심을 가질 수 있다.
- 중단원에서 학습해야 할 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도를 파악하고, 학습 계획을 스스로 세울 수 있다.



단원 학습

QR 코드를 찍으면 교과서 속 모든 QR 코드와 연결된 디지털 콘텐츠를 확인할 수 있어.



학습 도우미

- 용어 해설
- 오개념 바로잡기 학습에 대한 오개념 해결
- 디지털 학습 인터넷을 이용한 학습으로 디지털 소양 함양
- 생명과학 + 화학, 생물, 화학, 물리학 등 다른 영역과의 연계 설명
- 다른 학년 과목과의 연계 설명
- QR 코드를 통해 다양한 디지털 콘텐츠 활용

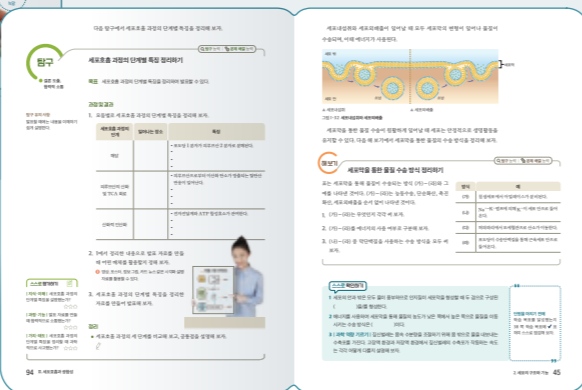
소단원 도입 일상생활 속 다양한 상황을 통해 학습에 흥미를 느낄 수 있다.

본문 학습 목표를 확인하여 스스로 학습하고, 다양한 시각 자료로 학습 내용을 쉽게 이해할 수 있다.

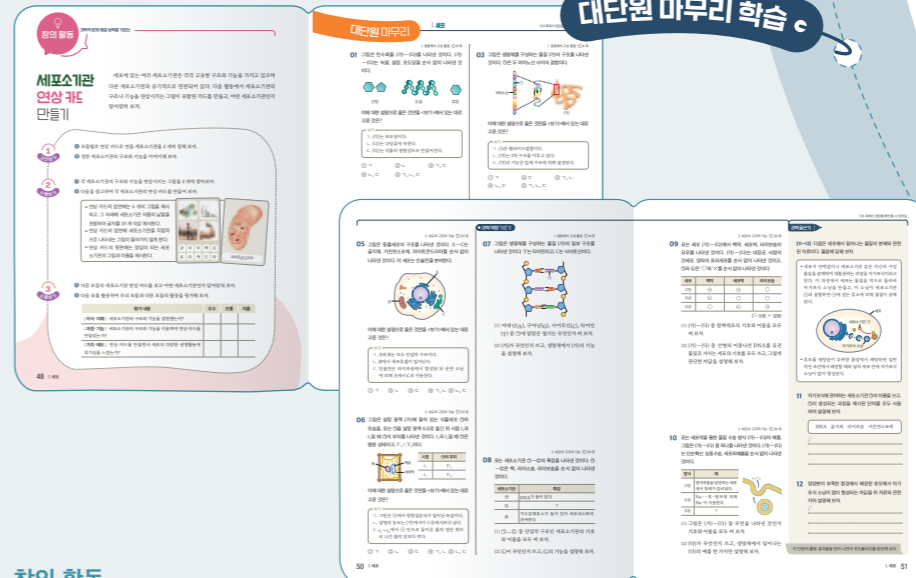
탐구 / 해 보기 조사, 실험, 자료 분석 등 다양한 모둠 활동으로 학습 내용을 이해하고, 활동이 끝나면 스스로 평가할 수 있다.

물음 / 창의 사고 학습 내용을 적용하여 문제를 해결하며 창의력과 사고력을 기를 수 있다.

스스로 확인하기 학습 내용을 스스로 평가하고, 학습 목표를 달성했는지 확인할 수 있다.



대단원 마무리 학습



창의 활동

단원과 관련된 프로젝트 활동을 하면서 개인과 사회 문제를 과학적 근거를 들어 창의적으로 해결하고, 과학 역량을 기를 수 있다.

대단원 마무리

다양한 유형의 문제 풀이, 과학 글쓰기를 통해 학습 내용을 최종 점검하고 과학 역량을 기를 수 있다.

중단원 마무리 학습



생명과학과 나의 미래

생명과학 관련 직업 읽을거리를 통해 스스로 진로를 탐색할 수 있다.

과학 이야기

과학사, 과학자, 최신 과학, 체험 활동 등 다양한 읽을거리를 통해 과학에 흥미를 느낄 수 있다.

중단원 마무리

학습 내용을 정리하고, 성취도를 스스로 평가할 수 있다.

이 책의 차례

I 세포

1 생명체의 구성 물질	
01 탄수화물과 지질의 종류와 기능	9
02 핵산과 단백질의 구조와 기능	12
● 중단원 마무리	19
2 세포의 구조와 기능	
01 세포의 연구 방법	21
02 세포소기관의 구조와 기능	28
03 원핵세포와 진핵세포	36
04 세포막을 통한 물질 수송	38
● 중단원 마무리	47
창의 활동	48
대단원 마무리	49

II 물질대사와 에너지










1 물질대사와 에너지	
01 물질대사와 에너지 균형	55
02 생명활동과 에너지	60
● 중단원 마무리	65
2 효소	
01 효소의 작용과 특성	67
02 효소의 이용	74
● 중단원 마무리	78
창의 활동	79
대단원 마무리	80

III 세포호흡과 광합성

1 세포호흡	
01 미토콘드리아의 구조와 기능	85
02 세포호흡 과정	87
03 발효	96
● 중단원 마무리	103
2 광합성	
01 엽록체와 광합성색소	105
02 광합성 과정	110
03 광합성과 세포호흡의 전자전달계	116
04 광합성 관련 과학사	118
● 중단원 마무리	123
창의 활동	124
대단원 마무리	125

부록	128
-----------	-----

실험실 안전 기호

-  화학 물질, 열로부터 보호하기 위해 보안경을 쓴다.
-  위험한 물질로부터 보호하기 위해 실험복을 입는다.
-  뜨거운 기구나 화학 물질을 다룰 때에는 장갑을 낀다.
-  날카로운 물체에 다치지 않게 주의한다.
-  화학 물질이 피부에 묻었을 때에는 흐르는 물에 충분히 씻는다.
-  유리 기구를 다룰 때에는 깨지지 않게 주의한다.
-  가열 장치를 사용할 때에는 화재에 주의한다.
-  실험 폐기물은 선생님의 지도에 따라 처리한다.
-  화학 물질이 피부에 닿지 않게 하고, 독성 기체를 흡입하지 않는다.



I

세포

생명체는 어떻게 구성되어 있을까?
 이 단원에서는 생명체를 구성하는 다양한 물질에 대해 알아보자.
 또 세포를 구성하는 세포소기관의 구조와 기능을 이해하고,
 세포소기관 사이의 유기적 관계를 알아보자.




이 단원의 핵심 아이디어

1 생명체의 구성 물질

생명체는 구조적, 기능적 특징을 가지는 기본 구성 물질로 이루어져 있다.

2 세포의 구조와 기능

세포의 생명활동은 여러 세포소기관이 유기적으로 작용하여 유지된다.

단원 연계

중학교 과학

- 생물의 구성과 다양성
- 동물과 에너지

통합과학1

- 물질과 규칙성
- 시스템과 상호작용

생명과과학

- 생명 시스템의 구성
- 생명의 연속성과 다양성

세포와 물질대사

1. 생명체의 구성 물질
2. 세포의 구조와 기능

포트폴리오

- 이 단원을 학습하면서 나만의 포트폴리오를 만들어 보자.
- 16 쪽 핵산과 단백질 모형 제작하기
 - 48 쪽 세포소기관 연상 카드 만들기

1

생명체의 구성 물질

01 탄수화물과 지질의 종류와 기능

02 핵산과 단백질의 구조와 기능

식사할 때에는 여러 가지 음식을 골고루 먹는 것이 좋다.

들어다보기 음식을 골고루 먹어야 하는 까닭은 무엇일까?

생각해 보기 우리 몸을 구성하는 물질에는 어떤 것들이 있을까?



학습할 내용을 알아보고, 스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

이전 학습 내용

알고 있는 단어에 ✓ 표 해 보자.

- 탄수화물 지질 핵산 단백질

이 단원의 학습 내용

지식·이해

- 탄수화물과 지질의 종류와 주요 기능을 설명할 수 있다.
- 핵산과 단백질의 기본 구조와 세포에서의 주요 기능을 설명할 수 있다.

과정·기능

- 생명체에 들어 있는 탄수화물과 지질을 관찰할 수 있다.
- 핵산과 단백질의 구조적인 특징을 설명하기 위한 모형을 제작할 수 있다.

가치·태도

- 생명체를 구성하는 다양한 물질의 중요성을 인식할 수 있다.
- 핵산과 단백질의 구조와 기능을 조사하는 과정에서 과학적으로 사고할 수 있다.

나의 학습 계획

나는 이 단원에서 _____ 을/를 알고 싶다.

01 탄수화물과 지질의 종류와 기능

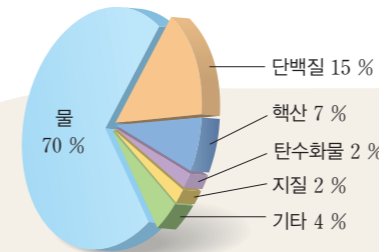
학습 목표

- 탄수화물과 지질의 종류와 주요 기능을 설명할 수 있다.

탄수화물과 지질은 생명체를 구성하는 물질이다. 탄수화물과 지질은 어떤 특징이 있을까?



생명체는 물, 탄수화물, 지질, 핵산, 단백질 등 여러 가지 물질로 구성된다.



(출처: 『Essential Cell Biology』, 2019.)

그림 I-1 생명체(세균)의 구성 물질 생명체를 구성하는 물질에는 물이 가장 많다.

탄수화물과 지질의 종류와 기능은 중학교 『과학』의 '동물과 에너지' 단원과 연계된다.

디지털 탐색

생명체의 구성 물질을 검색하여 물에는 없지만 탄수화물, 지질, 핵산, 단백질에 공통으로 포함되어 있는 원소를 찾아보자.

탄수화물

탄수화물은 생명체의 주요 에너지원이며, 단당류, 이당류, 다당류로 구분된다. 단당류에는 과당, 포도당, 갈락토스 등이 있다. 그중 포도당은 생명체의 가장 대표적인 에너지원이며, 식물의 광합성으로 만들어진다. 이당류는 2 개의 단당류가 결합한 물질이며, 이당류에는 설탕, 엿당, 젓당 등이 있다. 다당류는 여러 개의 단당류가 결합한 물질이며, 다당류에는 에너지를 저장하는 녹말과 글라이코젠, 식물의 세포벽을 구성하는 셀룰로스 등이 있다.



▲ 포도

▲ 설탕

▲ 고구마

그림 I-2 탄수화물 탄수화물은 탄소, 수소, 산소로 구성된다.

*** 유기용매**

다른 물질을 녹이는 성질이 있는 액체 상태의 유기물

예) 에탄올, 아세톤

*** 생체막**

세포막과 핵막을 비롯한 세포에 있는 모든 막 구조

지질

지질은 물에는 잘 녹지 않고 *유기용매에 잘 녹는 물질이며, 지질에는 인지질, 중성지방, 스테로이드 등이 있다. 인지질은 글리세롤에 지방산과 인산 등이 결합한 물질이며, *생체막을 구성하는 주요 성분이다. 중성지방은 글리세롤에 지방산이 결합한 물질이며, 생명체의 에너지원으로 이용되거나 체온을 유지하는 역할을 한다. 스테로이드는 4 개의 고리 구조가 연결된 물질이며, 콜레스테롤, 성호르몬, 부신피질호르몬 등은 모두 스테로이드에 속한다.

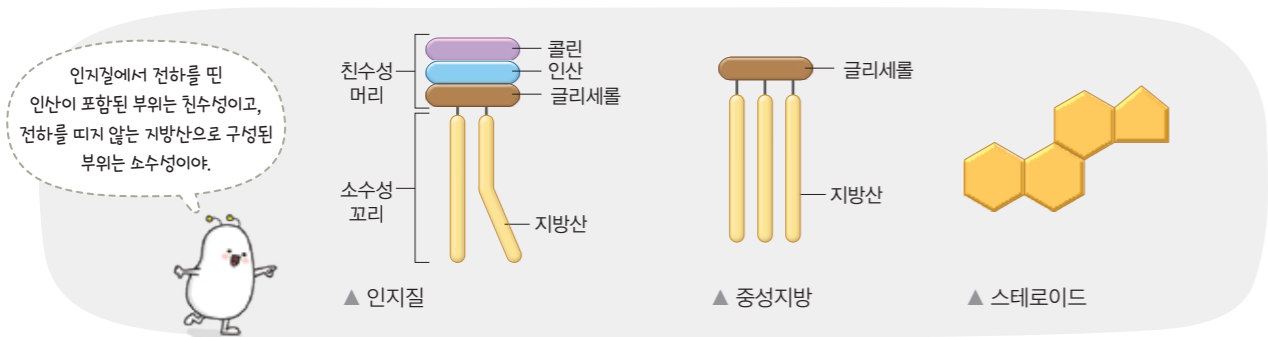


그림 I-3 지질 지질은 주로 탄소와 수소로 구성되며, 적은 양의 산소도 포함한다.

다음 탐구에서 생명체에 들어 있는 탄수화물과 지질을 관찰해 보자.

탐구

실험, 자료 분석

준비물

- 받침 유리 덮개 유리
- 유리판 스포이트
- 핀셋 거름종이
- 안전면도 광학 현미경
- 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액
- 수단 III 용액
- 바나나 실험복
- 실험용 장갑 코팅 장갑
- 보안경

안전



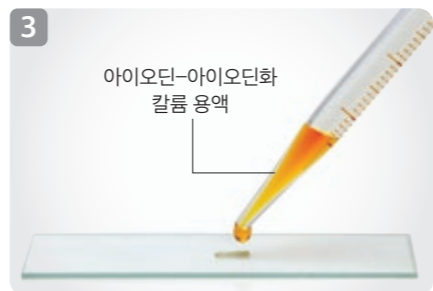
- 안전면도를 사용할 때에는 손을 다치지 않게 주의한다.
- 실험복, 실험용 장갑, 보안경을 반드시 착용한다.

생명체에 들어 있는 탄수화물과 지질 관찰하기

목표 바나나를 이용하여 생명체에 들어 있는 탄수화물과 지질을 관찰할 수 있다.

과정

1. 바나나의 껍질을 벗긴 뒤 가는 실 모양의 조직을 찾아 분리한다.
2. 1의 조직을 약 0.5 cm 길이로 자른 조각 2 개를 준비하고, 각각 서로 다른 받침 유리 위에 올려놓는다.
3. 1 개의 조각에는 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액을, 다른 1 개의 조각에는 수단 III 용액을 2 방울~3 방울씩 떨어뜨린다.



탐구 능력 | 문제 해결 능력

실험 영상



4. 5 분 뒤 각각 덮개 유리를 덮고, 여분의 용액은 거름종이로 제거한다.
5. 광학 현미경으로 영양소 검출 반응이 나타난 곳을 찾아 녹말과 중성지방을 각각 관찰한다.



결과 및 정리

1. 현미경으로 관찰한 결과를 각각 그리고, 녹말과 중성지방을 표시해 보자.

녹말을 관찰한 결과

배율: () 배

중성지방을 관찰한 결과

배율: () 배

2. **✦ 사고력** 탄수화물과 지질을 쉽게 관찰할 수 있는 다양한 생물 재료를 주변에서 찾아보고, 그렇게 찾은 까닭을 설명해 보자.



스스로 확인하기

- 1 식물의 세포벽을 구성하는 다당류를 써 보자.
- 2 생명체의 에너지원으로 이용되는 ()은/는 글리세롤에 지방산이 결합한 물질이다.
- 3 | **과학 역량 기르기** | 중성지방과 달리 인지질이 인산을 포함하기 때문에 가지는 특징을 설명해 보자.

안전



- 유리 기구가 깨지지 않게 주의한다.
- 사용하고 남은 생물 재료와 화학 약품은 선생님의 지도에 따라 분리하여 처리한다.

영양소를 검출하는 방법

녹말 용액에 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액을 떨어뜨리면 녹말 용액이 청람색으로 변하고, 지방 용액에 수단 III 용액을 떨어뜨리면 지방 용액이 선홍색으로 변한다.



스스로 평가하기

| **지식·이해** | 생명체에 탄수화물과 지질이 들어 있다는 것을 설명했는가? ☆☆☆

| **과정·기능** | 생명체에 들어 있는 탄수화물과 지질을 관찰했는가? ☆☆☆

| **가치·태도** | 탄수화물과 지질을 관찰하며 과학의 즐거움을 느꼈는가? ☆☆☆

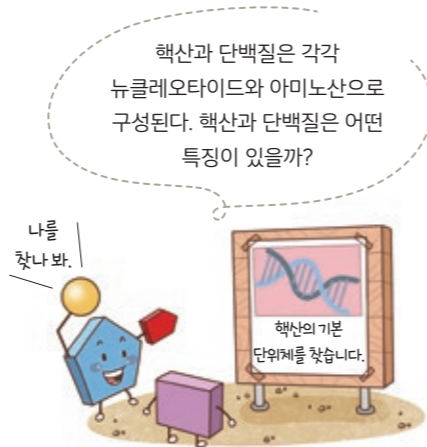
단원을 마치기 전에

학습 목표를 달성했는지 9 쪽 학습 목표에 ✓ 표 하여 스스로 점검해 보자.

02 핵산과 단백질의 구조와 기능

| 학습 목표 |

- 핵산과 단백질의 기본 구조와 세포에서의 주요 기능을 설명할 수 있다.



핵산과 단백질의 구조와 기능은 '통합과학1'의 '물질과 규칙성', '생명과과학'의 '생명의 연속성과 다양성' 단원과 연계된다.

핵산과 단백질은 공통적으로 탄소, 수소, 산소, 질소를 포함한다. 다음 탐구에서 핵산과 단백질의 구조와 기능을 알아보자.

탐구 능력 | 문제 해결 능력

탐구

조사, 자료 분석

핵산과 단백질의 구조와 기능 조사하기

목표 핵산과 단백질의 기본 구조와 세포에서의 주요 기능을 조사하여 발표할 수 있다.

과정 및 결과

1. 모듈별로 핵산과 단백질의 특징을 기본 구조, 세포에서의 주요 기능을 포함하여 조사해 보자.
2. 조사 결과를 발표 자료로 만들어 보자.

준비물

- ☑ 스마트 기기
- ☑ 핵산, 단백질과 관련된 책



3. 발표 자료를 활용하여 발표해 보자.

기본 단위체가 뉴클레오타이드인 핵산

DNA

이중나선구조

염기: 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 타이민(T)

유전정보를 저장한다.

RNA

단일 가닥 구조

염기: 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 유라실(U)

세포 내에서 유전정보를 전달한다.

정리

1. 핵산과 단백질의 구조적인 공통점을 설명해 보자.
2. 다른 모듈의 발표를 듣고 핵산과 단백질에 대해 새롭게 알게 된 내용을 정리해 보자.

스마트 기기로 QR 코드를 찍으면 누리집에 접속할 수 있어.



디지털 탐색 핵산의 염기서열과 단백질의 입체 구조 확인하기

미국 국립생물공학정보센터(NCBI) 누리집(www.ncbi.nlm.nih.gov)에 접속하면 유전자의 염기서열과 단백질의 입체 구조를 확인할 수 있다.

사람 인슐린 유전자의 염기서열 확인하기

- 1 검색 항목을 Gene(유전자)으로 설정하고 'human INS'를 검색해 보자.
 - ! INS는 인슐린(insulin)의 약자이다.
- 2 검색 결과에서 'INS-insulin'을 클릭하고, 'Genomic regions, transcripts, and products' 항목에서 'FASTA'를 클릭하여 사람 인슐린 유전자의 염기서열을 확인해 보자.

사람 인슐린 단백질의 입체 구조 확인하기

- 1 검색 항목을 Structure(구조)로 설정하고 'human INS'를 검색해 보자.
- 2 검색 결과에서 'HUMAN INSULIN'이 포함된 항목을 클릭하여 사람 인슐린 단백질의 입체 구조를 확인해 보자.

스스로 평가하기

| 지식·이해 | 핵산과 단백질의 기본 구조와 세포에서의 주요 기능을 설명했는가? ☆☆☆

| 과정·기능 | 핵산과 단백질의 기본 구조와 세포에서의 주요 기능을 조사하고 발표했는가? ☆☆☆

| 가치·태도 | 핵산과 단백질의 구조와 기능을 조사하는 과정에서 과학적으로 사고했는가? ☆☆☆

미셔
(Miescher, J.F., 1844~1895)
스위스의 과학자. 백혈구의 핵
에서 DNA를 처음 발견하고
뉴클레인(nuclein)이라고 이름
붙였다.

핵산

핵산에는 DNA(디옥시라이보핵산)와 RNA(라이보핵산)가 있으며, 핵산의 기본 단위체는 인산, 당, 염기가 1 : 1 : 1로 결합한 뉴클레오타이드이다. DNA를 구성하는 당은 디옥시라이보스이고, 염기는 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 타이민(T)이다. RNA를 구성하는 당은 라이보스이고, 염기는 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 유라실(U)이다.

한 뉴클레오타이드의 당은 다른 뉴클레오타이드의 인산과 공유결합으로 연결되며, 수많은 뉴클레오타이드가 공유결합으로 연결되어 폴리뉴클레오타이드가 된다. DNA는 두 가닥의 폴리뉴클레오타이드로 구성된 이중나선구조이고, RNA는 한 가닥의 폴리뉴클레오타이드로 구성된 단일 가닥 구조이다.

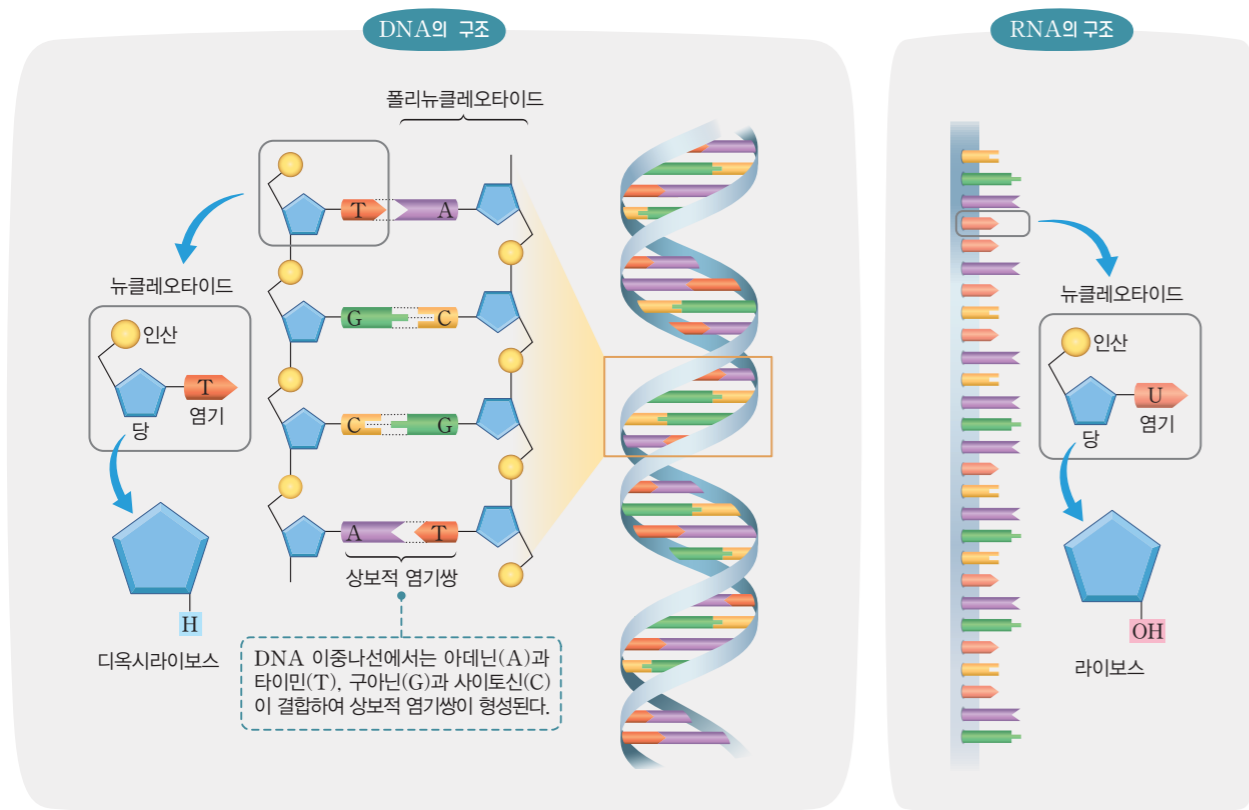


그림 I-4 핵산의 구조

참의사고 DNA를 구성하는 두 가닥의 폴리뉴클레오타이드가 떨어지지 않고 안정적으로 붙어 있을 수 있는 까닭을 설명해 보자.

DNA는 유전정보를 저장하고 다음 세대로 전달하는 유전물질이며, 염기서열에 따라 다양한 유전정보를 저장할 수 있다. RNA는 세포 내에서 유전정보를 전달하고, 유전자로부터 단백질이 합성되는 데 관여한다.

단백질

단백질의 기본 단위체는 아미노산이며, 아미노산은 그림 I-5와 같이 펩타이드 결합으로 연결된다.

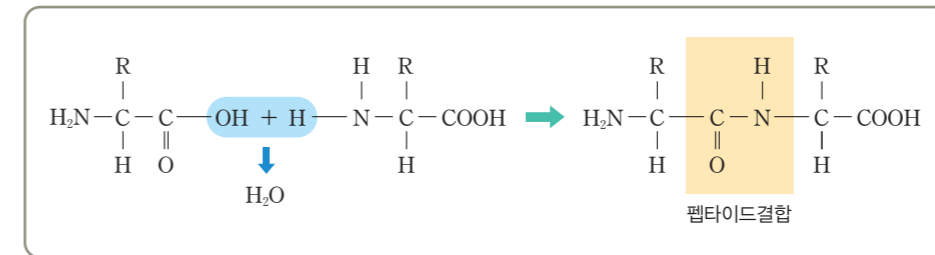


그림 I-5 펩타이드결합

수많은 아미노산이 펩타이드결합으로 연결되어 폴리펩타이드가 되며, 폴리펩타이드는 고유한 입체 구조를 이루어 단백질이 된다. 단백질의 입체 구조는 기본적으로 아미노산서열에 의해 결정된다.

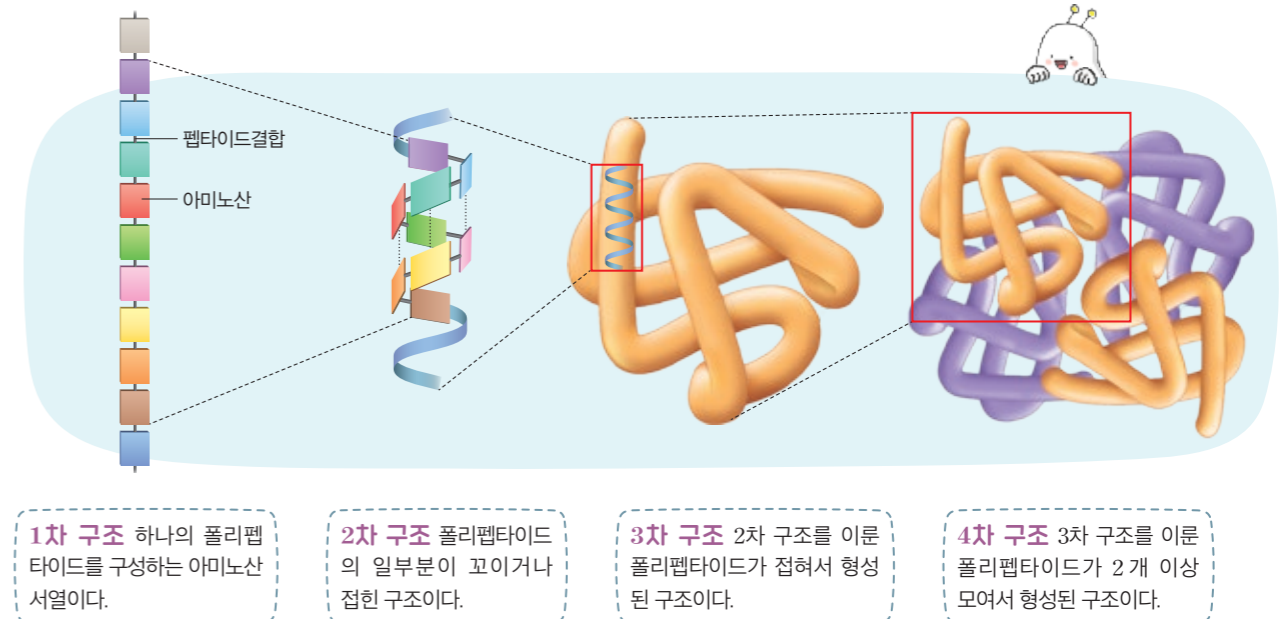
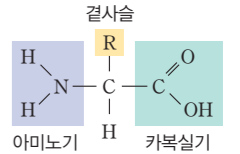


그림 I-6 단백질의 입체 구조 단백질의 종류에 따라 아미노산서열이 다르므로 입체 구조가 다르다.

생명체에는 다양한 종류의 단백질이 있으며, 각 단백질은 고유한 기능을 한다. 단백질은 에너지원으로 이용되거나, 효소와 호르몬의 주성분으로서 물질대사와 생리작용을 조절한다. 또 항체의 주성분으로서 방어작용을 담당하고, 세포막을 통해 물질을 수송하는 등 다양한 생명활동에 관여한다. 단백질의 기능은 입체 구조에 의해 결정되는데, 온도나 pH 같은 환경 조건이 변하면 입체 구조가 달라질 수 있으며, 이 경우 단백질은 제 기능을 하지 못할 수 있다.

아미노산의 구조와 특징

아미노산은 결사슬, 아미노기(-NH₂), 카복실기(-COOH) 등을 가진다. 아미노산의 종류에 따라 결사슬이 서로 다르며, 생명체는 일반적으로 단백질 합성에 20 종류의 아미노산을 이용한다.



헤모글로빈처럼 크기가 큰 일부 단백질만 4차 구조를 이루어.



디지털 탐색

미국 국립생물공학정보센터(NCBI)
(www.ncbi.nlm.nih.gov)
human INS를 검색하여 사람 인슐린 단백질의 아미노산서열을 확인해 보자.



다음 탐구에서 핵산과 단백질을 모형으로 제작해 보자.

탐구

모형 생성, 자료 분석

탐구 능력 | 문제 해결 능력

핵산과 단백질 모형 제작하기

실험 영상



목표 핵산과 단백질의 모형을 제작하여 구조적인 특징을 설명할 수 있다.

탐구 1 핵산 모형 제작하기

과정 및 결과

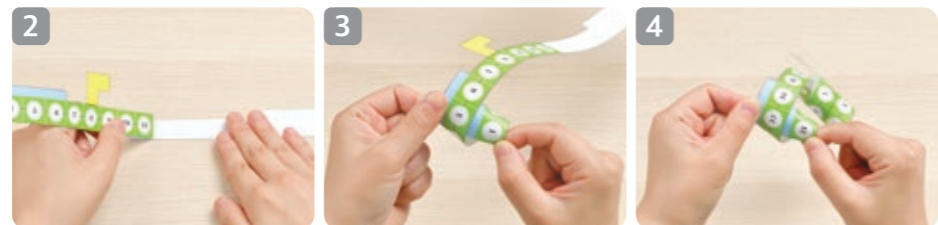
1. 부록에 있는 DNA 모형을 잘라 준비한다.
2. DNA 모형 중 한 가닥의 염기를 쓰는 칸에 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 타이민(T)을 이용하여 자유롭게 염기서열을 쓰고, 나머지 가닥에는 상보적 염기쌍을 고려하여 염기서열을 쓴다.
3. 세로 방향의 접는 선을 따라 접고, 인산 부분이 바깥쪽을 향하도록 접어 붙인다.
4. 가로 방향의 접는 선과 대각선 방향의 접는 선을 따라 접어 이중나선구조로 만든다.
5. 모형을 적절하게 위아래로 펴서 DNA 모형을 완성한다.



탐구 2 단백질 모형 제작하기

과정 및 결과

1. 부록에 있는 단백질 모형을 잘라 준비한다.
2. 폴리펩타이드 (가) 모형의 두 조각을 11 번 칸의 뒷면이 서로 닿게 붙인다.
3. 1 번 칸 위에 5 번 칸이 위치하게 하고, 10 번 칸까지 나선 모양으로 감아 붙인다.
4. 21 번 칸 위에 17 번 칸이 위치하게 하고, 12 번 칸까지 나선 모양으로 감아 붙인다.



- 준비물**
- DNA 모형(부록 129 쪽)
 - 단백질 모형(부록 131 쪽)
 - 칼 가위
 - 풀
 - 셀로판테이프

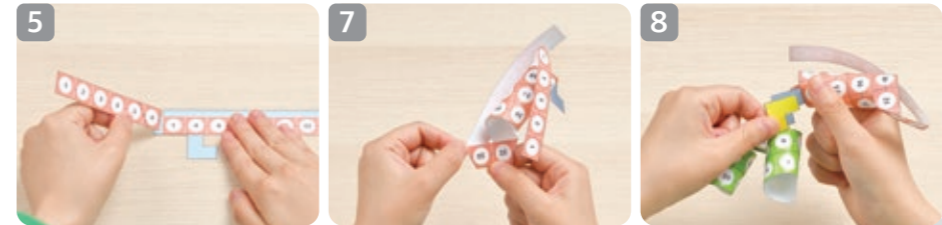
안전

칼이나 가위를 사용할 때에는 손을 다치지 않게 주의한다.

이 단백질은 21 개의 아미노산으로 구성된 폴리펩타이드 (가)와 30 개의 아미노산으로 구성된 폴리펩타이드 (나)로 구성돼.



5. 폴리펩타이드 (나) 모형의 세 조각을 1 번 칸부터 30 번 칸까지 한 줄이 되도록 연결하여 붙인다.
6. 7 번 칸 위에 11 번 칸이 위치하게 하고, 20 번 칸까지 나선 모양으로 감아 붙인다.
7. 밖으로 접는 선을 따라 접는다.
8. (가) 모형과 (나) 모형의 7 자 모양의 가지를 각각 안으로 접는 선을 따라 접은 뒤, 모양에 맞게 겹쳐 붙여 단백질 모형을 완성한다.



7 자 모양의 가지를 붙이는 것은 폴리펩타이드 (가)와 (나)의 결합을 표현한 거야.

정리

1. 핵산 모형과 단백질 모형에서 나타나는 구조적인 규칙성을 각각 설명해 보자.
2. 내가 만든 핵산 모형과 친구가 만든 핵산 모형에 저장되는 유전정보는 서로 같은지 다른지를 그렇게 판단한 까닭과 함께 설명해 보자.
3. 단백질 모형을 통해 알 수 있는 단백질의 4차 구조에 대해 설명해 보자.

스스로 평가하기

- | 지식·이해 |** 핵산과 단백질의 구조적인 특징을 설명했는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 |** 정해진 순서에 따라 모형을 제작했는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 |** 모형을 제작하면서 핵산과 단백질의 구조에 대한 흥미를 느꼈는가? ☆☆☆

핵산과 단백질은 모두 수많은 기본 단위체가 결합하여 만들어지는 물질이다. DNA에는 단백질을 합성하는 데 필요한 유전정보가 저장되어 있고, 이 유전정보에 따라 합성된 단백질은 고유한 입체 구조를 가지며 생명활동에 필요한 기능을 한다.

스스로 확인하기

- 1 핵산 중 ()은/는 이중나선구조이고, ()은/는 단일 가닥 구조이다.
- 2 수많은 아미노산이 ()으로 연결되어 폴리펩타이드가 되며, 폴리펩타이드는 고유한 입체 구조를 이루어 단백질이 된다.
- 3 **| 과학 역량 기르기 |** 생명체를 구성하는 세포 안의 pH가 일정하게 유지되어야 하는 까닭을 단백질의 구조적인 특징과 관련지어 설명해 보자.

단원을 마치기 전에 학습 목표를 달성했는지 12 쪽 학습 목표에 ✓ 표 하여 스스로 점검해 보자.

단백질의 구조를 예측하는 인공지능(AI)

사람의 질병에는 단백질의 이상에 의해 발생하는 것이 많다. 따라서 생명 현상을 연구하거나 신약을 개발하기 위해 단백질의 구조를 알아내는 것이 매우 중요하다.

과거에는 단백질의 구조를 알아내는 것이 쉽지 않았지만, 현재는 인공지능(AI)을 이용하여 단백질의 구조를 쉽고 빠르게 예측하고 있다. 인공지능(AI)은 이미 구조가 밝혀진 단백질의 정보를 학습하고, 이 학습을 통해 수많은 단백질의 구조를 예측한다. 나아가 인공지능(AI)은 자연계에 존재하지 않는 새로운 단백질의 구조도 예측할 수 있도록 발전했다. 그 결과 과학자가 연구하려는 아미노산서열을 인공지능(AI)에 제시하면 인공지능(AI)이 단백질의 입체 구조를 예측하여 새로운 단백질의 구조와 기능에 대한 정보를 얻을 수 있게 되었다.

앞으로 새로운 효소를 개발하거나, 특정 호르몬과 유사한 기능을 하는 약물을 개발하는 등 다양한 분야에서 인공지능(AI)을 활용한 단백질 연구가 이루어질 것이다.



▲ 인공지능(AI)으로 예측한 다양한 단백질의 입체 구조

생각 펼치기

단백질의 구조를 예측하는 인공지능(AI)을 알아보고, 이 인공지능(AI)으로 다양한 단백질의 구조를 확인해 보자.

탐구 능력

중단원 마무리

1. 생명체의 구성 물질

01 탄수화물과 지질의 종류와 기능

9 쪽~11 쪽

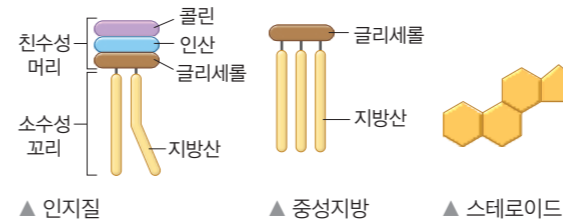
1. 탄수화물

- 탄수화물은 생명체의 주요 에너지원이다.
- 단당류: 과당, 포도당, 갈락토스 등이 있다.
- ① : 2 개의 단당류가 결합한 물질이며, 설탕, 엿당, 젓당 등이 있다.
- ② : 여러 개의 단당류가 결합한 물질이며, 에너지를 저장하는 녹말과 글라이코젠, 식물의 세포벽을 구성하는 셀룰로스 등이 있다.



2. 지질

- ③ : 글리세롤에 지방산과 인산 등이 결합한 물질이며, 생체막을 구성하는 주요 성분이다.
- ④ : 글리세롤에 지방산이 결합한 물질이며, 에너지원으로 이용되거나 체온을 유지하는 역할을 한다.
- 스테로이드: 4 개의 고리 구조가 연결된 물질이며, 콜레스테롤, 성호르몬 등이 있다.





02 핵산과 단백질의 구조와 기능

12 쪽~17 쪽

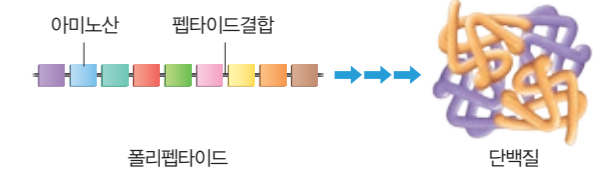
1. 핵산

- 핵산의 기본 단위체는 ⑤ 이다.

구분	DNA	RNA
구조	 ⑥	 단일 가닥 구조
기능	유전정보를 저장하고 다음 세대로 전달한다.	세포 내에서 유전정보를 전달하고, 단백질이 합성되는 데 관여한다.

2. 단백질

- 단백질의 기본 단위체는 ⑦ 이다.
- 수많은 아미노산이 펩타이드결합으로 연결된 폴리펩타이드는 고유한 입체 구조를 이루어 단백질이 된다.



- 단백질의 형성
- 단백질의 기능은 입체 구조에 의해 결정되며, 단백질은 에너지원으로 이용되거나 효소, 호르몬, 항체 등의 주성분으로서 다양한 생명활동에 관여한다.

스스로 평가하기

이 단원에서 학습한 내용을 확인하고 스스로 평가해 봅시다.

- 지식·이해** 탄수화물과 지질의 종류와 주요 기능을 설명했는가? □ □ □
핵산과 단백질의 기본 구조와 세포에서의 주요 기능을 설명했는가? □ □ □
- 과정·기능** 생명체에 들어 있는 탄수화물과 지질을 관찰했는가? □ □ □
핵산과 단백질의 구조적인 특징을 설명하기 위한 모형을 제작했는가? □ □ □
- 가치·태도** 생명체를 구성하는 다양한 물질의 중요성을 인식했는가? □ □ □
핵산과 단백질의 구조와 기능을 조사하는 과정에서 과학적으로 사고했는가? □ □ □

우수	보통	미흡
□	□	□
□	□	□
□	□	□
□	□	□

평가 결과가 아쉽다면 '1. 생명체의 구성 물질'을 다시 한번 학습해 봅시다.

2

세포의 구조와 기능

- 01 세포의 연구 방법
- 02 세포소기관의 구조와 기능
- 03 원핵세포와 진핵세포
- 04 세포막을 통한 물질 수송

과자 공장에서 여러 기계가 각각의 기능을 하면서 과자를 만드는 것처럼 세포에서도 여러 구조가 각각의 기능을 하면서 생명활동이 일어난다.

들여다보기 우리 주변에서 각 부분이 상호작용하여 한 가지 일을 하는 것에는 무엇이 있을까?

생각해 보기 세포 안에는 어떤 구조가 있으며, 각 구조는 어떤 일을 할까?



학습할 내용을 알아보고, 스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

이전 학습 내용

알고 있는 단어에 ✓ 표 해 보자.

- 세포 핵 미토콘드리아 엽록체 세포막

지식·이해

- 동물세포와 식물세포를 구성하는 세포소기관의 구조와 기능을 설명할 수 있다.
- 원핵세포와 진핵세포의 공통점과 차이점을 설명할 수 있다.
- 세포막의 구조와 특성을 이해하고, 세포막을 통한 물질 수송 과정을 설명할 수 있다.

과정·기능

- 광학 현미경을 이용하여 세포의 크기를 측정할 수 있다.
- 세포소기관 사이의 유기적 관계를 추론하며 협력적으로 소통할 수 있다.

가치·태도

- 생명활동이 일어나는 기본 단위로서 세포의 중요성을 인식할 수 있다.
- 간이 원심분리 기구를 만드는 활동을 통해 과학이 사회에 기여함을 인식할 수 있다.

나의 학습 계획

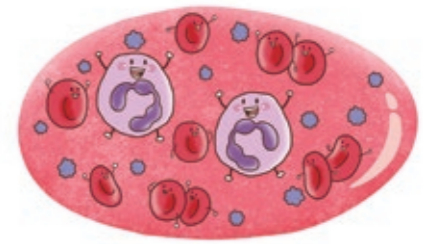
나는 이 단원에서 _____ 을/를 알고 싶다.

01 세포의 연구 방법

| 학습 목표 |

- 세포의 구조와 기능을 연구하는 다양한 방법을 설명할 수 있다.

혈액 한 방울에는 눈에 보이지 않지만 수많은 세포가 있다. 세포는 어떤 방법으로 연구할 수 있을까?



세포는 생명체를 구성하는 구조적이며 기능적인 기본 단위이다. 세포의 구조와 기능은 현미경, 자기방사법, 세포분획법 등 다양한 방법을 이용하여 연구할 수 있다.

현미경을 이용한 연구

일반적으로 세포는 크기가 1 μ m~100 μ m로 작아서 세포의 구조를 관찰하고 연구할 때에는 주로 현미경을 이용한다. 광학 현미경은 대물렌즈와 접안렌즈를 이용하여 가시광선을 굴절시켜 확대된 상을 얻는다. 광학 현미경을 이용하면 세포의 모양과 길이뿐만 아니라 세포에 있는 핵, 엽록체, 미토콘드리아 같은 세포소기관을 관찰할 수 있다. 또 세포소기관을 염색하면 더 뚜렷하게 관찰할 수 있다. 광학 현미경에는 일반적인 광학 현미경 외에도 위상차 현미경, 형광 현미경 등이 있다.

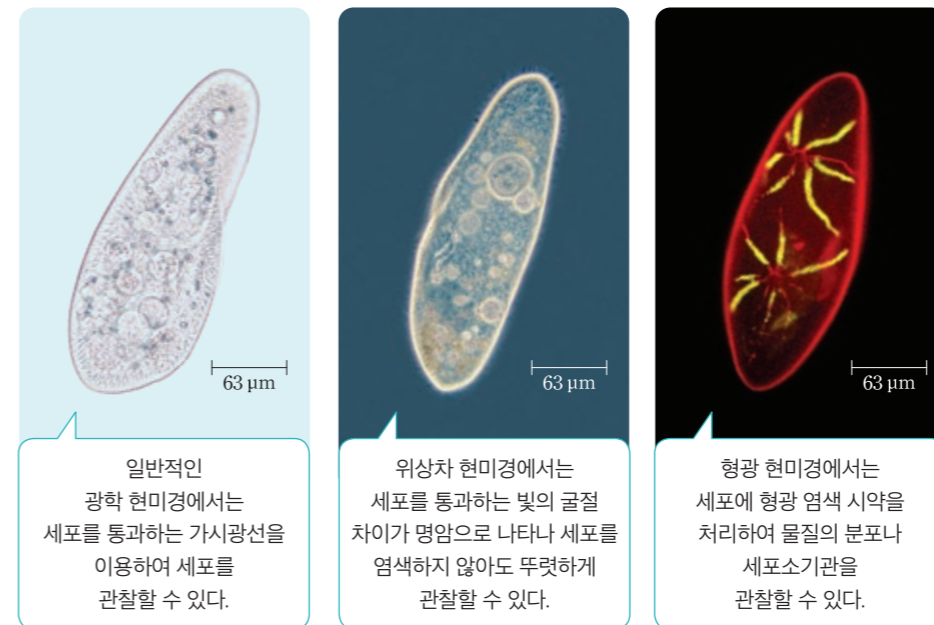


그림 I-7 광학 현미경

생명과학 + 물리학

빛의 굴절과 렌즈

매질이 달라지는 경계면에서는 빛의 진행 방향이 꺾이는 굴절이 일어난다. 렌즈는 빛의 굴절을 이용하여 빛을 모으거나 퍼뜨리는 도구이며, 광학 현미경의 대물렌즈와 접안렌즈는 모두 빛을 모아 물체를 확대해서 보여주는 볼록렌즈이다.



일반적인 광학 현미경에서는 세포를 통과하는 가시광선을 이용하여 세포를 관찰할 수 있다.

위상차 현미경에서는 세포를 통과하는 빛의 굴절 차이가 명암으로 나타나 세포를 염색하지 않아도 뚜렷하게 관찰할 수 있다.

형광 현미경에서는 세포에 형광 염색 시약을 처리하여 물질의 분포나 세포소기관을 관찰할 수 있다.

그림 I-8 다양한 광학 현미경을 이용한 짚신벌레 관찰

다음 탐구에서 광학 현미경으로 세포의 크기를 측정해 보자.

탐구

실험, 자료 분석

탐구 능력 | 문제 해결 능력

세포의 크기 측정하기

실험 영상



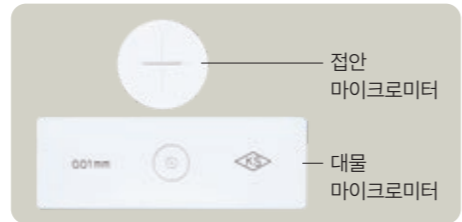
목표 광학 현미경을 이용하여 세포의 크기를 측정할 수 있다.

탐구 ① 접안마이크로미터 한 눈금의 길이 구하기

과정

다음은 접안마이크로미터와 대물마이크로미터에 대한 설명이다.

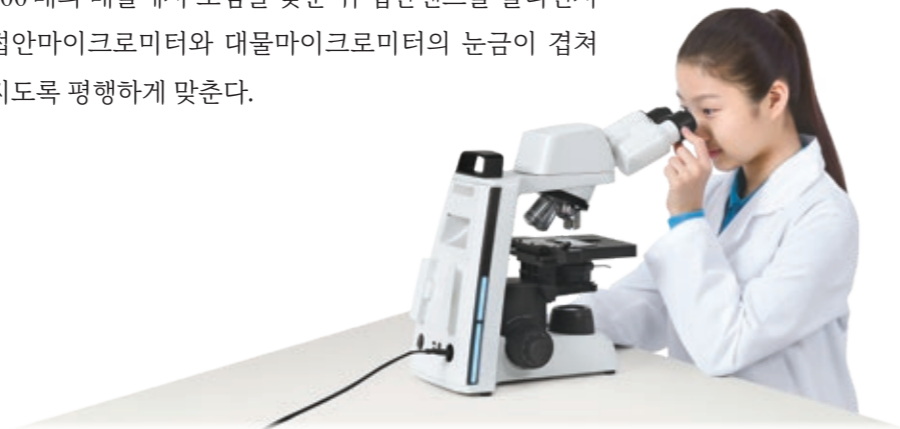
접안마이크로미터 한 눈금의 길이는 대물렌즈의 배율에 따라 달라지지만, 대물마이크로미터 한 눈금의 길이는 배율에 상관없이 10 μm이다.



1. 접안렌즈 뚜껑을 돌려 렌즈 부분을 분리한 뒤, 그 안에 접안마이크로미터를 넣고 다시 조립한다.
2. 접안렌즈를 현미경에 장착하고, 재물대 위에 대물마이크로미터를 올려놓는다.



3. 100 배의 배율에서 초점을 맞춘 뒤 접안렌즈를 돌리면서 접안마이크로미터와 대물마이크로미터의 눈금이 겹쳐 지도록 평행하게 맞춘다.



준비물

- ☑ 접안마이크로미터
- ☑ 대물마이크로미터
- ☑ 받침 유리
- ☑ 스포이트
- ☑ 핀셋
- ☑ 해감
- ☑ 실험용 장갑
- ☑ 덮개 유리
- ☑ 광학 현미경
- ☑ 거름종이
- ☑ 실험복

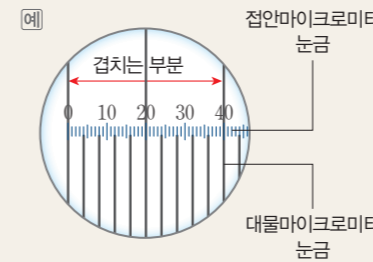
안전



- 유리 기구가 깨지지 않게 주의한다.
- 사용하고 남은 생물 재료는 선생님의 지도에 따라 분리하여 처리한다.
- 실험복과 실험용 장갑을 반드시 착용한다.

4. 다음을 참고하여 두 마이크로미터의 눈금이 겹치는 부분을 찾아 눈금 칸 수를 센 뒤 접안마이크로미터 한 눈금의 길이를 구한다.

현미경의 배율이 400 배일 때 접안마이크로미터 한 눈금의 길이를 구하는 방법



그림에서 두 마이크로미터가 겹치는 부분 사이에 있는 각 마이크로미터의 눈금 칸 수를 센 뒤, 접안마이크로미터 한 눈금의 길이를 구한다.

• 대물마이크로미터 한 눈금의 길이: 10 μm
 • 접안마이크로미터 한 눈금의 길이

$$= \frac{\text{대물마이크로미터의 눈금 칸 수}(10 \text{ 개})}{\text{접안마이크로미터의 눈금 칸 수}(40 \text{ 개})} \times 10 \mu\text{m} = 2.5 \mu\text{m}$$

탐구 ② 해감 세포의 크기 측정하기

과정

1. 받침 유리 위에 해감을 겹치지 않게 펴서 올려놓는다.
2. 물을 한 방울 떨어뜨린 뒤 덮개 유리를 덮고, 여분의 용액은 거름종이로 제거한다.



3. 100 배의 배율에서 현미경으로 해감을 관찰하고, 접안마이크로미터를 이용하여 세포 하나의 크기를 측정한다.

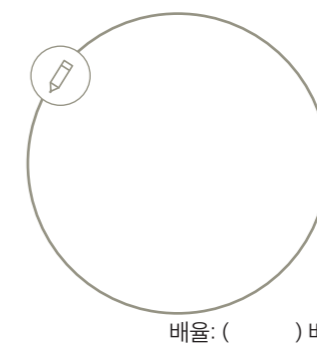
결과및정리

1. 현미경의 배율이 100 배일 때 접안마이크로미터 한 눈금의 길이를 써 보자.



2. 현미경으로 해감을 관찰한 결과를 그리고, 세포 하나의 크기를 표시해 보자.

3. **사고력** 대물렌즈를 바꾸어 현미경의 배율을 100 배에서 200 배로 높였을 때, 접안마이크로미터 한 눈금의 길이는 어떻게 변할지 설명해 보자.



배율: () 배

현미경을 이용하여 양파의 표피세포, 감정말의 앞 세포, 사람의 입안 상피세포 등의 크기도 측정할 수 있어.



디지털 탐색

현미경 전용 카메라를 이용하면 현미경으로 해감을 관찰한 결과를 사진으로 찍을 수 있고, 이미지 분석 소프트웨어를 이용하면 마이크로미터 없이 현미경 관찰 결과에서 세포의 크기를 측정할 수 있다.

스스로 평가하기

지식·이해 | 광학 현미경을 이용하여 세포의 크기를 측정하는 원리를 설명했는가? ☆☆☆

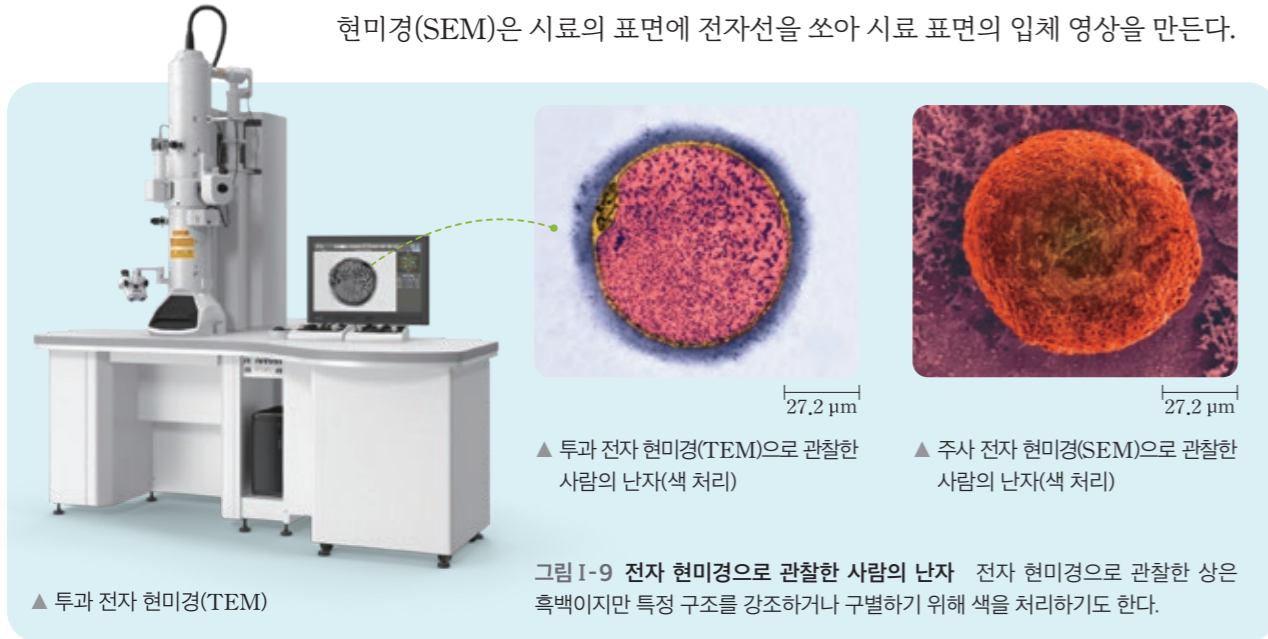
과정·기능 | 광학 현미경을 이용하여 세포의 크기를 측정했는가? ☆☆☆

가치·태도 | 세포의 크기를 측정하면서 광학 현미경의 유용성을 인식했는가? ☆☆☆

해상력의 특징

아주 가까운 거리에 있는 두 점이 확실하게 분리되어 보이는 최소 거리가 짧을수록 해상력이 뛰어나다.

세포의 미세한 구조를 연구할 때에는 전자 현미경을 이용한다. 전자 현미경은 가시광선보다 파장이 짧은 전자선을 이용하므로 광학 현미경보다 해상력이 뛰어나 높은 배율에서도 선명한 상을 얻을 수 있다. 전자 현미경에는 투과 전자 현미경(TEM)과 주사 전자 현미경(SEM)이 있다. 투과 전자 현미경(TEM)은 얇게 자른 시료에 전자선을 통과하게 하여 시료 단면의 확대된 영상을 만들고, 주사 전자 현미경(SEM)은 시료의 표면에 전자선을 쏘아 시료 표면의 입체 영상을 만든다.



방사성 동위원소 ¹⁴C로 표시된 이산화 탄소를 식물세포에 공급하고 이를 추적하면 광합성으로 포도당이 합성되는 과정을 알 수 있다. 또 방사성 동위원소 ³⁵S로 표시된 아미노산을 세포에 공급하고 이를 추적하면 세포에서 단백질이 합성, 이동, 분비되는 경로를 알 수 있다.

세포분획법

세포분획법은 세포소기관을 연구하기 위해 세포소기관을 종류별로 분리할 때 이용하는 연구 방법이다.

세포분획법에서는 그림 I-11과 같이 먼저 세포나 조직을 파쇄한 뒤, 여러 가지 세포소기관이 섞여 있는 세포 파쇄액을 *원심분리기에 넣고 회전시킨다. 이때 원심분리기의 회전 속도와 회전 시간을 다르게 하면 세포소기관이 크기와 밀도에 따라 차례대로 가라앉아 분리된다.

*** 원심분리기**
고속으로 회전할 때의 원심력을 이용하여 혼합물에 포함된 물질을 분리하는 기계



동물세포의 경우 일반적으로 느린 회전 속도에서는 핵이 먼저 가라앉아 분리되고, 회전 속도를 증가시키면 미토콘드리아, 세포막과 소포체 등 내부 막 조각, 라이보솜 순으로 가라앉아 분리된다.

세포벽을 제거한 식물세포의 경우에는 핵, 엽록체, 미토콘드리아, 세포막과 소포체 등 내부 막 조각, 라이보솜 순으로 가라앉아 분리된다.

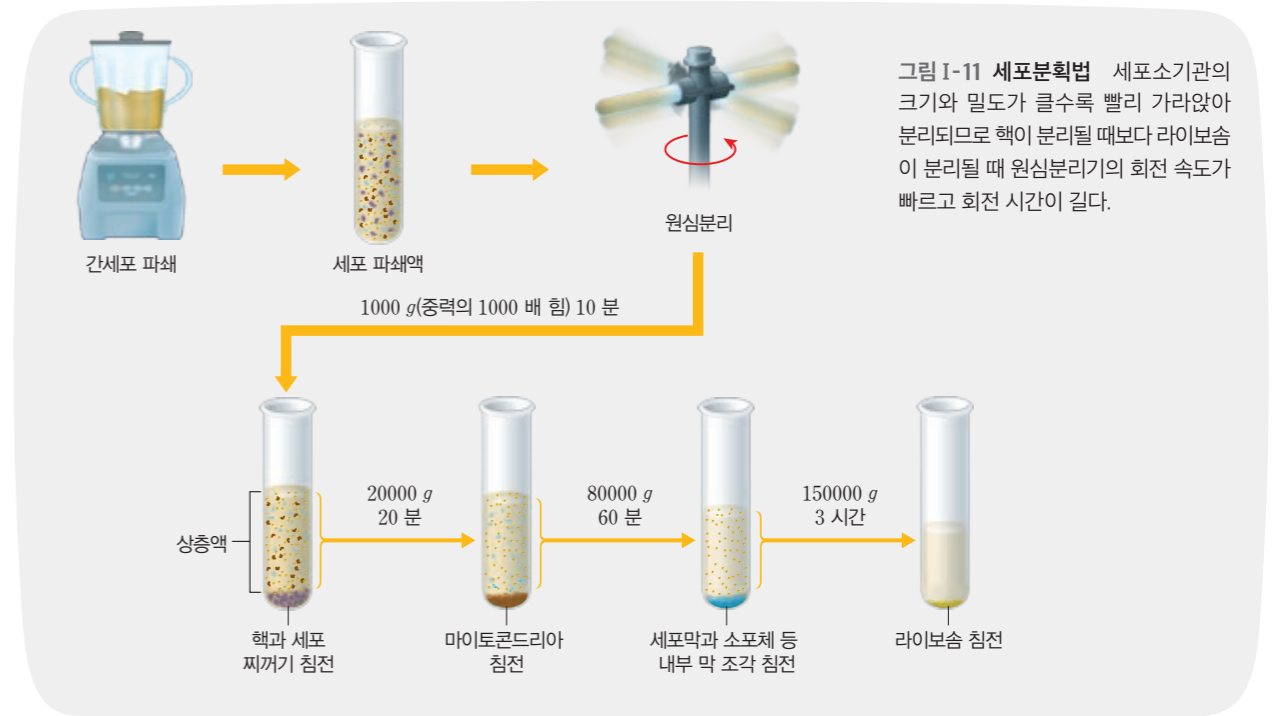
*** 방사성 동위원소**

불안정한 핵을 가져 방사선을 방출하며 안정된 상태가 되려는 동위원소

예) ³H, ¹⁴C, ³²P, ³⁵S

자기방사법

자기방사법은 *방사성 동위원소로 표시된 화합물을 세포나 조직에 공급하고 시간의 흐름에 따라 방사성 동위원소에서 방출되는 방사선을 추적하는 연구 방법이다. 자기방사법을 이용하면 세포 내에서 물질이 이동하는 경로나 변화되는 과정을 확인할 수 있다.



❓ 식물세포 파쇄액을 원심분리 할 때 엽록체까지 가라앉은 상태의 상층액에는 어떤 세포소기관이 있을까?

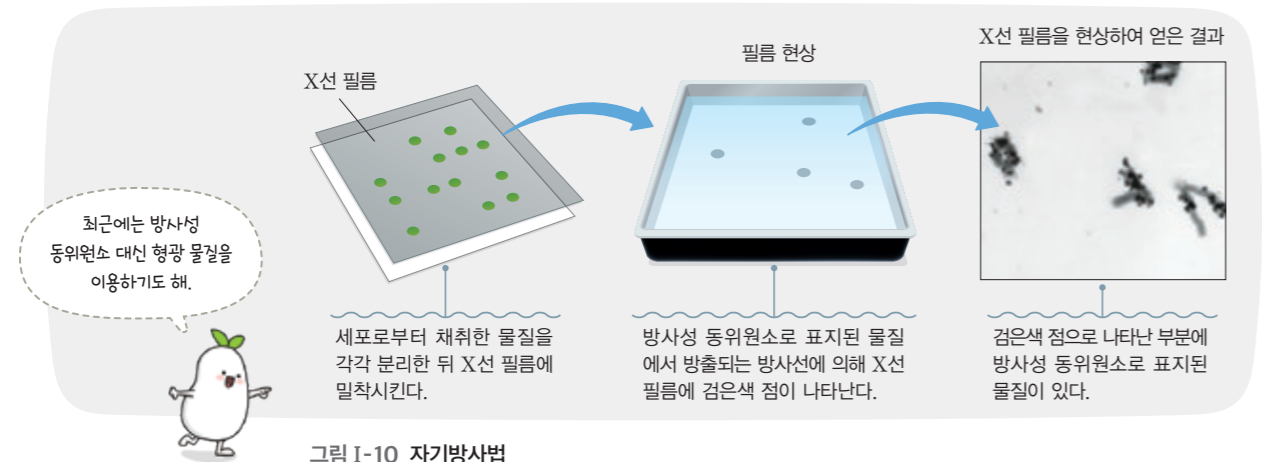


그림 I-10 자기방사법

세포분획법에서 원심분리는 세포소기관을 크기와 밀도에 따라 차례대로 가라앉혀 분리해 주는 중요한 과정이다. 다음 탐구에서 간이 원심분리 기구를 만들어 식물 파쇄액을 원심분리 해 보자.

탐구

모형 생성, 실험

탐구 능력 | 문제 해결 능력

간이 원심분리 기구를 제작하여 원심분리 해 보기

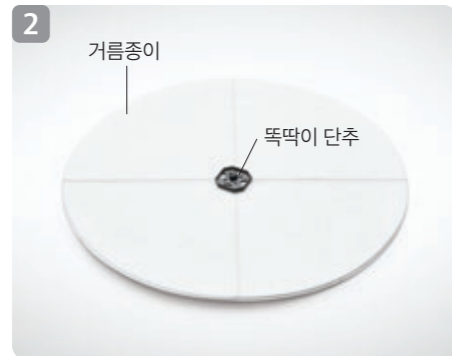
실험 영상



목표 간이 원심분리 기구를 제작하고, 간이 원심분리 기구를 이용하여 시금치 파쇄액을 원심분리 할 수 있다.

과정 및 결과

1. 거름종이 1 장을 사등분하여 접었다가 편 뒤, 이 거름종이가 제일 위에 오도록 거름종이 6 장을 겹쳐 풀로 붙인다.
2. 거름종이의 중심에 송곳으로 구멍을 뚫고 똑딱이 단추를 끼운다.
3. 똑딱이 단추의 구멍 2 개에 맞추어 송곳으로 거름종이에 구멍을 뚫은 뒤, 철근 2 개를 구멍에 각각 통과시킨다.
4. 철근의 양쪽에 열쇠고리를 각각 끼운 뒤, 철근의 양 끝을 묶는다.
5. 적당한 길이로 자른 빨대 2 개의 한쪽 끝을 고무찰흙에 각각 눌러서 막는다.
6. 끝이 막힌 부분이 거름종이의 바깥쪽을 향하도록 빨대 2 개를 셀로판테이프로 거름종이의 접은 선에 대칭으로 붙인다.



준비물

- 비커
- 모세관
- 거름종이
- 풀
- 송곳
- 똑딱이 단추
- 철근
- 열쇠고리
- 빨대
- 고무찰흙
- 가위
- 셀로판테이프
- 시금치 파쇄액
- 실험복
- 실험용 장갑

안전



- 유리 기구가 깨지지 않게 주의한다.
- 가위와 송곳을 사용하거나 간이 원심분리 기구를 사용할 때에는 손을 다치지 않게 주의한다.
- 사용하고 남은 생물 재료는 선생님의 지도에 따라 분리하여 처리한다.
- 시금치 파쇄액을 사용할 때에는 실험복과 실험용 장갑을 반드시 착용한다.

7. 모세관에 시금치 파쇄액을 절반 이상 채운 뒤, 모세관의 양 끝을 모두 고무찰흙에 눌러서 막는다.
8. 7의 모세관과 빈 모세관을 각각 간이 원심분리 기구의 빨대 안에 넣은 뒤, 빨대의 끝을 셀로판테이프로 붙여 모세관이 빠져나오지 않게 막는다.
 - ❗ 빈 모세관을 넣는 것은 간이 원심분리 기구의 균형을 맞추기 위해서이다.
9. 열쇠고리를 양손으로 쥐고 철근을 풀었다 조이면서 간이 원심분리 기구를 빠르게 회전시킨다.
10. 간이 원심분리 기구에서 시금치 파쇄액이 들어 있는 모세관을 꺼내어 관찰하고, 관찰 결과를 설명해 보자.

간이 원심분리 기구는 혈액의 세포를 분리하여 병원체를 찾는 적정기술로도 이용돼.



정리

1. 간이 원심분리 기구를 이용하여 시금치 파쇄액을 침전물과 상층액으로 분리하는 원리를 설명해 보자.
2. 주변에서 쉽게 구할 수 있는 혼합액을 내가 만든 간이 원심분리 기구로 원심분리 해 보자.

스스로 확인하기

- 1 시료 표면의 입체 구조를 관찰할 때 이용하는 전자 현미경을 써 보자.
- 2 원심분리를 이용하여 세포소기관을 종류별로 분리하는 세포의 연구 방법을 써 보자.
- 3 | 과학 역량 기르기 | 광학 현미경으로 관찰할 수 없는 세포의 미세 구조를 전자 현미경으로 관찰할 수 있는 까닭을 가시광선과 전자선의 파장과 관련지어 설명해 보자.

스스로 평가하기

- | 지식·이해 | 간이 원심분리 기구를 이용하여 시금치 파쇄액을 분리하는 원리를 설명했는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 | 간이 원심분리 기구를 제작하고, 이를 이용하여 시금치 파쇄액을 원심분리 했는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 간이 원심분리 기구를 제작하며 과학이 사회에 기여함을 인식했는가? ☆☆☆

단원을 마치기 전에

학습 목표를 달성했는지 21 쪽 학습 목표에 ✓ 표시하여 스스로 점검해 보자.

02 세포소기관의 구조와 기능

| 학습 목표 |

- 동물세포와 식물세포를 구성하는 세포소기관의 구조와 기능을 설명할 수 있다.
- 세포소기관 사이의 유기적 관계를 설명할 수 있다.



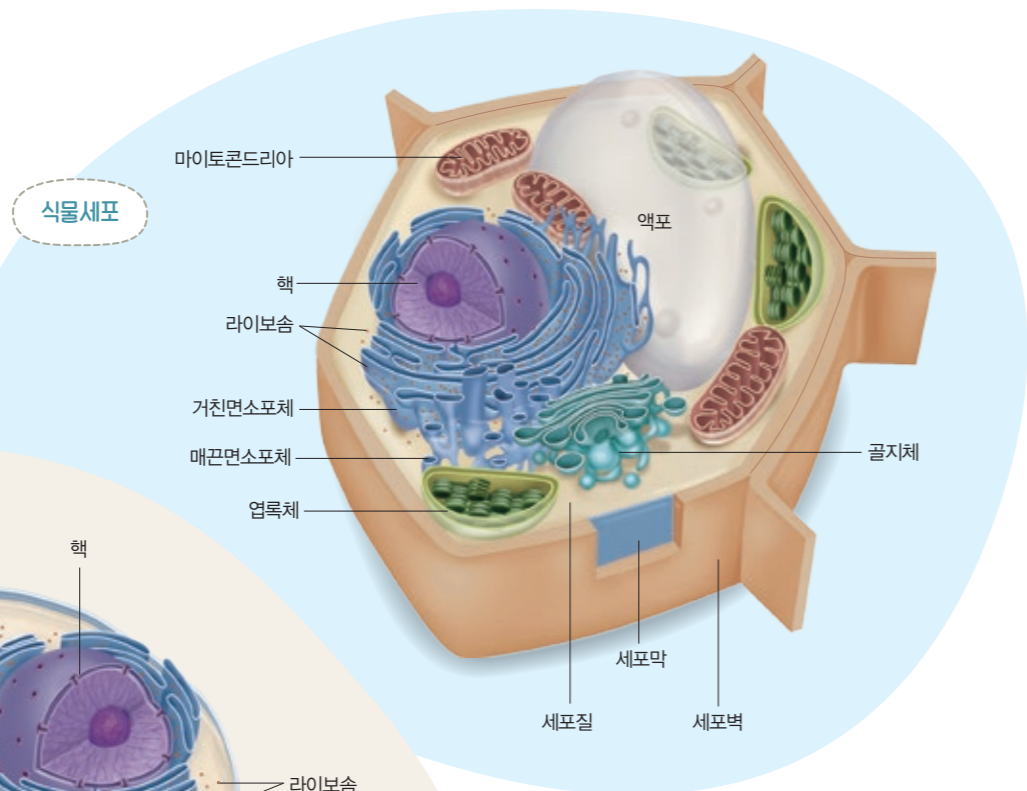
세포소기관

세포소기관은 중학교 『과학』의 '생물의 구성과 다양성', 『생명과학』의 '생명 시스템의 구성' 단원과 연계된다.

식물과 동물을 비롯한 생물의 세포에는 다양한 세포소기관이 있으며, 각 세포소기관은 일정한 형태를 갖추고 고유한 기능을 한다.

디지털 탐색

동물세포(animal cell), 식물세포(plant cell)를 검색하여 세포의 3D 모델을 찾아보자.



동물세포

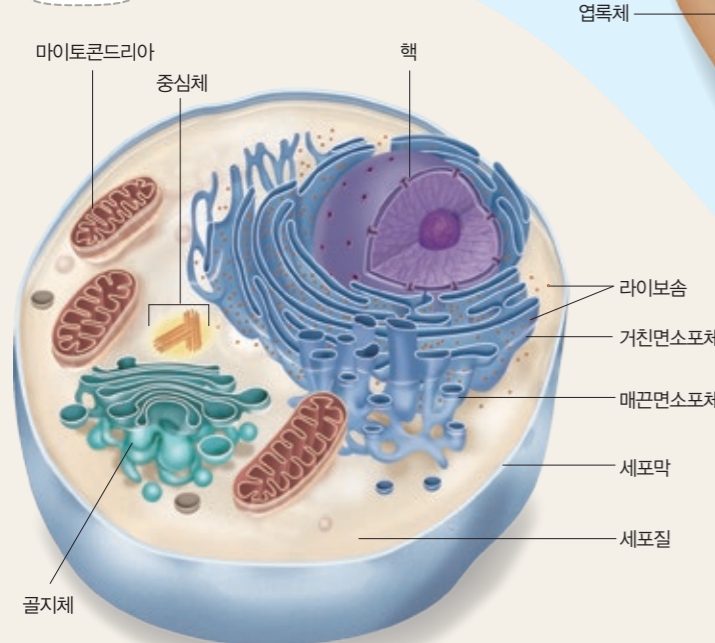


그림 I-12 동물세포와 식물세포의 구조

핵 | 일반적으로 둥근 모양인 핵은 그림 I-13과 같이 핵막으로 둘러싸여 있으며, 핵막은 외막과 내막으로 구성된 이중막이다. 핵막에는 작은 구멍인 핵공이 있으며, 핵공을 통해 RNA, 단백질 같은 물질이 출입한다. 핵 안에는 DNA와 단백질로 구성된 염색질이 들어 있다. 또 다른 부위보다 어둡게 관찰되는 인이 있는데, 인은 RNA와 단백질을 이용하여 라이보솜의 단위체를 만드는 부위이다. 다음 해 보기에서 핵의 기능을 추론해 보자.

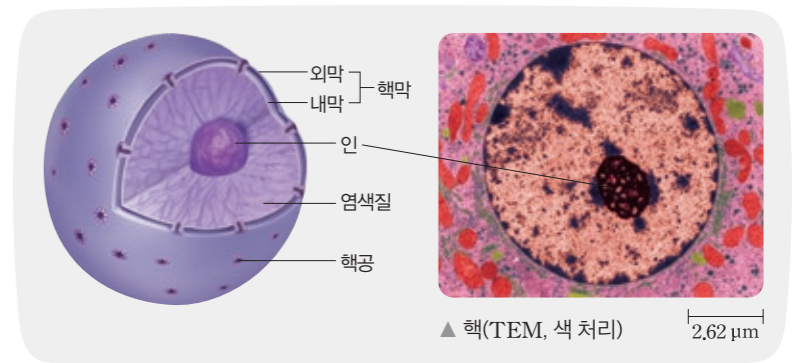


그림 I-13 핵의 구조

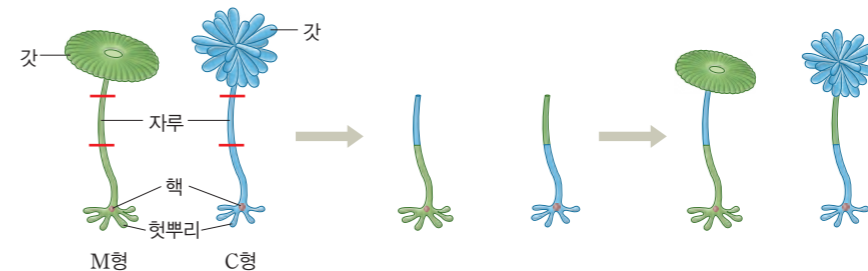
해보기

핵의 기능 추론하기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

다음은 싹갓말을 이용한 실험이다.

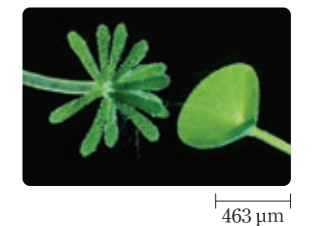
- 싹갓말은 싹갓 모양의 갓, 자루, 핵이 있는 헛뿌리로 구성된다.
- 싹갓말은 갓의 모양에 따라 M형과 C형으로 구분되며, 갓은 제거되어도 다시 생성된다.
- M형의 헛뿌리에 C형의 자루를 이식하고, C형의 헛뿌리에 M형의 자루를 이식했더니 다음과 같이 두 싹갓말에서 새로운 갓이 생성되었다.



1. 새로 생성되는 갓의 모양은 자루와 헛뿌리 중 무엇에 의해 결정되는지 써 보자.
2. 이 실험 결과로 알 수 있는 핵의 기능을 설명해 보자.

싹갓말의 특징

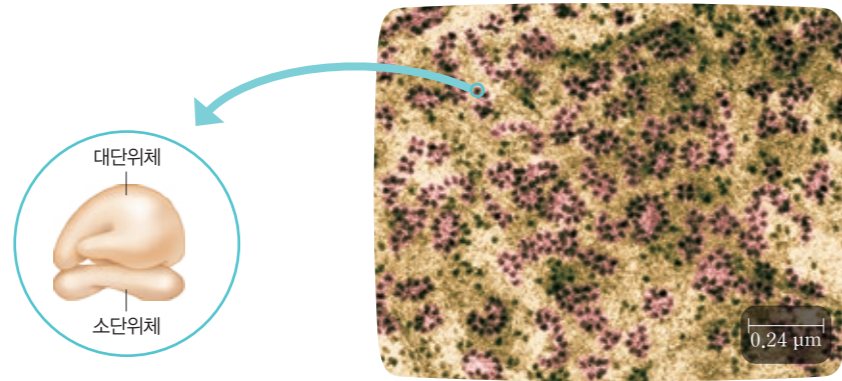
바다에 사는 단세포생물이며, 크기는 6 cm~7 cm이고 광합성을 한다.



핵 안에 들어 있는 DNA의 유전정보에 따라 세포에서 단백질이 합성되며, 다양한 단백질의 작용으로 물질대사, 세포의 성장과 분열 등이 일어난다. 따라서 핵은 세포의 구조와 기능을 결정하고, 생명활동을 조절한다.

펠레이드
(Palade, G. E., 1912~2008)
미국의 과학자. 1950 년대에 전자 현미경과 세포분획법을 이용하여 라이보솜을 발견했으며, 1974 년에 노벨상을 받았다.

라이보솜 | 라이보솜은 RNA와 단백질로 구성된 작은 알갱이 모양이며, 크기가 큰 대단위체와 크기가 작은 소단위체로 구성된다. 라이보솜의 두 단위체는 핵안의 인에서 각각 만들어진 뒤 핵공을 통해 세포질로 이동하며, 단백질을 합성할 때 하나로 결합한다. 라이보솜은 소포체에 붙어 있거나 세포질에 자유롭게 흩어져 있으며, DNA의 유전정보에 따라 단백질을 합성한다.

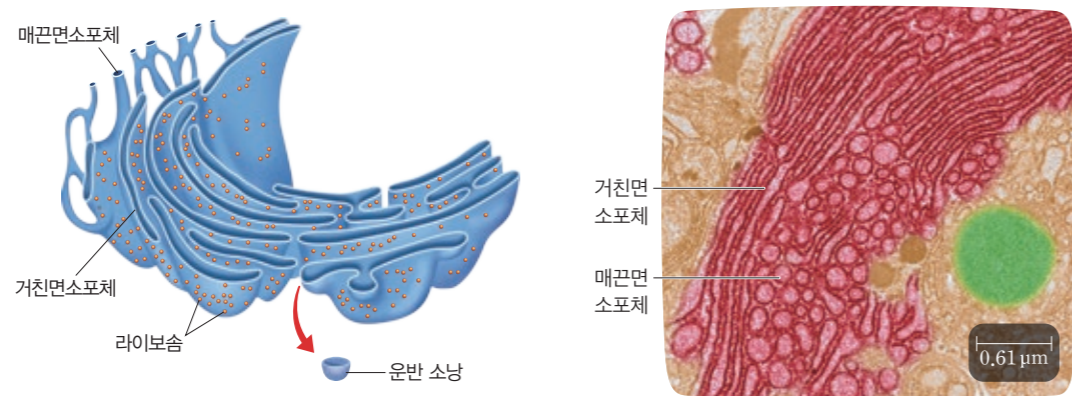


▲ 라이보솜(TEM, 색 처리)

그림 I-14 라이보솜의 구조 라이보솜은 막 구조를 가지지 않는다.

소포체 | 소포체는 납작한 주머니와 관이 복잡하게 연결되어 있는 모양이며, 단일막으로 둘러싸여 있다. 소포체는 표면에 라이보솜이 붙어 있는 거친면소포체와 라이보솜이 붙어 있지 않은 매끈면소포체로 구분된다. 거친면소포체는 라이보솜에서 합성한 단백질을 가공한다. 그리고 이 단백질을 막으로 감싸 운반 소낭을 만들어 골지체로 이동시킴으로써 세포 안에서의 물질 이동에 관여한다. 매끈면소포체는 인지질과 스테로이드를 합성하고, 독성 물질을 해독하며, Ca²⁺을 저장하는 등 다양한 기능을 한다.

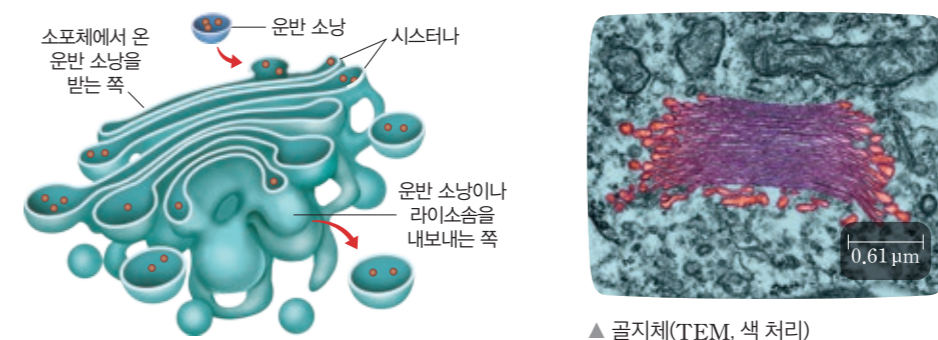
소낭의 특징
소낭은 작은 주머니라는 뜻이며, 소포라고도 한다.



▲ 소포체(TEM, 색 처리)

그림 I-15 소포체의 구조 소포체의 막 중 일부는 핵막과 연결되어 있으며, 소포체의 내부 공간은 서로 연결되어 있다.

골지체 | 골지체는 납작한 시스터나가 겹쳐져 쌓여 있는 모양이며, 단일막으로 둘러싸여 있다. 골지체는 거친면소포체로부터 운반된 단백질을 가공하며, 이 단백질 중 일부를 막으로 감싸 운반 소낭을 만든 뒤 세포의 다른 부위로 이동시킨다. 골지체로부터 만들어지는 운반 소낭 중 일부는 세포막으로 이동하며, 운반 소낭의 막이 세포막과 합쳐지면서 단백질이 세포 밖으로 분비된다. 또 골지체로부터 만들어지는 소낭 중 일부는 라이소솜이 된다.



▲ 골지체(TEM, 색 처리)

그림 I-16 골지체의 구조 골지체의 내부 공간은 소포체와 달리 서로 연결되어 있지 않다.

시스터나의 특징
시스터나라는 이름은 수조를 뜻하는 라틴어에서 유래되었으며, 시스터나는 안에 액체가 채워져 있는 납작한 주머니 모양이다.

참고사고 사람의 침샘세포에는 소포체와 골지체가 발달해 있다. 그 까닭을 침샘세포의 기능과 관련지어 설명해 보자.



라이소솜 | 라이소솜은 작은 소낭 모양이며, 단일막으로 둘러싸여 있다. 라이소솜 안에는 탄수화물, 지질, 핵산, 단백질 등을 분해하는 여러 종류의 가수분해효소가 들어 있다. 라이소솜은 그림 I-18과 같이 세포 안으로 들어온 이물질이나 손상된 세포소기관 등을 분해하는 세포내소화에 관여한다.

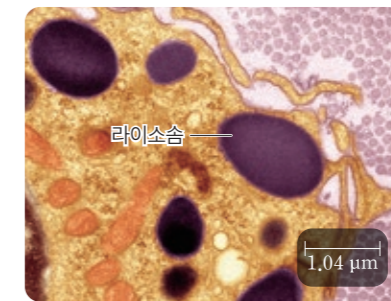


그림 I-17 라이소솜(TEM, 색 처리)



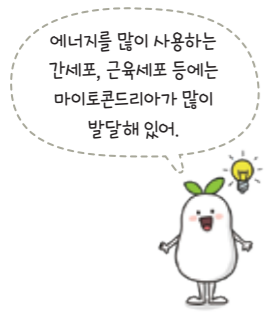
▲ 세포 안으로 들어온 이물질 분해

▲ 손상된 세포소기관 분해

그림 I-18 라이소솜의 작용

크리스타의 특징

크리스타라는 이름은 돌출된 부위를 뜻하는 라틴어에서 유래되었다. 내막이 안쪽으로 돌출되면서 생긴 주름 구조인 크리스타로 인해 내막의 표면적이 넓다.



에너지를 많이 사용하는 간세포, 근육세포 등에는 미토콘드리아가 많이 발달해 있어.

미토콘드리아 | 미토콘드리아는 외막과 내막으로 구성된 이중막으로 둘러싸여 있다. 미토콘드리아의 내막은 주름져 있으며, 이러한 구조를 크리스타라고 한다. 내막의 안쪽은 바탕질이라고 하며, 바탕질에 자체 DNA와 라이보솜이 있어 미토콘드리아는 DNA를 복제하고 단백질을 합성하며 스스로 증식할 수 있다. 미토콘드리아에서는 유기물을 분해하여 생명활동에 필요한 에너지를 얻는 세포 호흡이 일어난다.



그림 I-19 미토콘드리아의 구조

엽록체 | 엽록체는 외막과 내막으로 구성된 이중막으로 둘러싸여 있다. 엽록체 안에는 단일막 구조의 동전 모양인 타이라코이드가 쌓여서 층을 이룬 그라나가 있으며, 그라나를 제외한 내막의 안쪽 부분은 스트로마이다. 엽록체는 스트로마에 자체 DNA와 라이보솜이 있어 DNA를 복제하고 단백질을 합성하며 스스로 증식할 수 있다. 엽록체에서는 빛에너지를 흡수하여 포도당 같은 유기물을 합성하는 광합성이 일어난다. 따라서 엽록체는 빛에너지를 생명체가 사용할 수 있는 형태의 화학 에너지로 전환하는 세포소기관이다.

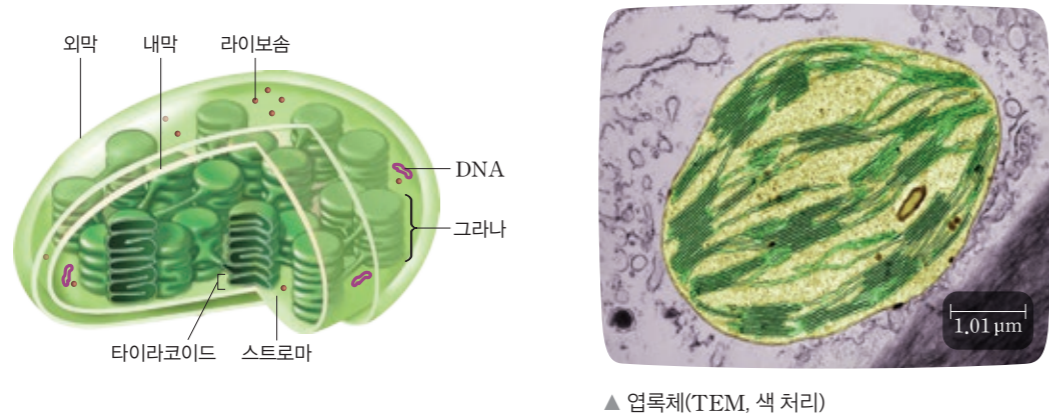


그림 I-20 엽록체의 구조

❓ 미토콘드리아와 엽록체의 구조적인 공통점은 무엇일까?

액포 | 액포는 단일막으로 둘러싸여 있는 주머니 모양의 세포소기관이다. 성숙한 식물세포에는 액포가 발달해 있다. 식물세포의 액포는 물, 노폐물, 영양소 등 다양한 물질을 저장하며, 세포 안의 수분량을 조절한다. 또 액포에 빨간색, 보라색 등 식물의 꽃이나 열매의 색깔을 나타내는 다양한 색소가 저장되기도 한다.

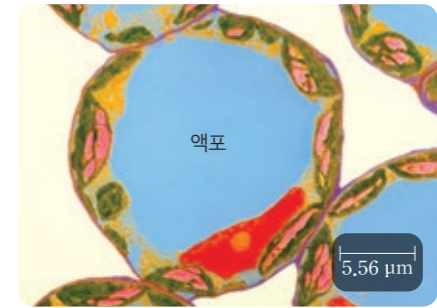


그림 I-21 식물세포의 액포(TEM, 색 처리)

오개념 바로잡기

엽록체와 세포벽은 모두 식물세포에만 있을까?
 엽록체와 세포벽은 식물세포뿐만 아니라 미역, 다시마 같은 광합성을 하는 원생생물의 세포에도 있다.

세포벽 | 세포벽은 세포막의 바깥쪽을 둘러싸고 있는 벽 같은 구조이다. 세포벽은 세포막보다 두껍고 단단하여 세포를 보호하고, 세포의 형태를 유지한다. 세포가 성숙하면서 세포벽은 더욱 두껍게 발달한다. 식물세포에서 세포벽의 주성분은 셀룰로스이다.

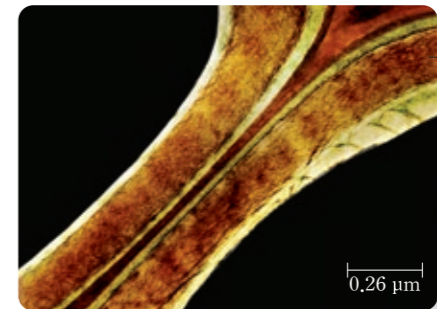
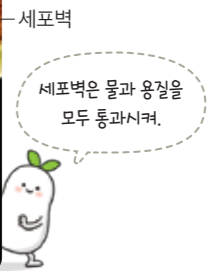


그림 I-22 식물세포의 세포벽(TEM, 색 처리)



세포벽은 물과 용질을 모두 통과시켜.

세포골격과 중심체 | 세포골격은 단백질로 구성된 섬유가 그물처럼 얽혀 있는 구조이다. 세포골격을 구성하는 단백질 섬유에는 미세소관, 중간섬유, 미세섬유가 있다. 세포골격은 세포의 형태를 유지하고, 세포소기관의 이동과 세포의 운동 등에 관여한다.

중심체는 미세소관으로 이루어진 2개의 중심립으로 구성된다. 중심체에서는 세포가 분열할 때 염색체를 양쪽으로 끌어당기는 방추사가 만들어진다.

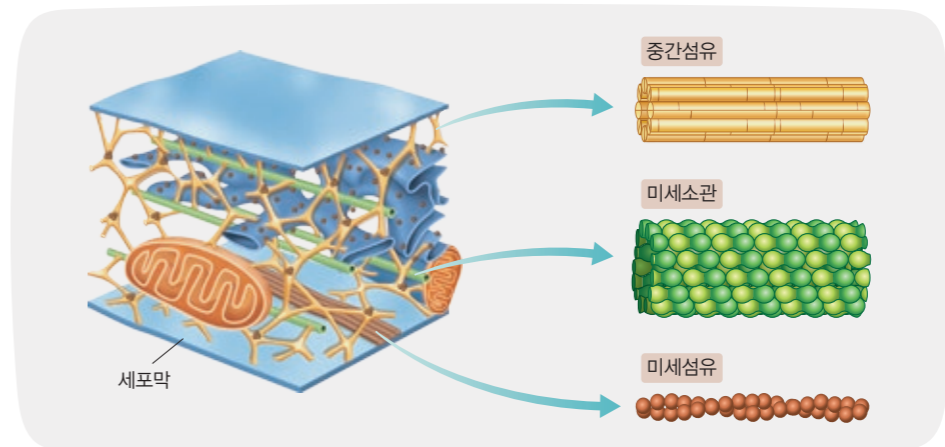
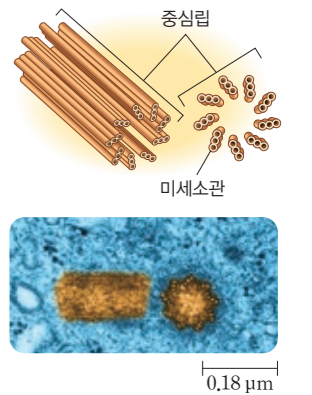


그림 I-23 세포골격 세포골격을 구성하는 단백질 섬유 중 미세소관이 가장 굵고, 미세섬유가 가장 가늘다.

중심체의 특징

중심체는 여러 개의 짧은 미세소관이 모여 이루어진 2개의 중심립으로 구성된다.



▲ 중심체(TEM, 색 처리)

세포소기관 사이의 유기적 관계

세포에서 각 세포소기관은 고유한 기능을 하면서도 서로 유기적으로 작용하여 다양한 생명활동이 일어나게 한다. 다음 탐구에서 세포소기관 사이의 유기적 관계를 알아보자.

🔗 문제 해결 능력 | 🗣️ 의사 결정 능력

탐구

추론, 협력적 소통

준비물

☑️ 스마트 기기

탐구 유의 사항

토의할 때에는 다른 사람의 의견을 주의 깊게 듣고, 자신의 생각을 조리 있게 이야기한다.

세포소기관 사이의 유기적 관계 추론하기

목표 세포소기관 사이의 유기적 관계를 추론하여 발표할 수 있다.

과정 및 결과

다음은 인슐린에 대한 자료이다.

- 인슐린은 혈당량 조절에 관여하는 호르몬이며, DNA의 유전정보에 따라 합성된다.
- 인슐린은 이자세포 안에서 합성된 뒤 세포 밖으로 분비된다.
- 인슐린이 이자세포 안에서 합성되어 분비되기까지 핵, 골지체, 라이보솜, 거친면소포체 등이 관여한다.

1. 핵, 골지체, 라이보솜, 거친면소포체의 기능을 각각 설명해 보자.
2. 모듈별로 이자세포에서 인슐린이 합성되고 분비되기까지의 과정을 토의해 보자.
3. 토의한 내용을 바탕으로 하여 세포소기관 사이의 유기적 관계를 추론해 보자.

인슐린은 어떤 세포소기관에서 합성될까?

핵 안에 DNA가 들어 있어.

인슐린은 세포 밖으로 분비되어야 해.



4. 세포소기관 사이의 유기적 관계가 잘 드러나도록 인슐린의 합성과 분비 과정에 대한 발표 자료를 만들어 발표해 보자.



정리

1. 단백질의 합성과 분비 과정에 관련된 세포소기관의 유기적 관계를 정리해 보자.
2. **✦사고력** 식물세포에서 일어나는 물질 변화 및 에너지전환을 미토콘드리아와 엽록체 사이의 유기적 관계와 관련지어 설명해 보자.

스스로 평가하기

| 지식·이해 | 단백질의 합성과 분비 과정에 관련된 세포소기관 사이의 유기적 관계를 설명했는가? ☆☆☆

| 과정·기능 | 세포소기관 사이의 유기적 관계를 추론하며 협력적으로 소통했는가? ☆☆☆

| 가치·태도 | 토의하고 발표하는 과정에서 모둠원과 개방적으로 의견을 교환했는가? ☆☆☆

세포에서 단백질을 합성하여 세포 밖으로 분비할 때 핵, 라이보솜, 거친면소포체, 골지체 등이 서로 영향을 주고받으면서 작용한다. 이처럼 여러 세포소기관이 유기적으로 작용하여 세포에서 물질이 합성되거나 분해되고, 에너지가 전환되는 등 다양한 생명활동이 일어난다.

스스로 확인하기

- 1 RNA와 단백질로 구성된 작은 알갱이 모양인 ()은/는 DNA의 유전정보에 따라 단백질을 합성한다.
- 2 세포에서 단백질을 합성하고 세포 밖으로 분비하기까지의 과정에 관여하는 세포소기관을 모두 써 보자.
- 3 **| 과학 역량 기르기 |** 핵, 골지체, 라이보솜을 구조적 특징에 따라 구분하는 순서도를 그려 보자.

단원을 마치기 전에 학습 목표를 달성했는지 28 쪽 학습 목표에 ✓ 표하여 스스로 점검해 보자.

03

원핵세포와 진핵세포

학습 목표

- 원핵세포와 진핵세포의 공통점과 차이점을 설명할 수 있다.



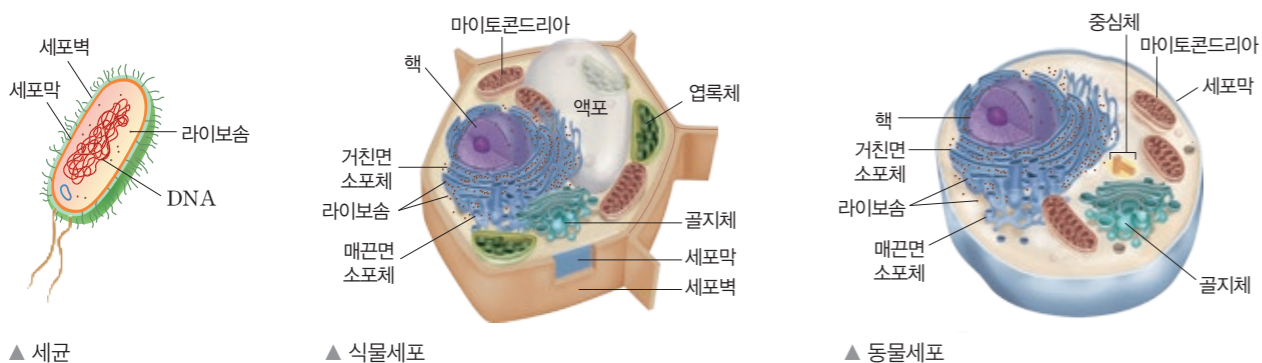
모든 생물의 세포는 기본적으로 공통적인 구조를 가지지만, 세포의 종류에 따라 차이가 있다. 다음 해 보기에서 세균, 식물세포, 동물세포를 비교해 보자.

해보기

세균, 식물세포, 동물세포 비교하기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

그림은 세균, 식물세포, 동물세포를 나타낸 것이다.



▲ 세균

▲ 식물세포

▲ 동물세포

1. 세균, 식물세포, 동물세포에 각각 있는 것은 ○ 표, 없는 것은 × 표 해 보자.

구분	DNA	세포 내 막 구조	라이보솜	세포막	세포벽
세균					
식물세포					
동물세포					

2. 세균, 식물세포, 동물세포는 오른쪽과 같이 (가)와 (나)의 두 무리로 나눌 수 있다. (가)와 (나)의 공통점과 차이점을 설명해 보자.

(가)

세균

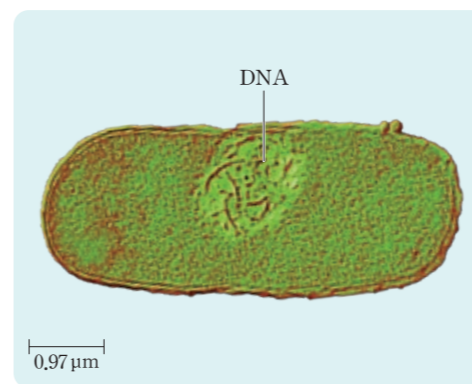
(나)

식물세포, 동물세포

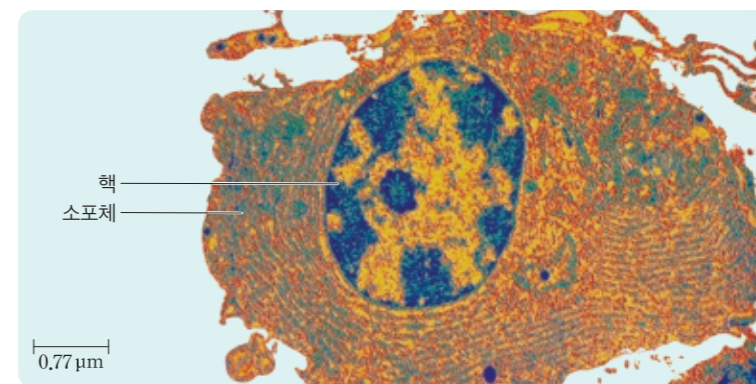
세포는 원핵세포와 진핵세포로 구분된다. 세균은 원핵세포로, 식물과 동물은 진핵세포로 구성되며, 원핵세포와 진핵세포는 모두 세포막, 라이보솜, DNA를 가진다.

원핵세포의 유전물질은 원형의 이중나선 DNA이며, 원핵세포에는 핵막이 없어 DNA가 세포질에 있다. 원핵세포에는 막으로 둘러싸인 세포소기관이 없으며, 세포벽이 있다. 일반적으로 원핵세포는 크기가 진핵세포보다 작다.

진핵세포의 유전물질은 선형의 이중나선 DNA이며, 진핵세포에는 핵막이 있어 DNA가 세포질과 구분되는 핵 속에 있다. 진핵세포에는 소포체, 미토콘드리아 같은 막으로 둘러싸인 세포소기관이 있으며, 진핵세포의 라이보솜은 원핵세포의 라이보솜보다 크다.



▲ 원핵세포(TEM, 색 처리)

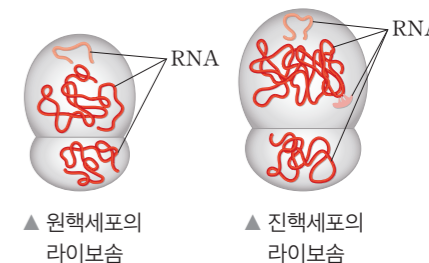


▲ 진핵세포(TEM, 색 처리)

그림 I-24 원핵세포와 진핵세포의 구조

자료실 원핵세포와 진핵세포의 라이보솜

원핵세포와 진핵세포의 라이보솜은 크기 외에도 여러 가지 차이점이 있다. 원핵세포의 라이보솜은 3 종류의 RNA로 구성되지만, 진핵세포의 라이보솜은 4 종류의 RNA로 구성된다. 또 원핵세포의 라이보솜은 진핵세포의 라이보솜보다 가벼우며, 두 라이보솜을 구성하는 단백질의 종류도 다르다. 이런 차이점에 의해 원핵세포의 라이보솜에만 영향을 미치는 물질이 있으며, 이 물질은 세균에 의한 감염병을 치료하는 항생제로 사용할 수 있다.



▲ 원핵세포의 라이보솜

▲ 진핵세포의 라이보솜

스스로 확인하기

- 1 원핵세포와 진핵세포는 모두 세포막, 라이보솜, ()을/를 가진다.
- 2 | 과학 역량 기르기 | 진핵세포가 원핵세포와 달리 다양한 세포소기관을 가져 어떤 이점이 있는지 세포의 생명활동과 관련지어 설명해 보자.

단원을 마치고 전에 학습 목표를 달성했는지 36 쪽 학습 목표에 ✓ 표 하여 스스로 점검해 보자.

04

세포막을 통한 물질 수송

| 학습 목표 |

- 세포막의 구조와 특성을 설명할 수 있다.
- 세포막을 통한 물질 수송 과정을 설명할 수 있다.

포도당은 우리 몸의 주요 에너지원이므로 세포 안으로 수송되어야 한다. 포도당은 어떻게 세포 안으로 수송될까?



세포막의 구조와 특성

세포막을 통한 물질 수송은 『통합과학1』의 '시스템과 상호작용' 단원과 연계된다.

세포막은 세포의 형태를 유지하고 세포를 보호하며, 세포 안과 밖으로의 물질 출입을 조절하는 등 다양한 기능을 한다.

세포막은 주로 인지질과 단백질로 구성된다. 세포의 안과 밖은 모두 물이 풍부한 환경이며, 인지질은 친수성 머리와 소수성 꼬리를 모두 가진다. 따라서 인지질이 세포막을 형성할 때 친수성 머리 부분은 막의 양쪽 바깥을 향하여 물과 접하고, 소수성 꼬리 부분은 서로 마주 보며 모여 물과 접하지 않는다. 그 결과 두 겹으로 구성된 인지질 이중층을 형성한다.

세포막을 구성하는 단백질을 막단백질이라고 하며, 막단백질은 세포막을 관통하거나 세포막에 파묻혀 있고, 세포막 표면에 붙어 있기도 한다.

세포막의 탄수화물과 콜레스테롤
탄수화물은 세포 표면을 보호하거나 세포를 구별하여 인식하는 데 이용되고, 콜레스테롤은 세포막의 유동성을 조절하여 세포막을 안정적으로 유지하는 데 관여한다.

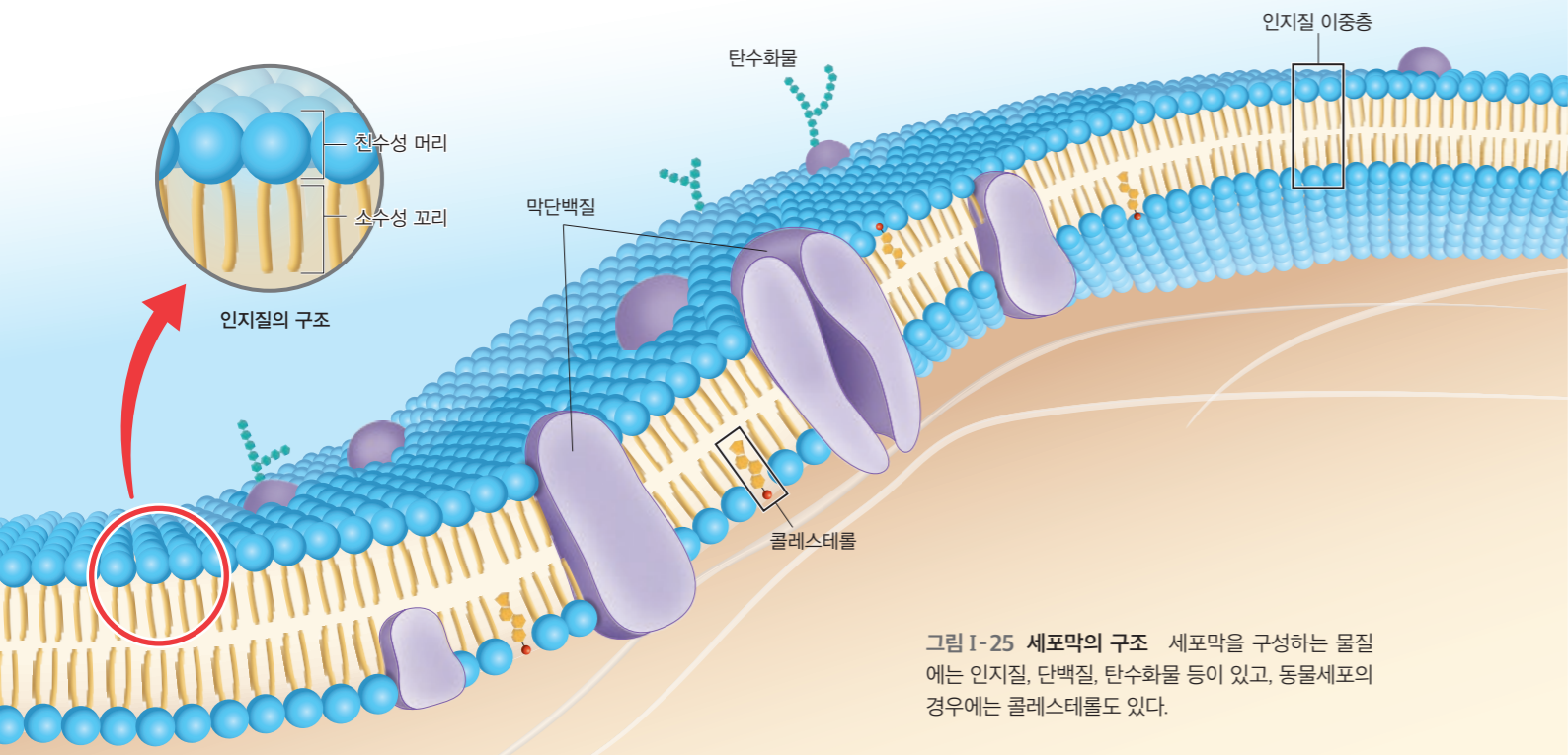


그림 I-25 세포막의 구조 세포막을 구성하는 물질에는 인지질, 단백질, 탄수화물 등이 있고, 동물세포의 경우에는 콜레스테롤도 있다.

막단백질은 물질을 수송하거나 물질대사를 촉매하는 효소로 작용하기도 하며, 세포 밖의 신호를 세포 안으로 전달하는 등 다양한 기능을 한다.

세포막을 구성하는 인지질과 단백질은 일반적으로 특정 위치에 고정되어 있지 않고 어느 정도 자유롭게 움직이는 유동성을 가진다. 이러한 특성을 가지는 세포막의 구조를 유동모자이크막이라고 한다.

세포막을 통한 물질 수송

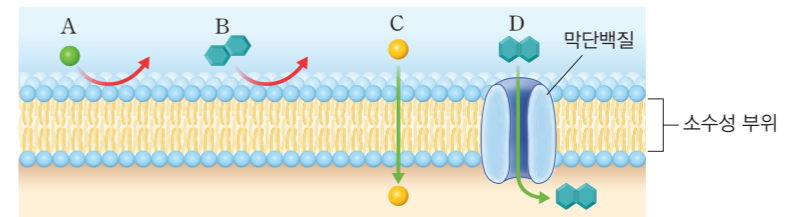
세포에서 생명활동이 일어나기 위해서는 세포막을 통해 물질이 출입해야 한다. 다음 해 보기에서 세포막을 통한 물질의 수송 과정을 추론해 보자.

해보기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

세포막을 통한 물질 수송 과정 추론하기

다음은 세포막을 통한 물질의 이동과 물질 A~D의 특징을 나타낸 것이다.



- A는 C와, B는 D와 각각 크기가 비슷하고, A는 B보다 작다.
- A, B, D는 모두 친수성 물질이고, C는 소수성 물질이다.
- A와 B는 세포막을 통해 수송되지 못하고, C와 D는 세포막을 통해 수송된다.

1. A와 C를 비교하여 C가 세포막을 통해 수송될 수 있는 까닭을 설명해 보자.
2. B와 D를 비교하여 D가 세포막을 통해 수송될 수 있는 까닭을 설명해 보자.
3. 1과 2를 근거로 세포막을 통한 물질 수송 과정을 설명해 보자.

크기가 작고 소수성인 물질은 세포막을 통해 수송되지만, 친수성인 물질은 알맞은 막단백질이 없으면 세포막을 통해 수송되지 못한다. 이처럼 물질의 크기, 친수성과 소수성 같은 화학적인 성질, 해당 물질을 수송시키는 막단백질의 유무 등에 따라 특정한 물질만 세포막을 통해 수송된다. 따라서 세포막은 물질의 출입을 조절하는 선택적 투과성을 나타내며, 이러한 특성으로 세포의 안과 밖은 물질의 조성이 서로 다르다.

싱어
(Singer, S. J., 1924~2017),
니컬슨
(Nicolson, G. L., 1943~)
미국의 과학자. 1972년에 세포막의 구조에 대한 유동모자이크막 모델을 제안했다.

확산 I 세포막을 통해 물질이 확산할 때 물질은 세포막을 경계로 물질의 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동한다. 세포막을 통한 확산은 세포 안과 밖의 물질의 농도 차이로 일어나므로 이때 에너지는 사용되지 않는다. 세포막을 통한 확산에는 단순확산과 촉진확산이 있다.

단순확산은 물질이 세포막의 인지질 이중층을 직접 통과하여 확산하는 현상이다. 크기가 작고, 세포막의 소수성 부위를 잘 통과할 수 있는 물질이 단순확산한다. 단순확산의 예로는 허파꽂리와 모세혈관 사이에서 일어나는 산소와 이산화 탄소의 이동 등이 있다.

촉진확산은 물질이 세포막의 수송단백질을 통해 확산하는 현상이다. 세포막의 소수성 부위를 잘 통과하지 못하는 이온이나 친수성 물질 등이 촉진확산한다. 촉진확산의 예로는 뉴런의 세포막을 통한 Na^+ 의 유입과 K^+ 의 유출, 혈액에서 세포로의 포도당 유입 등이 있다.

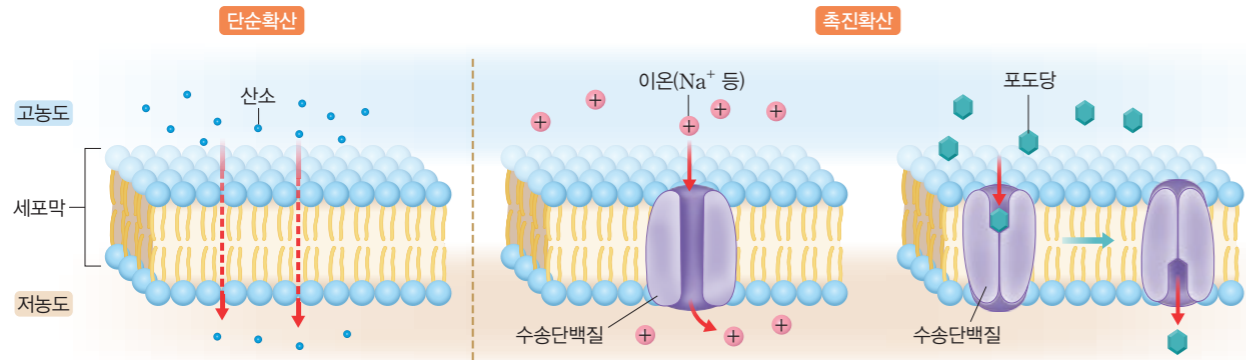
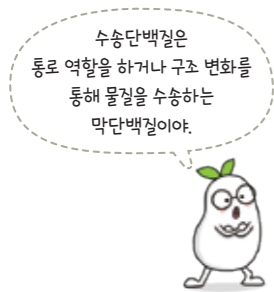


그림 I-26 단순확산과 촉진확산

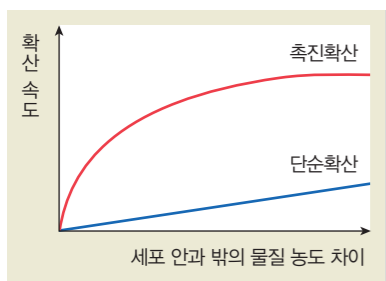
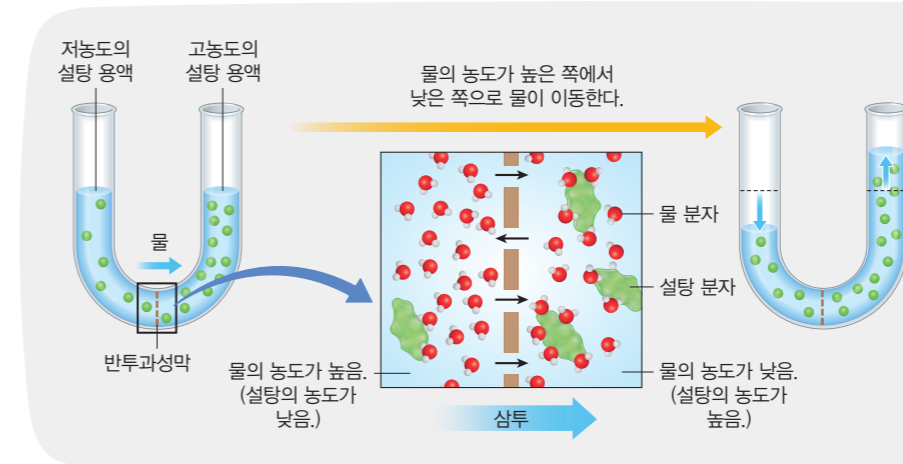


그림 I-27 세포 안과 밖의 물질 농도 차이에 따른 단순확산과 촉진확산 속도

그림 I-27과 같이 단순확산에서는 세포 안과 밖의 물질의 농도 차이에 비례하여 세포막을 통한 물질의 확산 속도가 증가한다. 반면 촉진확산에서는 수송단백질에 의해 물질이 이동하므로 단순확산과 비교하여 세포 안과 밖의 물질의 농도 차이가 같을 때 물질의 확산 속도가 더 빠르다. 그러나 세포막에 있는 수송단백질의 수는 한정되어 있으므로 세포 안과 밖의 물질의 농도 차이가 어느 수준 이상으로 커지면 모든 수송단백질이 물질 수송에 관여하여 확산 속도가 더 증가하지 않고 일정해진다.

삼투 I 세포막을 통과하지 못하는 물질의 농도가 세포의 안과 밖에서 서로 다를 때 물이 세포막을 통해 이동하는 삼투가 일어난다. 삼투가 일어날 때 물은 세포막을 통해 물의 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동하며, 이때 에너지는 사용되지 않는다.

그림 I-28과 같이 반투과성막을 경계로 농도가 서로 다른 설탕 용액을 U 자관의 양쪽에 같은 높이만큼 넣었을 때, 설탕은 크기가 커서 반투과성막을 통과하지 못하므로 삼투가 일어나 양쪽 용액의 수면 높이가 달라진다. 삼투가 일어날 때 세포막 같은 반투과성막이 받는 압력을 삼투압이라고 하며, 막을 경계로 양쪽의 용질 농도 차이가 클수록 삼투압은 증가한다.



반투과성막의 특징
반투과성막은 미세한 구멍이 뚫려 있는 막이며, 구멍보다 크기가 작은 물질만 통과시킨다.

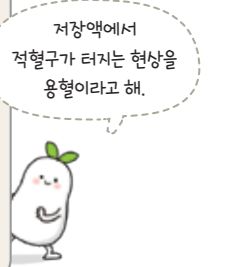
그림 I-28 삼투 반투과성막을 통해 물은 양방향으로 이동하지만, 삼투가 일어나면 특정한 방향으로 이동하는 물의 양이 더 많아진다.

그림 I-29와 같이 적혈구 같은 동물세포를 등장액에 넣으면 세포 안으로 물이 들어오는 속도와 세포 밖으로 물이 빠져나가는 속도가 같아 세포의 모양이 변하지 않는다. 그러나 세포를 고장액에 넣으면 세포 밖으로 물이 빠져나가는 속도가 세포 안으로 물이 들어오는 속도보다 빨라 세포가 쪼그라든다. 반면 세포를 저장액에 넣으면 세포 안으로 물이 들어오는 속도가 세포 밖으로 물이 빠져나가는 속도보다 빨라 세포가 부풀다가 터질 수 있다.

등장액, 고장액, 저장액
세포 안의 용액과 삼투압이 같은 용액은 등장액이고, 세포 안의 용액보다 삼투압이 높은 용액은 고장액, 삼투압이 낮은 용액은 저장액이다.



그림 I-29 삼투에 의한 적혈구의 변화



식물세포에서 삼투가 일어나면 세포의 모양이 변할 수 있다. 다음 탐구에서 식물세포에서 일어나는 삼투 현상을 관찰해 보자.

탐구

실험, 자료 분석

탐구 능력 | 문제 해결 능력

식물세포에서 삼투 현상 관찰하기

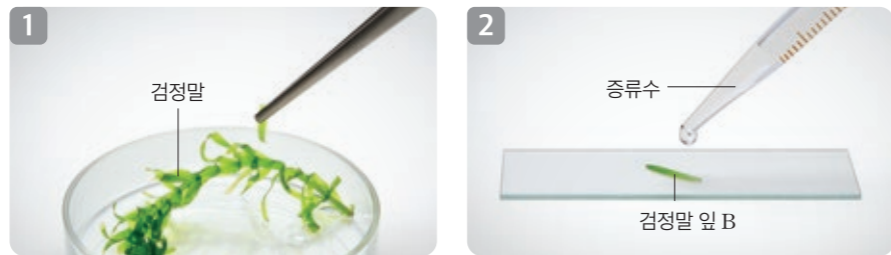
실험 영상



목표 검정말의 잎세포에서 일어나는 삼투 현상을 관찰할 수 있다.

과정

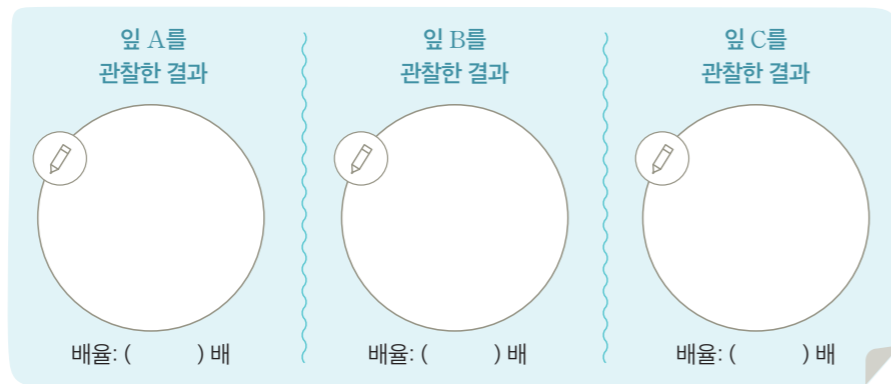
1. 검정말 잎 3 개 A~C를 떼어 각각 서로 다른 받침 유리 위에 올려놓는다.
2. 잎 A에는 아무것도 떨어뜨리지 않고, 잎 B에는 증류수를, 잎 C에는 10 % 소금물을 2 방울~3 방울씩 떨어뜨린다.



3. 잎 A는 바로 덮개 유리를 덮어 광학 현미경으로 관찰한다.
4. 잎 B와 C는 5 분 뒤 각각 덮개 유리를 덮고 여분의 용액을 거름종이로 제거한 다음 광학 현미경으로 관찰한다.

결과 및 정리

1. 현미경으로 관찰한 결과를 각각 그리고, 세포막과 세포벽을 표시해 보자.



2. 잎 C의 세포에서 일어난 변화를 세포막을 통한 물의 이동으로 설명해 보자.

- 준비물**
- 받침 유리 덮개 유리
 - 스포이트 광학 현미경
 - 핀셋 거름종이
 - 증류수
 - 10 % 소금물
 - 검정말 실험복
 - 실험용 장갑

- 안전**
- 유리 기구가 깨지지 않게 주의한다.
 - 사용하고 남은 생물 재료는 선생님의 지도에 따라 분리하여 처리한다.
 - 실험복과 실험용 장갑을 반드시 착용한다.

스스로 평가하기

| 지식·이해 | 검정말 잎세포에서 일어난 변화를 통해 삼투에 의한 물의 이동을 설명했는가? ☆☆☆

| 과정·기능 | 검정말 잎세포에서 일어난 삼투 현상을 관찰했는가? ☆☆☆

| 가치·태도 | 검정말 잎세포에서 일어난 삼투 현상을 관찰하면서 세포의 생명활동에 호기심을 느꼈는가? ☆☆☆

그림 I-30과 같이 식물세포를 등장액에 넣으면 세포 안과 밖으로 물이 이동하는 속도가 같아 세포의 모양이 변하지 않는다. 그러나 세포를 고장액에 넣으면 세포 밖으로 물이 빠져나가는 속도가 세포 안으로 물이 들어오는 속도보다 빨라 세포질의 부피가 줄어들면서 세포막이 세포벽으로부터 떨어지는 원형질분리가 일어난다. 반면 세포를 저장액에 넣으면 세포 안으로 물이 들어오는 속도가 세포 밖으로 물이 빠져나가는 속도보다 빨라 세포의 부피가 커지는 팽윤이 일어난다. 그러나 세포벽이 있어 세포는 터지지 않고 일정 부피까지만 커진다.

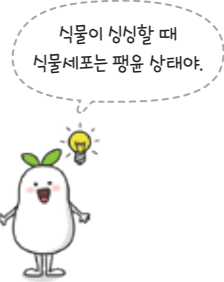
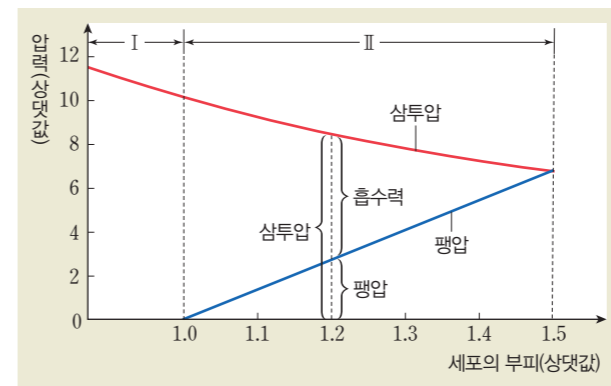


그림 I-30 삼투에 의한 식물세포의 변화

자료실 삼투에 의한 식물세포의 압력 변화

고장액에 넣어 원형질분리가 일어난 상태의 식물세포를 저장액으로 옮기면 세포 안으로 물이 들어오고, 다음과 같이 세포의 부피가 커지면서 압력의 변화가 나타난다.



(출처: Nečesaný, 1973.)

▲ 삼투에 의한 식물세포의 압력 변화

구간 I에서 세포 안으로 물이 들어와 세포질의 부피가 커지고, 삼투압이 감소한다. 세포막이 세포벽에 닿으면 더는 원형질분리가 나타나지 않는다.

구간 II에서 세포 안으로 물이 들어와 세포의 부피가 커지고, 삼투압이 감소하며, *팽압이 증가하여 팽윤이 일어난다. 삼투압과 팽압이 같아져 *흡수력이 0일 때 식물세포의 부피는 최대가 된다.

- * 팽압 세포 안의 용액이 세포벽을 밀어내는 압력
- * 흡수력 삼투압과 팽압의 차이로, 세포가 물을 흡수하려는 힘

능동수송 | 표 I-1과 같이 세포 안과 밖에서 이온을 비롯한 여러 가지 물질의 농도가 서로 다르게 유지되는 것은 세포막을 통해 능동수송이 일어나기 때문이다.

이온	세포 안 농도	세포 밖 농도
Na ⁺	15 mM	142 mM
K ⁺	150 mM	4 mM
Cl ⁻	5 mM	120 mM

(출처: Melkikh 외, 2008.)

표 I-1 사람의 세포에서 세포 안과 밖의 이온 농도

능동수송은 에너지를 사용하여 세포막을 통해 물질의 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 물질을 이동시키는 수송 방식이다. 능동수송에서는 Na⁺-K⁺펌프 같은 막단백질이 이용된다. Na⁺-K⁺펌프는 그림 I-31과 같이 ATP를 사용하여 Na⁺은 세포 밖으로, K⁺은 세포 안으로 이동시킨다. 그 결과 Na⁺ 농도는 세포 밖이 안보다 높게 유지되고, K⁺ 농도는 세포 안이 밖보다 높게 유지된다.

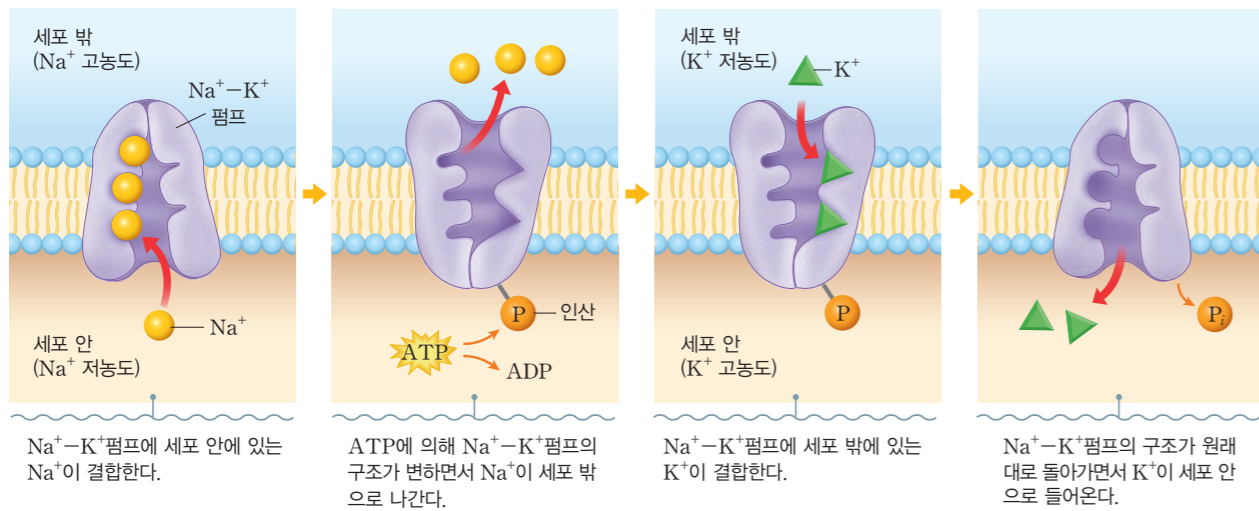
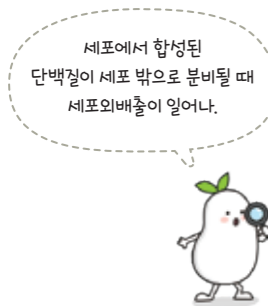


그림 I-31 Na⁺-K⁺펌프에 의한 물질 수송

작은창자에서 여러 가지 영양소가 흡수되거나, 콩팥에서 포도당과 아미노산이 재흡수될 때 등 다양한 생명활동에서 능동수송이 일어난다.

세포내섭취와 세포외배출 | 세포내섭취는 세포 밖에 있는 물질을 세포막으로 감싸 소낭을 만들어 세포 안으로 들여오는 수송 방식이다. 백혈구가 병원체 등을 세포 안으로 들여오는 식세포작용은 세포내섭취에 해당한다.

세포외배출은 세포 안에 있는 물질을 막으로 감싸 소낭을 만들고, 이 소낭이 세포막으로 이동하여 소낭의 막과 세포막이 합쳐지면서 물질을 세포 밖으로 내보내는 수송 방식이다. 방어작용을 담당하는 세포에서 항체가 분비되거나 뉴런의 축삭돌기 말단에서 신경전달물질이 분비될 때 세포외배출이 일어난다.



세포내섭취와 세포외배출이 일어날 때 모두 세포막의 변형이 일어나 물질이 수송되며, 이때 에너지가 사용된다.

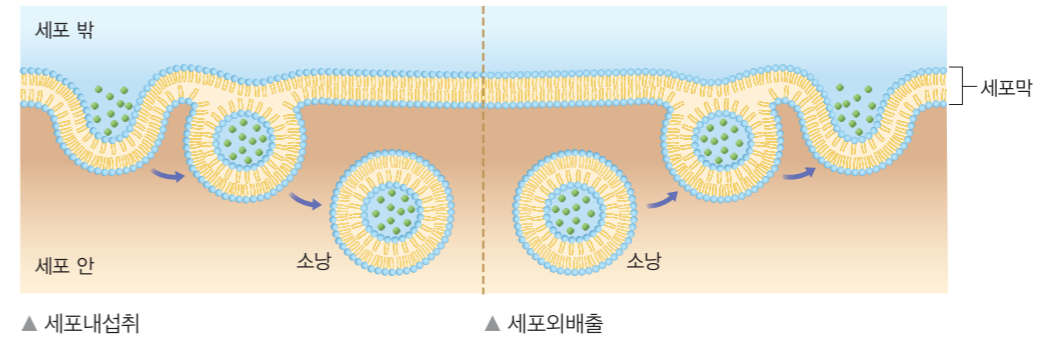


그림 I-32 세포내섭취와 세포외배출

세포막을 통한 물질 수송이 원활하게 일어날 때 세포는 안정적으로 생명활동을 유지할 수 있다. 다음 해 보기에서 세포막을 통한 물질의 수송 방식을 정리해 보자.

해보기

세포막을 통한 물질 수송 방식 정리하기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

표는 세포막을 통해 물질이 수송되는 방식 (가)~(라)와 그 예를 나타낸 것이다. (가)~(라)는 능동수송, 단순확산, 촉진확산, 세포외배출을 순서 없이 나타낸 것이다.

- (가)~(라)는 무엇인지 각각 써 보자.
- (가)~(라)를 에너지의 사용 여부로 구분해 보자.
- (나)~(라) 중 막단백질을 사용하는 수송 방식을 모두 써 보자.

방식	예
(가)	침샘세포에서 아밀레이스가 분비된다.
(나)	Na ⁺ -K ⁺ 펌프에 의해 K ⁺ 이 세포 안으로 들어온다.
(다)	허파꽂리에서 모세혈관으로 산소가 이동한다.
(라)	포도당이 수송단백질을 통해 근육세포 안으로 들어온다.

스스로 확인하기

- 세포의 안과 밖은 모두 물이 풍부하므로 인지질이 세포막을 형성할 때 두 겹으로 구성된 ()을/를 형성한다.
- 에너지를 사용하여 세포막을 통해 물질의 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 물질을 이동시키는 수송 방식은 ()이다.
- 과학 역량 기르기** | 짚신벌레는 몸속 수분량을 조절하기 위해 몸 밖으로 물을 내보내는 수축포를 가진다. 고장액 환경과 저장액 환경에서 짚신벌레의 수축포가 작동하는 속도는 각각 어떻게 다를지 설명해 보자.

단원을 마치기 전에 학습 목표를 달성했는지 38 쪽 학습 목표에 ✓ 표 하여 스스로 점검해 보자.

바이오횰약품연구원

생명체의 세포와 조직 등을 이용하여 개발된 의약품인 바이오횰약품은 화학적으로 합성하는 합성 의약품에 비해 독성이 낮고, 부작용이 적다. 바이오횰약품을 만드는 산업은 더 성장할 것으로 기대되므로 바이오횰약품연구원의 필요성은 앞으로도 높아질 것이다.

바이오횰약품연구원은 어떤 일을 하나요?

바이오횰약품연구원은 세포의 구조와 기능 같은 생명체 연구 성과를 바탕으로 하여 의약품 생산에 효과적인 세포를 개발하고 이를 배양하거나, 세포의 유전자를 조작하는 등 생명공학기술을 활용해 바이오횰약품을 개발합니다. 바이오횰약품은 재료가 되는 물질, 제조 방법 등에 따라 유전자재조합 의약품, 세포배양 의약품, 첨단 바이오횰약품 등으로 분류하기 때문에 바이오횰약품연구원이 하는 일은 전문 분야에 따라 매우 다양합니다.



토의·토론

의사 결정 능력

내가 바이오횰약품연구원이라면 세포에 어떤 영향을 미치는 의약품을 개발하고 싶는지 이야기해 보자.

바이오횰약품연구원이 되려면 어떻게 준비하나요?

바이오횰약품연구원이 되기 위해서는 우리 몸에 대한 이해와 약물이 작용하는 원리 같은 전문 지식이 필요하므로 생명과학, 화학, 약학 등을 전공해야 합니다. 또 사람을 위한 의약품을 개발하는 일이기 때문에 사명감과 윤리 의식도 필요합니다.



디지털 탐색

커리어넷(www.career.go.kr)
바이오횰약품연구원과 관련된 정보를 찾아보자.



중단원 마무리

2. 세포의 구조와 기능

01 세포의 연구 방법

21 쪽~27 쪽

• 세포의 구조와 기능은 현미경, 자기방사법, 세포분획법 등 다양한 방법을 이용하여 연구할 수 있다.

02 세포소기관의 구조와 기능

28 쪽~35 쪽

1	이중막 구조이며, 유전물질인 DNA가 들어 있어 세포의 생명활동을 조절한다.
라이보솜	RNA와 단백질로 구성되며, DNA의 유전 정보에 따라 단백질을 합성한다.
소포체	단일막 구조이며, 단백질의 가공과 이동에 관여하는 2 와/과 지질을 합성하고 독성 물질을 해독하는 등 다양한 기능을 하는 매끈면소포체가 있다.
3	단일막 구조이며, 단백질을 가공한 뒤 운반 소낭을 만들어 세포의 다른 부위로 이동시킨다.
라이소솜	단일막 구조이며, 다양한 물질을 분해하는 세포내소화에 관여한다.
4	이중막 구조이며, 유기물을 분해하여 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는 세포호흡이 일어난다.
엽록체	이중막 구조이며, 빛에너지를 흡수하여 유기물을 합성하는 광합성이 일어난다.
액포	단일막 구조이며, 다양한 물질을 저장한다.
세포벽	세포막의 바깥쪽을 둘러싸고 있으며, 세포를 보호하고 세포의 형태를 유지한다.
세포골격	단백질 섬유가 얽혀 있는 구조이며, 세포의 형태를 유지하고, 세포소기관의 이동, 세포의 운동 등에 관여한다.

03 원핵세포와 진핵세포

36 쪽~37 쪽

구분	원핵세포	진핵세포
DNA	있음.	5
세포 내 막 구조	6	있음.
라이보솜	있음.	있음.
세포벽	있음.	일부 있음.

04 세포막을 통한 물질 수송

38 쪽~45 쪽

1. 7 : 주로 인지질과 단백질로 구성되며, 세포 안과 밖으로의 물질 출입을 조절한다.

2. 세포막을 통한 물질 수송

- 확산: 물질의 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 물질이 이동하는 현상이며, 단순확산과 촉진확산이 있다.
- 8 : 세포막을 통과하지 못하는 물질의 농도가 세포의 안과 밖에서 서로 다를 때 물이 세포막을 통해 이동하는 현상이다.
- 능동수송: 에너지를 사용하여 세포막을 통해 물질의 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 물질을 이동시키는 수송 방식이다.
- 세포내섭취: 세포 밖에 있는 물질을 소낭을 만들어 세포 안으로 들여오는 수송 방식이다.
- 9 : 세포 안에 있는 물질을 소낭을 만들어 세포 밖으로 내보내는 수송 방식이다.

스스로 평가하기

이 단원에서 학습한 내용을 확인하고 스스로 평가해 봅시다.

우수 보통 미흡

- 지식·이해** 동물세포와 식물세포를 구성하는 세포소기관의 구조와 기능을 설명했는가?
- 원핵세포와 진핵세포의 공통점과 차이점을 설명했는가?
- 세포막의 구조와 특성을 이해하고, 세포막을 통한 물질 수송 과정을 설명했는가?
- 과정·기능** 광학 현미경을 이용하여 세포의 크기를 측정했는가?
- 세포소기관 사이의 유기적 관계를 추론하며 협력적으로 소통했는가?
- 가치·태도** 생명활동이 일어나는 기본 단위로서 세포의 중요성을 인식했는가?
- 간이 원심분리 기구를 만드는 활동을 통해 과학이 사회에 기여함을 인식했는가?

평가 결과가 아쉽다면 '2. 세포의 구조와 기능'을 다시 한번 학습해 봅시다.

세포소기관 연상카드 만들기

세포에 있는 여러 세포소기관은 각각 고유한 구조와 기능을 가지고 있으며 다른 세포소기관과 유기적으로 연관되어 있다. 다음 활동에서 세포소기관의 구조나 기능을 연상시키는 그림이 포함된 카드를 만들고, 어떤 세포소기관인지 알아맞혀 보자.

1 고안하기

- 모둠별로 연상 카드로 만들 세포소기관을 4 개씩 정해 보자.
- 정한 세포소기관의 구조와 기능을 이야기해 보자.

2 수행하기

- 각 세포소기관의 구조와 기능을 연상시키는 그림을 4 개씩 찾아보자.
- 다음을 참고하여 각 세포소기관의 연상 카드를 만들어 보자.

- 연상 카드의 앞면에는 4 개의 그림을 제시하고, 그 아래에 세포소기관 이름의 낱말을 포함하여 글자를 10 개 이상 제시한다.
- 연상 카드의 앞면에 세포소기관을 직접적으로 나타내는 그림이 들어가지 않게 한다.
- 연상 카드의 뒷면에는 정답이 되는 세포소기관의 그림과 이름을 제시한다.

3 산출하기

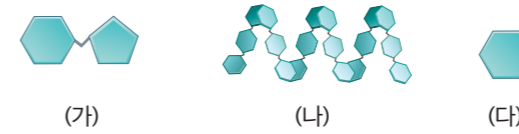
- 다른 모둠의 세포소기관 연상 카드를 보고 어떤 세포소기관인지 알아맞혀 보자.
- 다음 표를 활용하여 우리 모둠과 다른 모둠의 활동을 평가해 보자.

평가 내용	우수	보통	미흡
지식·이해 세포소기관의 구조와 기능을 설명했는가?			
과정·기능 세포소기관의 구조와 기능을 이용하여 연상 카드를 만들었는가?			
가치·태도 연상 카드를 만들면서 세포의 다양한 생명활동에 호기심을 느꼈는가?			

대단원 마무리

1. 생명체의 구성 물질 8 쪽

01 그림은 탄수화물 (가)~(다)를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 녹말, 설탕, 포도당을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 포도당이다.
 - ㄴ. (나)는 다당류에 속한다.
 - ㄷ. (다)는 식물의 광합성으로 만들어진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

1. 생명체의 구성 물질 8 쪽

02 표는 생명체를 구성하는 물질 A~C의 특징을 나타낸 것이다. A~C는 인지질, 셀룰로스, 중성지방을 순서 없이 나타낸 것이다.

물질	특징
A	생체막을 구성하는 주요 성분이다.
B	여러 개의 ㉠이 결합하여 합성된다.
C	에너지원으로 이용되거나 체온을 유지하는 역할을 한다.

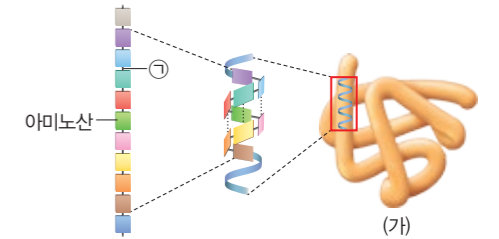
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 단당류에 해당한다.
 - ㄴ. A와 B는 모두 지질에 속한다.
 - ㄷ. C는 글리세롤에 지방산이 결합한 물질이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

1. 생명체의 구성 물질 8 쪽

03 그림은 생명체를 구성하는 물질 (가)의 구조를 나타낸 것이다. ㉠은 두 아미노산 사이의 결합이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 펩타이드결합이다.
 - ㄴ. (가)는 3차 구조를 이루고 있다.
 - ㄷ. (가)의 기능은 입체 구조에 의해 결정된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2. 세포의 구조와 기능 20 쪽

04 표는 현미경 (가)와 (나)의 특징을, 그림은 어떤 현미경으로 관찰한 세포소기관 ㉠을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 광학 현미경과 주사 전자 현미경(SEM)을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠은 골지체와 엽록체 중 하나이다.

현미경	특징
(가)	광원으로 가시광선을 이용한다.
(나)	시료의 표면을 입체적으로 관찰할 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 광학 현미경이다.
 - ㄴ. 그림은 (나)를 이용하여 관찰한 것이다.
 - ㄷ. 세포분획법으로 세포소기관을 분리할 때 ㉠은 마이트콘드리아보다 나중에 가라앉는다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

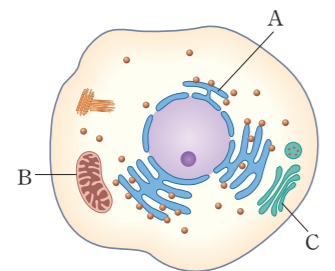
과학 역량 기르기

2. 세포의 구조와 기능 20 쪽

1. 생명체의 구성 물질 8 쪽

2. 세포의 구조와 기능 20 쪽

05 그림은 동물세포의 구조를 나타낸 것이다. A~C는 골지체, 거친면소포체, 미토콘드리아를 순서 없이 나타낸 것이다. 이 세포는 인슐린을 분비한다.



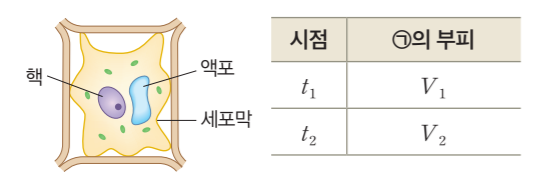
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A와 B는 모두 단일막 구조이다.
 - ㄴ. B에서 세포호흡이 일어난다.
 - ㄷ. 인슐린은 라이보솜에서 합성된 뒤 운반 소낭에 의해 A에서 C로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

2. 세포의 구조와 기능 20 쪽

06 그림은 설탕 용액 (가)에 들어 있는 식물세포 ㉠의 모습을, 표는 ㉠을 설탕 용액 (나)로 옮긴 뒤 시점 t_1 과 t_2 일 때 ㉠의 부피를 나타낸 것이다. t_1 과 t_2 일 때 ㉠은 팽윤 상태이고, $V_1 < V_2$ 이다.

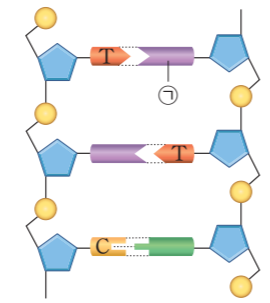


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 그림은 ㉠에서 원형질분리가 일어난 모습이다.
 - ㄴ. 설탕의 농도는 (가)에서 (나)에서보다 낮다.
 - ㄷ. $t_1 \sim t_2$ 에서 ㉠ 안으로 들어온 물의 양은 밖으로 나간 물의 양보다 적다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

07 그림은 생명체를 구성하는 물질 (가)의 일부 구조를 나타낸 것이다. T는 타이민이고, C는 사이토신이다.



- (1) 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 타이민(T) 중 ㉠에 알맞은 염기는 무엇인지 써 보자.
- (2) (가)가 무엇인지 쓰고, 생명체에서 (가)의 기능을 설명해 보자.

2. 세포의 구조와 기능 20 쪽

08 표는 세포소기관 ㉠~㉣의 특징을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 핵, 라이소솜, 라이보솜을 순서 없이 나타낸 것이다.

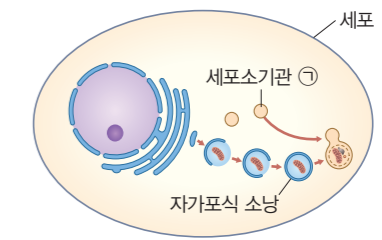
세포소기관	특징
㉠	DNA가 들어 있다.
㉡	?
㉢	가수분해효소가 들어 있어 세포내소화에 관여한다.

- (1) ㉠~㉣ 중 단일막 구조인 세포소기관의 기호와 이름을 모두 써 보자.
- (2) ㉡이 무엇인지 쓰고, ㉡의 기능을 설명해 보자.

과학 글쓰기

[11~12] 다음은 세포에서 일어나는 물질의 분해와 관련된 자료이다. 물음에 답해 보자.

- 세포가 단백질이나 세포소기관 같은 자신의 구성 물질을 분해하여 재활용하는 과정을 자가포식이라고 한다. 이 과정에서 세포는 물질을 막으로 둘러싸 자가포식 소낭을 만들고, 이 소낭이 세포소기관 ㉠과 융합하면 ㉠에 있는 효소에 의해 물질이 분해된다.



- 효모를 영양분이 부족한 환경에서 배양하면 일반적인 조건에서 배양할 때와 달리 세포 안에 자가포식 소낭이 많이 형성된다.

11 자가포식에 관여하는 세포소기관 ㉠의 이름을 쓰고, ㉠이 생성되는 과정을 제시된 단어를 모두 사용하여 설명해 보자.

DNA 골지체 라이보솜 거친면소포체

.....

.....

.....

12 영양분이 부족한 환경에서 배양한 효모에서 자가포식 소낭이 많이 형성되는 까닭을 위 자료와 관련 지어 설명해 보자.

.....

.....

.....

이 단원의 활동 결과물을 모아 나만의 포트폴리오를 완성해 보자.

09 표는 세포 (가)~(다)에서 핵막, 세포벽, 라이보솜의 유무를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 대장균, 사람의 간세포, 양파의 표피세포를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡은 '○'와 '×'를 순서 없이 나타낸 것이다.

세포	핵막	세포벽	라이보솜
(가)	㉠	㉡	○
(나)	㉡	○	○
(다)	○	㉡	㉠

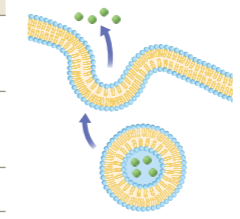
(○: 있음, ×: 없음)

- (1) (가)~(다) 중 원핵세포의 기호와 이름을 모두 써 보자.
- (2) (가)~(다) 중 선형의 이중나선 DNA를 유전 물질로 가지는 세포의 기호를 모두 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 설명해 보자.

2. 세포의 구조와 기능 20 쪽

10 표는 세포막을 통한 물질 수송 방식 (가)~(다)의 예를, 그림은 (가)~(다) 중 하나를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 단순확산, 능동수송, 세포외배출을 순서 없이 나타낸 것이다.

방식	예
(가)	방어작용을 담당하는 세포에서 항체가 분비된다.
(나)	$\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 펌프에 의해 Na^+ 이 이동한다.
(다)	?



- (1) 그림은 (가)~(다) 중 무엇을 나타낸 것인지 기호와 이름을 모두 써 보자.
- (2) (다)가 무엇인지 쓰고, 생명체에서 일어나는 (다)의 예를 한 가지만 설명해 보자.

II

물질대사와 에너지

생명체는 생명활동에 필요한 에너지를 어떻게 얻을까?

이 단원에서는 생명활동에 필요한 에너지를 공급하는 과정에서

광합성, 세포호흡, ATP의 역할을 알아보자.

또 효소의 작용 기작과 특성을 이해하고, 효소 작용의 중요성을 알아보자.



이 단원의 핵심 아이디어

1 물질대사와 에너지

세포에서는 다양한 물질대사에 의해 생명활동이 일어나며, 이 과정에서 에너지 출입이 일어난다.

2 효소

물질대사는 효소에 의해 조절되며, 우리 몸은 물질대사로 건강을 유지한다.

단원 연계

중학교 과학

- 식물과 에너지
- 동물과 에너지

통합과학1

- 시스템과 상호작용

생명과학

- 생명 시스템의 구성

세포와 물질대사

1. 물질대사와 에너지
2. 효소

포트폴리오

이 단원을 학습하면서 나만의 포트폴리오를 만들어 보자.

- 69 쪽 효소 작용의 중요성 알아보기
- 79 쪽 건강 매점 구상하기

1

물질대사와 에너지

01 물질대사와 에너지 균형

02 생명활동과 에너지

말, 판다, 다람쥐와 같은 초식동물은 식물을 먹어 에너지를 얻는다.

들어다보기 식물에 저장되어 있는 에너지는 어디에서 온 것일까?

생각해 보기 초식동물은 식물을 먹어 얻은 에너지를 어디에 사용할까?



학습할 내용을 알아보고, 스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

이전 학습 내용

알고 있는 단어에 ✓ 표 해 보자.

- 물질대사
- 동화작용
- 이화작용
- ATP

지식·이해

- 물질대사는 생명체에서 생명을 유지하기 위해 일어나는 화학 반응임을 설명할 수 있다.
- 생명활동에 필요한 에너지를 공급하는 과정에서 광합성, 세포호흡, ATP의 역할을 설명할 수 있다.

과정·기능

- 1 일 에너지 섭취량과 에너지 소비량을 조사하고, 에너지 균형을 판단할 수 있다.
- 발아 중인 콩에서 물질대사와 에너지대사가 일어나는 현상을 탐구할 수 있다.

가치·태도

- 에너지 균형의 중요성을 인식할 수 있다.
- 발아 중인 콩에서 일어나는 변화를 있는 그대로 기록할 수 있다.

나의 학습 계획

나는 이 단원에서 _____ 을/를 알고 싶다.

01

물질대사와 에너지 균형

| 학습 목표 |

- 물질대사는 생명체에서 생명을 유지하기 위해 일어나는 화학 반응임을 설명할 수 있다.
- 물질대사에서 에너지의 출입이 동반됨을 설명할 수 있다.

세계보건기구(WHO)는 일주일에 적어도 150 분은 운동 하라고 권장한다. 그 까닭은 무엇일까?



내일부터 운동해야지.

물질대사와 에너지 출입

생명체에서 생명을 유지하기 위해 일어나는 모든 화학 반응을 물질대사라고 한다. 생명체는 물질대사를 통해 에너지와 물질을 얻어 다양한 생명활동에 사용하며, 물질대사가 일어나는 과정에 효소가 관여한다.

물질대사와 에너지 균형은 『생명과학』의 『생명 시스템의 구성』 단원과 연계된다.



뇌하수체에서 아미노산으로 사람성장호르몬(HGH)을 합성한다.

이자에서 아미노산으로 아밀레이스 같은 소화효소를 합성한다.

간에서 글라이코젠을 포도당으로 분해한다.

작은창자에서 지방을 지방산과 모노글리세리드로 분해한다.

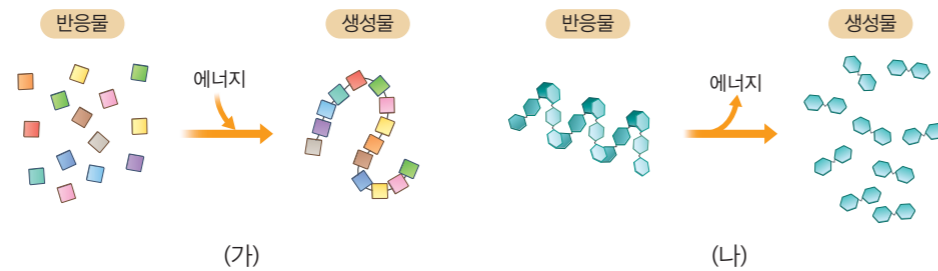
근육에서 포도당을 이산화 탄소와 물로 분해한다.

그림 II-1 우리 몸에서 일어나는 다양한 물질대사

물질대사는 작고 단순한 물질을 크고 복잡한 물질로 합성하는 동화작용과 크고 복잡한 물질을 작고 단순한 물질로 분해하는 이화작용으로 구분된다. 다음 해 보기에서 물질대사와 에너지의 관계를 알아보자.

해보기 물질대사와 에너지의 관계 알아보기

그림은 생명체에서 일어나는 물질대사 (가)와 (나)를 나타낸 것이다.



- (가)와 (나)는 각각 동화작용과 이화작용 중 어느 것에 해당하는지 써 보자.
- (가)와 (나)를 참고하여 물질대사와 에너지의 관계를 추론해 보자.

오개념 바로잡기

이화작용에서 방출되는 에너지는 새로 생겨난 것일까?

이화작용에서 방출되는 에너지는 반응물에 저장되어 있던 에너지가 다른 형태의 에너지로 전환되어 방출되는 것이다.

그림 II-2와 같이 생명체에서 동화작용이 일어날 때에는 에너지가 흡수되므로 생성물의 에너지양이 반응물의 에너지양보다 많고, 이화작용이 일어날 때에는 에너지가 방출되므로 생성물의 에너지양이 반응물의 에너지양보다 적다. 이처럼 물질대사가 일어날 때 에너지 출입이 함께 일어나므로 물질대사를 에너지대사라고도 한다.

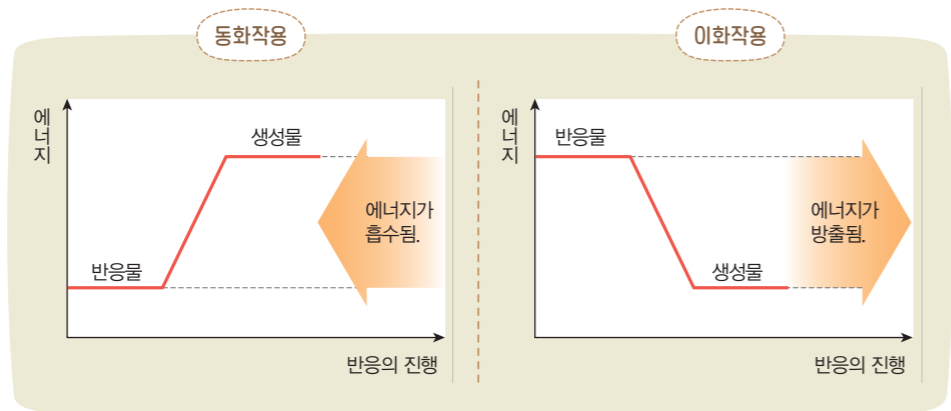
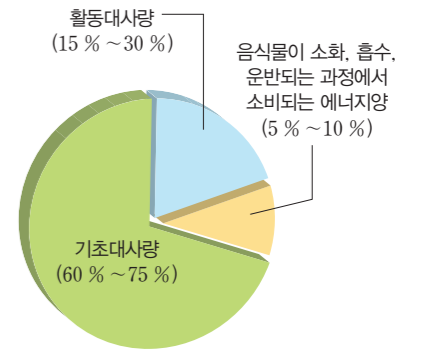


그림 II-2 물질대사에서 에너지 출입 동화작용에서는 에너지가 흡수되고, 이화작용에서는 에너지가 방출된다.

에너지 섭취량과 에너지 소비량의 균형

1일 총 대사량은 우리 몸이 하루에 필요한 에너지양으로 기초대사량, 활동대사량, 음식물이 소화, 흡수, 운반되는 과정에서 소비되는 에너지양을 모두 합한 것이다. 기초대사량은 호흡운동, 심장박동, 체온조절, 혈액 순환 같이 생명을 유지하는 데 필요한 최소한의 에너지양이다. 활동대사량은 걷기, 운동하기, 공부하기 등 다양한 활동에 필요한 에너지양이다.

우리는 음식을 섭취하여 얻은 영양소를 분해해 에너지를 얻으며, 이 에너지를 여러 가지 생명활동에 사용한다. 그림 II-4와 같이 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 적으면 우리 몸을 구성하는 중성지방이나 단백질이 분해되므로 체중이 감소하며, 심하면 영양부족이 나타날 수 있다. 이와 반대로 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많으면 사용하고 남은 에너지가 주로 중성지방의 형태로 전환되고 체내에 축적되어 체중이 증가하며, 대사성 질환에 걸릴 가능성이 커진다. 따라서 건강을 유지하기 위해서는 균형 잡힌 식사와 규칙적인 운동으로 에너지 섭취량과 에너지 소비량의 균형을 이루어야 한다.



(출처: 『기초 영양학』, 2021.)

그림 II-3 우리 몸의 에너지 소비량

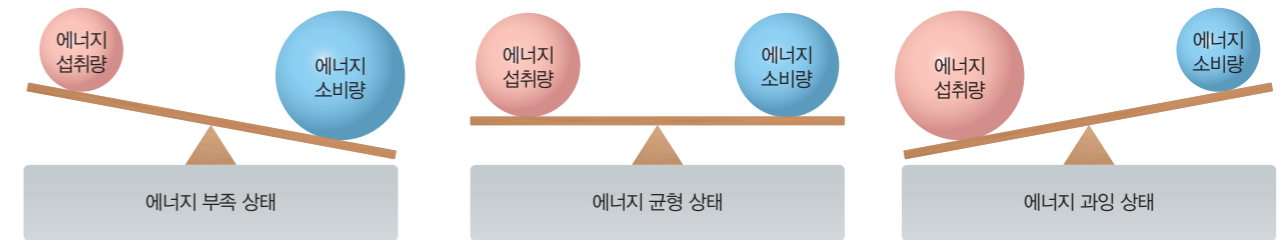


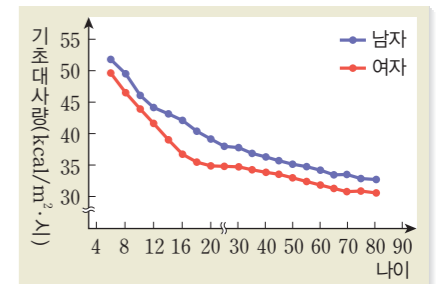
그림 II-4 에너지 섭취량과 에너지 소비량의 균형

참고사항 최근 고혈압, 당뇨병 같은 대사성 질환의 발병률이 높아지는 까닭을 에너지 균형과 관련지어 설명해 보자.

자료실 나이와 성별에 따른 기초대사량 차이

몸을 움직이지 않고 가만히 있을 때 근육조직에서 소비하는 에너지양은 지방조직에서 소비하는 에너지양보다 많다. 따라서 체중이 같은 사람이라도 근육량이 많은 사람은 체지방량이 많은 사람보다 기초대사량이 높다. 또 호르몬의 영향으로 남자와 여자는 근육량과 체지방량에 차이가 있는데, 일반적으로 남자의 단위 체중당 근육량은 여자보다 많아서 남자의 기초대사량이 여자의 기초대사량보다 높다.

나이가 들수록 우리 몸의 근육량은 감소하고 체지방량은 증가하므로 기초대사량이 감소하는 경향이 있다. 따라서 꾸준한 운동으로 근육량이 감소하는 것을 늦추고, 체지방량이 증가하지 않도록 하여 기초대사량이 높게 유지되도록 노력해야 한다.



(출처: 『Exercise Physiology』, 2022.)

▲ 나이와 성별에 따른 기초대사량

다음 탐구에서 하루 동안 나의 에너지 섭취량과 에너지 소비량을 조사하여 비교해 보고, 에너지 균형을 이루었는지 판단해 보자.

탐구

조사, 자료 분석

탐구 능력 | 문제 해결 능력

1 일 에너지 섭취량과 에너지 소비량 비교하기

목표 나의 1 일 에너지 섭취량과 에너지 소비량을 조사하여 비교하고, 에너지 균형 여부를 판단할 수 있다.

과정 및 결과

1. 나의 1 일 에너지 섭취량을 조사해 보자.

① 내가 어제 하루 동안 섭취한 음식물의 종류와 양을 모두 써 보자.

구분	음식물의 종류와 양
아침	
점심	
저녁	
간식	

② **디지털** 식품안전나라 누리집(www.foodsafetykorea.go.kr)의 식품 안전 섭취 가이드에 접속하여 어제 하루 동안 섭취한 음식물의 에너지양을 구해 보자.

① 식품 안전 섭취 가이드에서는 끼니별로 섭취한 음식물의 종류와 양을 입력하면 에너지양을 바로 계산하여 알려 준다.

③ ②에서 구한 음식물의 에너지양을 모두 더하여 나의 1 일 에너지 섭취량이 몇 kcal인지 써 보자.

- 준비물
- 스마트 기기
 - 에너지 섭취량, 에너지 소비량 과 관련된 책



2. 나의 1 일 에너지 소비량을 조사해 보자.

① 내가 어제 하루 동안 한 활동의 종류와 시간을 모두 써 보자.

활동	시간	활동	시간

② 다음을 참고하여 어제 하루 동안 활동별로 소비한 에너지양을 구해 보자. 활동별로 소비한 에너지양은 ‘활동별 에너지 소비량 × 몸무게 × 활동 시간’으로 구한다.

① 다음 표에 없는 활동은 관련된 책이나 전문 기관에서 운영하는 누리집의 정보를 참고한다.

(단위: kcal/kg·시)

활동	에너지 소비량	활동	에너지 소비량	활동	에너지 소비량
걷기	4.0	책 읽기	1.3	축구하기	7.0
씻기	2.0	공부하기	1.8	TV 보기	1.0
잠자기	0.9	청소하기	3.0	줄넘기하기	10.0

(출처: 『기초 영양학』 2021.)

③ ②에서 구한 활동별 에너지 소비량을 모두 더하여 나의 1 일 에너지 소비량이 몇 kcal인지 써 보자.

음식물이 소화, 흡수, 운반되는 과정에서 소비되는 에너지양은 고려하지 않으며, 활동별 에너지 소비량에는 기초대사량이 포함되어 있어.



스스로 평가하기

| 지식·이해 | 1 일 에너지 섭취량과 에너지 소비량을 비교하여 에너지 균형 여부를 판단했는가? ☆☆☆

| 과정·기능 | 에너지 균형 여부에 따라 적절한 개선 방안을 이야기했는가? ☆☆☆

| 가치·태도 | 에너지 균형의 중요성을 인식했는가? ☆☆☆

정리

1. 나의 1 일 에너지 섭취량과 에너지 소비량을 비교하여 에너지 균형을 이루었는지 판단해 보자.

2. 에너지 균형이 이루어지지 않았다면 어떻게 개선해야 하는지 이야기해 보자.

스스로 확인하기

1 동화작용에서는 에너지가 ()되고, 이화작용에서는 에너지가 ()된다.

2 건강을 유지하기 위해서는 에너지 섭취량과 에너지 소비량이 ()을/를 이루어야 한다.

3 | 과학 역량 기르기 | 잠잘 때에도 에너지가 소비되는 까닭을 설명해 보자.

단원을 마치고 전에 학습 목표를 달성했는지 55 쪽 학습 목표에 ✓ 표 하여 스스로 점검해 보자.

02 생명활동과 에너지

| 학습 목표 |

- 생명활동에 필요한 에너지를 공급하는 과정에서 광합성, 세포호흡, ATP의 역할을 설명할 수 있다.



☞ 생명활동과 에너지는 중학교 『과학』의 '식물과 에너지', '동물과 에너지' 단원과 연계된다.

식물은 광합성으로 이산화 탄소와 물로부터 포도당을 합성하며, 이 과정에서 태양의 빛에너지가 화학 에너지로 전환되어 포도당에 저장된다. 식물은 포도당을 세포호흡으로 분해하여 생명활동에 필요한 에너지를 얻거나 녹말, 지방, 단백질 등 여러 가지 물질로 전환하여 저장한다. 사람은 음식을 먹음으로써 영양소를 얻으며, 이 영양소를 세포호흡으로 분해하여 생명활동에 필요한 에너지를 얻는다.

세포호흡에서 포도당은 물과 이산화 탄소가 분해되고, 이 과정에서 에너지가 방출된다. 세포호흡에서 방출된 에너지 중 일부는 ATP에 저장되고, 나머지는 열 에너지로 방출된다.

그림 II-5 에너지의 전환과 이동



식물의 광합성으로 포도당이 합성되며, 태양의 빛에너지가 화학 에너지로 전환되어 저장된다.

식물에 화학 에너지 형태로 저장되어 있던 에너지가 음식을 통해 사람에게 전달된다.

사람의 세포호흡으로 포도당이 분해되며, 이때 방출된 에너지 중 일부가 ATP에 저장되어 생명활동에 사용된다.

에너지 저장 물질인 ATP는 그림 II-6과 같이 아데노신에 3개의 인산기가 결합한 화합물이며, 인산기와 인산기 사이에 에너지가 저장되는 고에너지 인산 결합이 형성된다. ATP는 ADP와 무기인산(P_i)으로 분해되며, 이 과정에서 ATP에 저장된 에너지가 방출된다. ATP의 분해로 방출된 에너지는 기계적 에너지, 화학 에너지, 열에너지 등으로 전환되어 다양한 생명활동에 사용된다. 다음 해 보기에서 생명활동에 필요한 에너지를 공급하는 과정에서 광합성, 세포호흡, ATP의 역할을 알아보자.

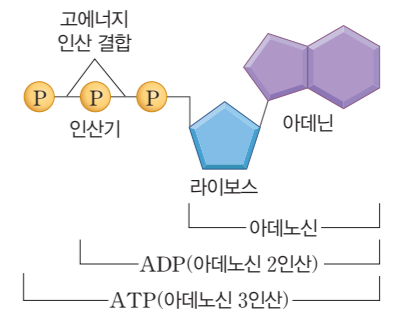


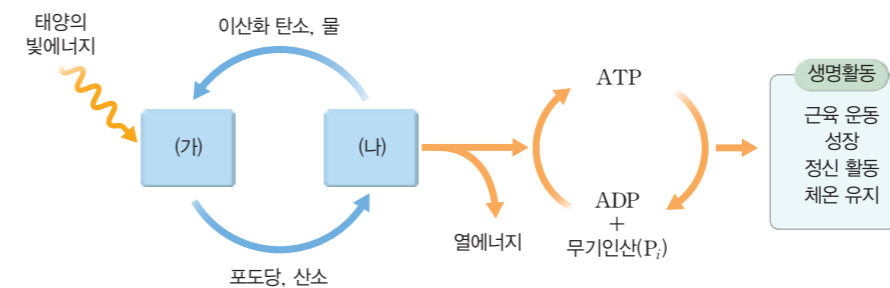
그림 II-6 ATP의 구조

해보기

Q 탐구 능력 | 문제 해결 능력

광합성, 세포호흡, ATP의 역할 알아보기

그림은 생명활동에 필요한 에너지를 공급하는 과정을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 광합성과 세포호흡을 순서 없이 나타낸 것이다.



리포먼
(Lipmann, F. A., 1899~1986)
미국의 과학자. ATP를 세포의 주요 에너지 전달 물질로 제안했다.

1. (가)와 (나)가 무엇인지 각각 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 설명해 보자.
2. 생명활동에 필요한 에너지를 공급하는 과정에서 광합성, 세포호흡, ATP의 역할을 각각 써 보자.

<p>광합성의 역할</p> <p></p>	<p>세포호흡의 역할</p> <p></p>	<p>ATP의 역할</p> <p></p>
------------------------	-------------------------	------------------------

사람은 생명활동에 필요한 에너지를 ATP로부터 얻으며, ATP는 포도당이 세포호흡으로 분해될 때 방출된 에너지에 의해 합성된다. 포도당의 화학 에너지는 식물의 광합성에 의해 빛에너지가 전환된 것이다. 따라서 생명체가 생명활동에 사용하는 에너지의 근원은 태양의 빛에너지이다.

마른 콩에 물을 충분히 주면 콩에서 싹이 트는 발아가 일어나는데, 이 과정에는 많은 에너지가 필요하다. 다음 탐구에서 발아 중인 콩에서 일어나는 물질대사와 에너지대사를 알아보자.

탐구

실험, 자료 분석

탐구 능력 | 문제 해결 능력

발아 중인 콩의 물질대사와 에너지대사 탐구하기

실험 영상

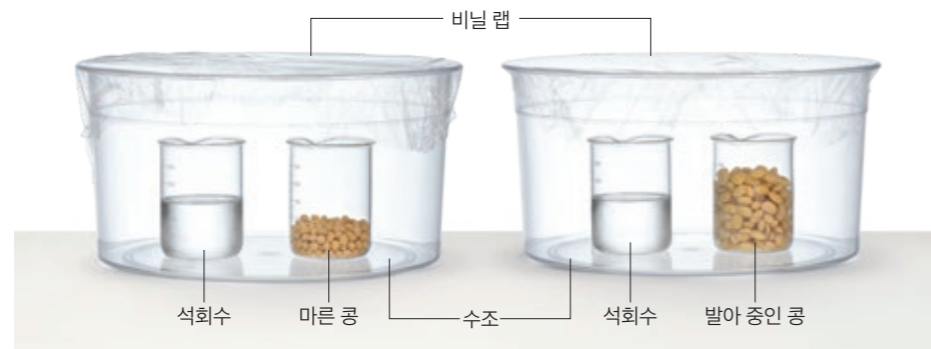


목표 발아 중인 콩에서 나타나는 변화를 관찰하고, 이를 물질대사, 에너지대사와 관련지어 설명할 수 있다.

탐구 1 발아 중인 콩의 물질대사 확인하기

과정 및 결과

- 2 개의 수조에 석회수 150 mL가 담긴 비커를 각각 넣는다.
 - 1 석회수가 이산화 탄소와 반응하면 물에 녹지 않는 흰색의 탄산칼슘이 생성되어 뿌옇게 흐려진다.
- 2 개의 수조 중 1 개에는 마른 콩이 담긴 비커를, 다른 1 개에는 발아 중인 콩이 담긴 비커를 넣는다.
 - 1 2 개의 비커에 같은 양의 마른 콩을 각각 넣은 뒤, 1개는 그대로 두고 다른 1개는 발아시켜 준비한다.
- 2 개의 수조 윗부분을 각각 비닐 랩으로 감싸 밀봉한 뒤 어두운 곳에 놓아둔다.
 - 1 외부 공기가 수조 안으로 들어가지 않도록 꼼꼼하게 밀봉한다.



- 하루가 지난 뒤 2 개의 수조에 있는 석회수의 변화를 관찰하여 써 보자.

정리

- 실험 결과로 알 수 있는 사실을 물질대사와 관련지어 설명해 보자.
- 사고력** 2 개의 수조에서 산소 농도는 각각 어떻게 변할지 예상해 보고, 그렇게 예상한 까닭을 설명해 보자.

준비물

- 비커 수조
- 스타이로폼 컵
- 디지털 온도계
- 비닐 랩 시계
- 석회수 마른 콩
- 발아 중인 콩
- 실험복 실험용 장갑

안전



- 유리 기구가 깨지지 않게 주의한다.
- 사용하고 남은 생물 재료와 화학 약품은 선생님의 지도에 따라 분리하여 처리한다.
- 실험복과 실험용 장갑을 반드시 착용한다.

디지털 탐색

CO₂ 센서를 이용한 실험

마른 콩과 발아 중인 콩이 들어 있는 삼각 플라스크에 CO₂ 센서를 각각 장치하고, 스마트 기기에 애플리케이션을 설치한 뒤 스마트 기기와 CO₂ 센서를 연결하면 CO₂ 농도 변화가 그래프로 나타난다.



탐구 2 발아 중인 콩의 에너지대사 확인하기

과정 및 결과

- 2 개의 스타이로폼 컵 중 1개에는 마른 콩이 담긴 비커를, 다른 1개에는 발아 중인 콩이 담긴 비커를 넣고 뚜껑을 닫는다.
 - 1 2 개의 비커에 같은 양의 마른 콩을 각각 넣은 뒤, 1개는 그대로 두고 다른 1개는 발아시켜 준비한다.
- 2 개의 스타이로폼 컵에 각각 디지털 온도계를 설치한다.
- 1시간 간격으로 스타이로폼 컵 속의 온도를 각각 측정하여 써 보자.

시간	0	1	2	3	4	5
마른 콩이 든 스타이로폼 컵 속의 온도(°C)						
발아 중인 콩이 든 스타이로폼 컵 속의 온도(°C)						

정리

- 실험 결과로 알 수 있는 사실을 에너지대사와 관련지어 설명해 보자.



발아 중인 콩은 세포호흡으로 영양소를 분해하여 에너지를 얻으며, 이 에너지를 생명활동에 사용한다.

스스로 확인하기

- 광합성에서 빛에너지는 화학 에너지로 전환되어 ()에 저장된다.
- 세포호흡으로 방출된 에너지 중 일부는 ()에 저장된다.
- 과학 역량 기르기** 운동할 때 열 발생량이 증가하는 까닭을 세포호흡과 관련지어 설명해 보자.

스스로 평가하기

지식·이해 발아 중인 콩에서 나타나는 변화를 물질대사, 에너지대사와 관련지어 설명했는가? ☆☆☆

과정·기능 발아 중인 콩에서 물질대사와 에너지대사가 일어나는 현상을 탐구했는가? ☆☆☆

가치·태도 발아 중인 콩에서 일어나는 변화를 있는 그대로 기록했는가? ☆☆☆

단원을 마치기 전에 학습 목표를 달성했는지 60 쪽 학습 목표에 표하여 스스로 점검해 보자.

온라인으로 진단하는 나의 식생활



www.foodsafetykorea.go.kr

식품의약품안전처에서 운영하는 식품안전나라 누리집에서는 안전하고 건강한 먹거리 이용을 위해 다양한 정보를 제공하고 있다. 특히 영양 상담 프로그램과 영양 지수 프로그램에서는 평소 나의 식생활을 진단받을 수 있다.

영양 상담 프로그램

식습관 및 식행동, 신체 활동 등을 알아보는 질문에 답하면 골고루 먹기, 결식, 고열량 섭취, 나트륨 섭취, 무리한 다이어트, 신체 활동, 비만 등 여러 가지 유형을 기준으로 나의 상태를 평가해 준다. 또 평가 결과를 바탕으로 하여 현재 상태에 대한 상담을 받아볼 수 있다.



영양 지수 프로그램

‘필요한 식품을 골고루 다양하게 먹는가?’, ‘건강에 좋지 않은 식품을 적게 먹는가?’, ‘건강하고 안전한 식행동을 실천하는가?’를 알아보는 질문에 답하면 식사의 질과 영양 상태를 종합적으로 평가해 주고, 이를 점수화하여 진단해 준다. 또 진단 결과를 바탕으로 하여 건강한 식생활을 위해 개선할 점을 안내해 준다.

생각 펼치기

건강을 유지하기 위해 실천해야 할 식생활 점검표를 만들어 보자.

탐구 능력

중단원 마무리

1. 물질대사와 에너지

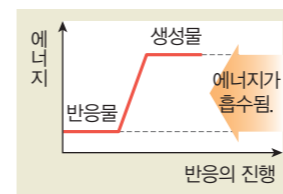
01 물질대사와 에너지 균형

55 쪽~59 쪽

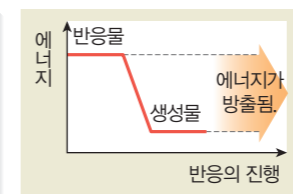
1. 물질대사와 에너지 출입

- ① : 생명체에서 생명을 유지하기 위해 일어나는 모든 화학 반응이다.
- 물질대사가 일어나는 과정에 효소가 관여한다.

구분	②	이화작용
반응	작고 단순한 물질을 크고 복잡한 물질로 합성한다.	크고 복잡한 물질을 작고 단순한 물질로 분해한다.
에너지	흡수	③



▲ 동화작용



▲ 이화작용

2. 에너지 섭취량과 에너지 소비량의 균형

- 1일 총 대사량은 ④, 활동대사량, 음식물이 소화, 흡수, 운반되는 과정에서 소비되는 에너지양을 모두 합한 것이다.
- 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 적으면 체중이 감소하고, 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많으면 체중이 증가한다.
- 건강을 유지하기 위해서는 에너지 섭취량과 에너지 소비량이 균형을 이루어야 한다.

02 생명활동과 에너지

60 쪽~63 쪽

1. 광합성

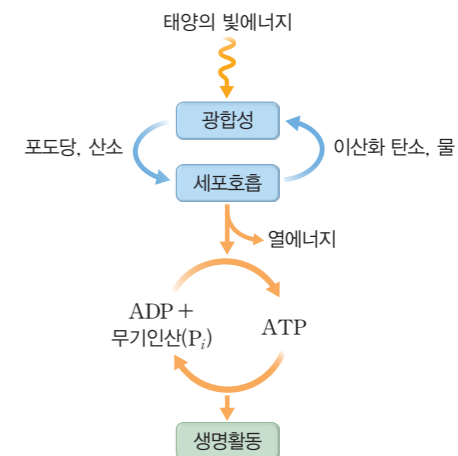
- 식물은 광합성으로 포도당을 합성한다.
- 광합성에서 태양의 ⑤ 이/가 화학 에너지로 전환되어 포도당에 저장된다.

2. 세포호흡

- 사람은 영양소를 세포호흡으로 분해하여 생명활동에 필요한 에너지를 얻는다.
- 세포호흡에서 포도당의 분해로 방출된 에너지 중 일부는 에너지 저장 물질인 ⑥ 에 저장된다.

3. ATP

- 아데노신에 3 개의 인산기가 결합한 화합물이다.
- ATP가 ⑦ 와/과 무기인산(P_i)으로 분해될 때 방출된 에너지는 다양한 생명활동에 사용된다.



▲ 생명활동에 필요한 에너지를 공급하는 과정

스스로 평가하기

이 단원에서 학습한 내용을 확인하고 스스로 평가해 봅시다.

	우수	보통	미흡
지식-이해			
물질대사는 생명체에서 생명을 유지하기 위해 일어나는 화학 반응임을 설명했는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
생명활동에 필요한 에너지를 공급하는 과정에서 광합성, 세포호흡, ATP의 역할을 설명했는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
과정-기능			
1 일 에너지 섭취량과 에너지 소비량을 조사하고, 에너지 균형을 판단했는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
발아 중인 콩에서 물질대사와 에너지대사가 일어나는 현상을 탐구했는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
가치-태도			
에너지 균형의 중요성을 인식했는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
발아 중인 콩에서 일어나는 변화를 있는 그대로 기록했는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

평가 결과가 아쉽다면 '1. 물질대사와 에너지'를 다시 한번 학습해 봅시다.

2 효소

- 01 효소의 작용과 특성
- 02 효소의 이용

우리는 일상생활에서 효소를 다양하게 이용한다.

들어다보기 일상생활에서 효소를 이용해 본 경험이 있는가?

생각해 보기 일상생활에서 효소를 다양하게 이용하는 까닭은 무엇일까?



학습할 내용을 알아보고, 스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

이전 학습 내용

알고 있는 단어에 ✓ 표 해 보자.

- 물질대사 효소 활성화에너지

지식·이해

- 효소의 작용 기작을 이해하고, 효소의 종류와 특성을 설명할 수 있다.
- 효소가 우리 생활이나 산업에 다양하게 이용되는 사례를 설명할 수 있다.

이 단원의 학습 내용

과정·기능

- 생명체 내에서 일어나는 효소 작용의 중요성에 대해 다양한 매체를 활용하여 협력적으로 소통할 수 있다.
- 효소의 활성화에 영향을 미치는 요인에 대한 실험을 설계하여 수행할 수 있다.

가치·태도

- 효소에 대해 학습하면서 과학 원리가 일상생활에 이용된다는 것을 인식할 수 있다.
- 효소가 이용되는 사례를 조사할 때 과학적 근거를 이용하여 문제를 해결할 수 있다.

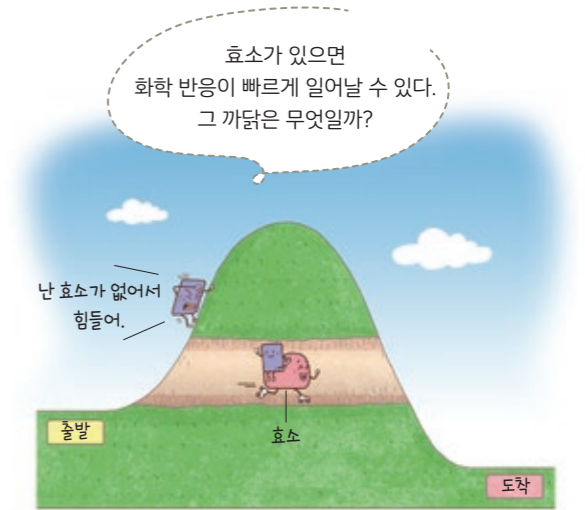
나의 학습 계획

나는 이 단원에서 _____ 을/를 알고 싶다.

01 효소의 작용과 특성

| 학습 목표 |

- 효소의 작용 기작을 이해하고, 생명체 내에서 일어나는 효소 작용의 중요성을 설명할 수 있다.
- 효소의 종류와 특성을 이해하고, 효소의 활성화에 영향을 미치는 요인을 설명할 수 있다.



효소와 활성화에너지

생명체에서는 화학 반응인 물질대사가 끊임없이 일어난다. 화학 반응이 일어나려면 반응물이 일정 크기 이상의 에너지를 가져야 하는데, 화학 반응이 일어나는데 필요한 최소한의 에너지를 **활성화에너지**라고 한다. 활성화에너지가 낮아지면 화학 반응이 일어날 수 있는 반응물의 수가 많아지므로 반응 속도가 빨라진다.

화학 반응에서 활성화에너지를 변화시켜 반응 속도에 영향을 주는 물질을 촉매라고 한다. 생명체에서 효소는 그림 II-7과 같이 활성화에너지를 낮추어 반응 속도가 빨라지게 하는 생체촉매이다.

효소와 활성화에너지는 『통합 과학1』의 ‘시스템과 상호작용’ 단원과 연계된다.

퀴네 (Kühne, W. F., 1837~1900)
독일의 과학자. 효소는 단어를 처음으로 사용했다.

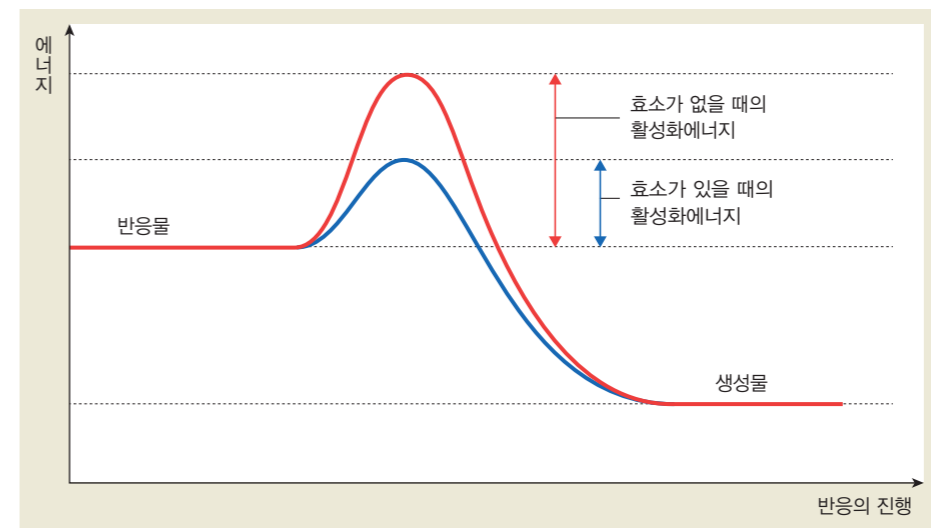


그림 II-7 화학 반응에서 효소의 역할 효소가 있을 때에는 효소가 없을 때에 비해 활성화에너지가 낮아져 반응 속도가 빨라진다.

물질대사 중 동화작용에서 효소가 있을 때와 없을 때 반응의 진행에 따른 에너지 변화 그래프를 각각 그려 보자.

효소의 작용과 기질특이성

효소는 화학 반응에서 반응물과 일시적으로 결합한다. 이때 효소와 결합하는 반응물을 기질이라고 하며, 효소에서 기질이 결합하는 부분을 활성부위라고 한다. 그림 II-8과 같이 효소가 기질과 결합하여 효소기질복합체를 형성하면 화학 반응의 활성화에너지가 낮아진다. 효소기질복합체가 형성된 뒤 기질은 생성물로 전환되고, 화학 반응이 끝나면 효소와 생성물이 분리된다. 효소는 화학 반응에서 소모되거나 변형되지 않으며, 생성물과 분리된 뒤 다시 화학 반응에 사용된다.

참고 효소의 기질특이성을 자물쇠와 열쇠의 관계에 비유하여 설명해 보자.



효소기질복합체를 형성할 때 효소는 활성부위와 입체 구조가 들어맞는 기질과만 결합한다. 이와 같이 효소가 특정 기질과만 결합하여 촉매 작용을 하는 특성을 기질 특이성이라고 한다.

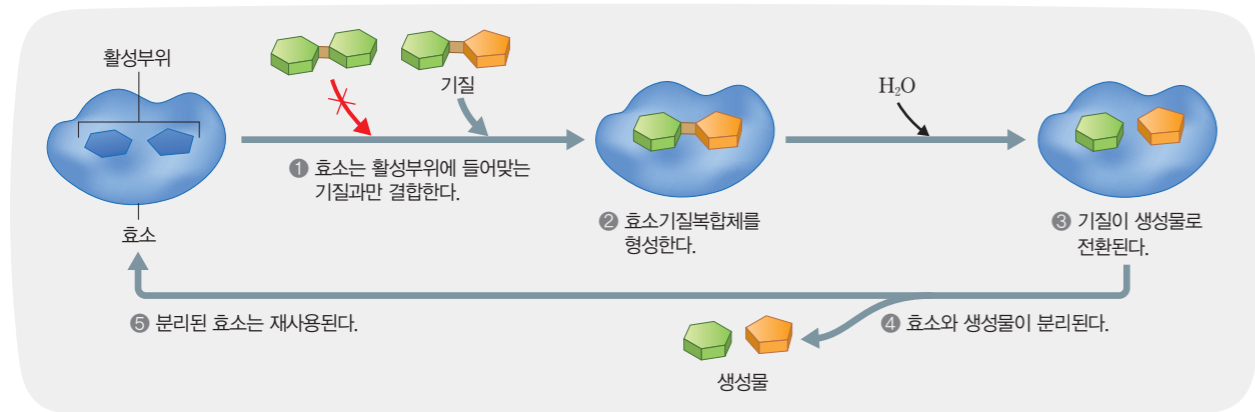


그림 II-8 효소의 작용과 기질특이성

효소의 주성분은 단백질이며, 펩신 같은 일부 효소는 단백질로만 이루어져 있다. 그러나 효소 중에는 *탈수소효소처럼 단백질 외에 비단백질 성분이 있어야 촉매 작용을 할 수 있는 것이 있다. 이와 같은 효소에서 단백질 성분을 주효소, 비단백질 성분을 보조인자라고 하며, 이들이 결합한 것을 전효소라고 한다. 보조인자에는 Zn^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} 같은 금속 이온과 유기물인 조효소가 있다.

*탈수소효소
기질에서 H^+ 과 전자(e^-)를 떼어 내는 반응을 촉매하는 효소

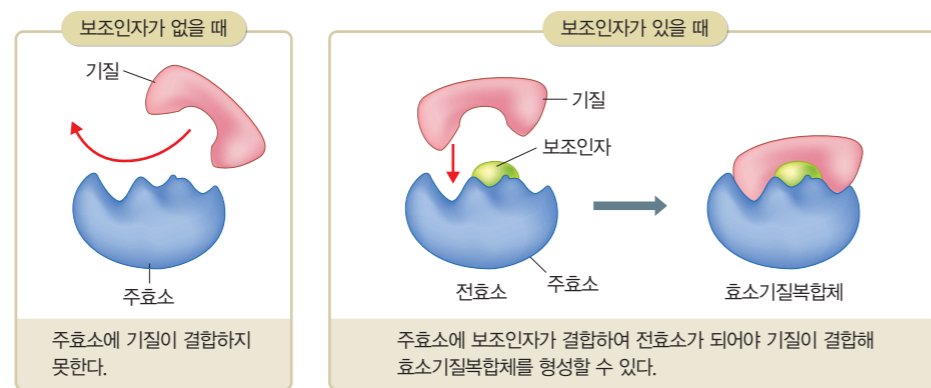


그림 II-9 보조인자의 작용

다음 탐구에서 효소 작용의 중요성을 알아보자.

탐구

효소 작용의 중요성 알아보기

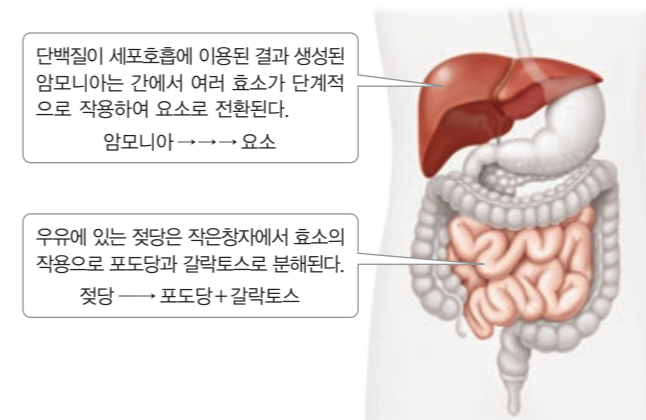
문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

조사, 협력적 소통

목표 생명체 내에서 일어나는 효소 작용의 중요성에 대해 토의하여 발표할 수 있다.

과정 및 결과

그림은 우리 몸에서 일어나는 두 가지 물질대사를 나타낸 것이다.



준비물

- 스마트 기기
- 효소와 관련된 책

탐구 유의 사항

- 조사할 때에는 주제와 관련된 책이나 전문 기관에서 운영하는 누리집의 정보를 이용한다.
- 토의할 때에는 다른 사람의 의견을 주의 깊게 듣고, 자신의 생각을 조리 있게 이야기한다.
- 발표할 때에는 내용을 이해하기 쉽게 설명한다.

1. 모둠별로 위의 두 가지 물질대사에 관여하는 효소가 각각 결핍되었을 때 몸에 어떤 이상이 생길지 조사해 보자.
2. 조사한 내용을 바탕으로 하여 효소 작용의 중요성에 대해 토의해 보자.
3. 효소 작용의 중요성에 대한 발표 자료를 다양한 매체를 활용하여 만들어 보자.
 - ! 발표 자료는 카드 뉴스, 정보 그림, 동영상 등으로 만들 수 있다.
4. 발표 자료를 활용하여 발표해 보자.

정리

- 효소 작용의 중요성을 설명해 보자.



스스로 평가하기

[지식·이해] 효소 작용의 중요성을 설명했는가? ☆☆☆

[과정·기능] 효소 작용의 중요성에 대한 발표 자료를 만들 때 다양한 매체를 활용하여 협력적으로 소통했는가? ☆☆☆

[가치·태도] 효소 작용의 중요성에 대해 토의하면서 과학 원리가 일상생활에 이용된다는 것을 인식했는가? ☆☆☆

물질대사는 일반적으로 여러 단계의 화학 반응을 거쳐 일어나며, 단계마다 작용하는 효소가 다르다. 따라서 물질대사가 원활하게 일어나려면 다양한 종류의 효소가 필요하다. 우리 몸에서 물질대사에 관여하는 특정 효소가 결핍되거나 제 기능을 하지 못하면 몸에 이상이 생길 수 있다.

효소의 종류

생명체에서는 수많은 종류의 화학 반응이 일어나며, 화학 반응에 관여하는 효소의 종류도 다양하다. 효소는 표 II-1과 같이 작용하는 화학 반응의 종류에 따라 7 가지로 분류한다.

종류	작용	종류	작용
산화환원 효소	수소, 산소, 전자를 다른 분자에 전달한다. 	이성질화 효소	기질의 원자 배열을 바꿔 구조를 변형한다.
전이효소	기질의 작용기를 떼어 다른 분자로 옮긴다. 	연결효소	에너지를 사용하여 두 물질을 연결한다.
가수분해 효소	물을 첨가하여 기질을 분해한다. 	자리옮김 효소	생체막을 가로질러 이온 또는 분자를 이동시킨다.
제거효소	작용기를 기질에서 제거하거나 기질에 첨가한다. 		

표 II-1 효소의 종류

(출처: 『Biochemistry』, 2022.)

작용기의 특징

작용기는 여러 개의 원자로 이루어진 구조이며, 화학 반응의 특성이나 화학물의 성질을 결정하는데 중요한 역할을 한다.

예) 아미노기(-NH₂), 카복실기(-COOH)

효소의 작용에 영향을 미치는 요인

효소가 관여하는 화학 반응은 기질의 농도, 온도, pH 등 다양한 요인의 영향을 받는다.

기질의 농도 | 효소는 기질과 결합하여 촉매 작용을 하므로 효소기질복합체가 많이 형성될수록 반응 속도가 빠르다. 효소의 농도가 일정할 때 기질의 농도가 증가하면 효소기질복합체가 많이 형성된다. 따라서 그림 II-10과 같이 기질의 농도가 일정 수준 미만일 때에는 기질의 농도가 증가할수록 반응 속도가 빨라진다. 그러나 기질의 농도가 일정 수준에 이르면 모든 효소가 기질과 결합하여 포화 상태가 되기 때문에 반응 속도가 더 이상 빨라지지 않고 일정해진다.

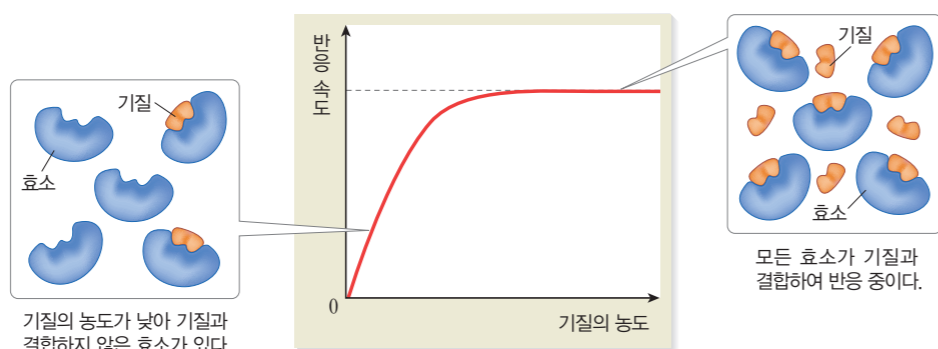
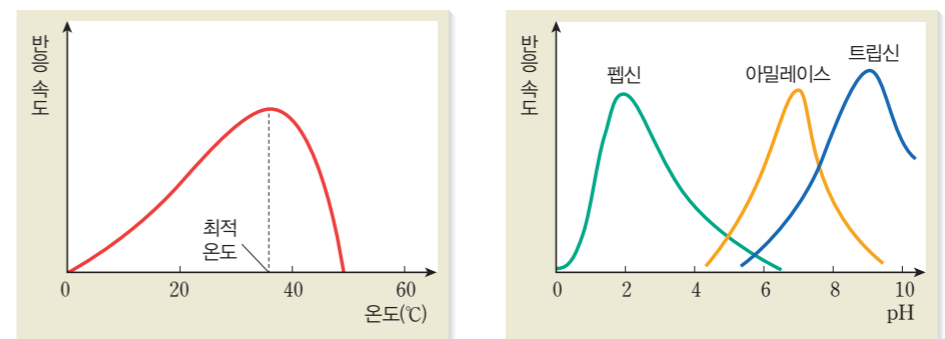


그림 II-10 기질의 농도에 따른 반응 속도

온도와 pH | 효소의 주성분인 단백질은 온도와 pH에 따라 입체 구조가 달라지므로 효소의 활성은 그림 II-11과 같이 온도와 pH의 영향을 받는다. 효소의 활성이 가장 높아 반응 속도가 최대가 될 때의 온도와 pH를 각각 **최적온도**와 **최적 pH**라고 한다. 우리 몸에 있는 효소의 최적온도는 체온 범위인 35 °C~40 °C이며, 이보다 온도가 높아지면 반응 속도가 급격하게 느려진다. 효소의 최적 pH는 효소의 종류에 따라 다르다. 대부분의 효소는 최적 pH가 pH 6~8의 범위에 있지만, 펩신처럼 최적 pH가 pH 2인 효소도 있다.



(출처: 『생명과학』, 2022.)

(출처: 『Human Physiology』, 2019.)

그림 II-11 온도와 pH에 따른 반응 속도

효소억제제 | 효소와 결합하여 효소기질복합체의 형성을 방해함으로써 효소의 작용을 억제하는 물질을 **효소억제제**라고 한다. 효소억제제에는 경쟁적 억제제와 비경쟁적 억제제가 있다.

경쟁적 억제제는 기질 대신 효소의 활성부위에 결합하여 효소의 작용을 억제한다. **비경쟁적 억제제**는 효소의 활성부위가 아닌 다른 부위에 결합하여 활성부위의 구조를 변형함으로써 효소의 작용을 억제한다.

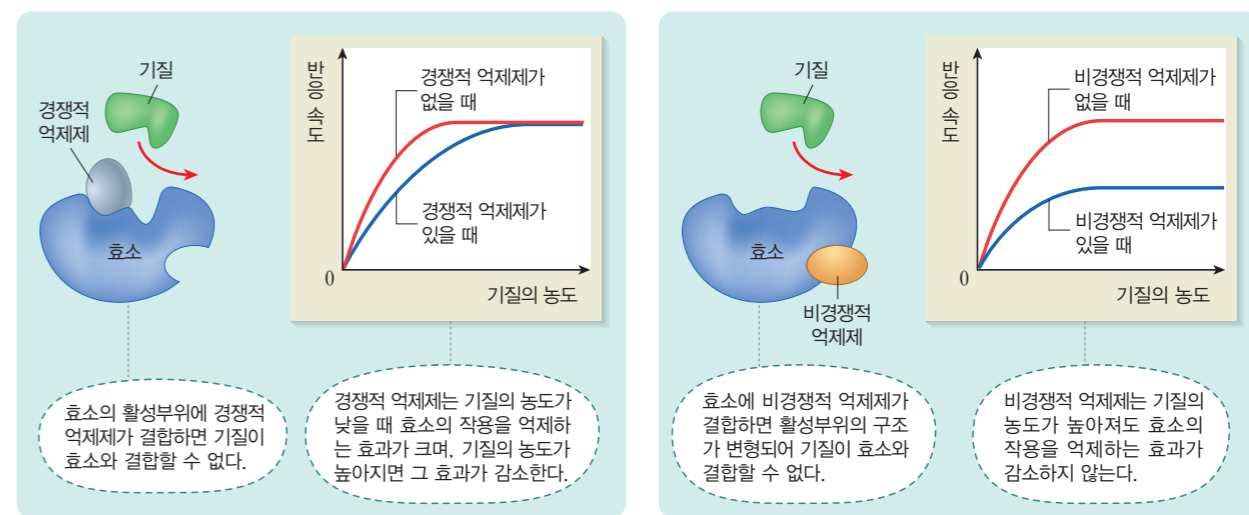


그림 II-12 경쟁적 억제제

그림 II-13 비경쟁적 억제제

오개념 바로잡기

모든 생명체에서 효소의 최적 온도는 서로 같을까?

효소의 최적온도는 생명체의 서식 환경과 밀접한 관련이 있다. 예를 들어 온천수와 같이 뜨거운 곳에 사는 세균은 효소의 최적 온도가 80 °C보다 높은 경우도 있다.

다음 탐구에서 효소의 활성화에 영향을 미치는 요인에 대한 실험을 설계하여 수행해 보자.

탐구

● 탐구 설계, 결론 도출

Q 탐구 능력 | 문제 해결 능력

효소의 활성화에 영향을 미치는 요인 알아보기

▶ 실험 영상



목표 효소의 활성화에 영향을 미치는 요인에 대한 실험을 설계하여 수행할 수 있다.

문제 인식

- 밥을 씹으면 침에 있는 아밀레이스에 의해 밥 속의 녹말이 분해된다. 아밀레이스에 의한 녹말의 분해는 pH의 영향을 받을까?

가설 설정

- 모둠별로 인식한 문제를 해결하기 위한 가설을 세워 보자.

탐구 설계 및 수행

1. 다음 준비물을 참고하여 가설을 검증하기 위한 변인을 설정해 보자.

준비물 비커, 시험관, 스포이트, 항온기, 시험관대, 시계, 침 용액, 5% 녹말 용액, 베네딕트 용액, 뜨거운 물, pH 표준 용액(pH 2, pH 7, pH 12)
 ❶ 침 용액은 물 10 mL를 2분 동안 입에 물고 있다가 비커에 뱉어 만든다.

독립변인		종속변인
조작변인	통제변인	
		아밀레이스에 의한 녹말의 분해 정도

2. 아밀레이스에 의한 녹말의 분해 정도를 확인하는 방법을 토의해 보자.

준비물

- ☑ 모둠별 준비물
- ☑ 실험복
- ☑ 실험용 장갑
- ☑ 보안경

안전



- 유리 기구가 깨지지 않게 주의한다.
- 사용하고 남은 화학 약품은 선생님의 지도에 따라 분리하여 처리한다.
- 실험할 때에는 실험복, 실험용 장갑, 보안경을 반드시 착용한다.

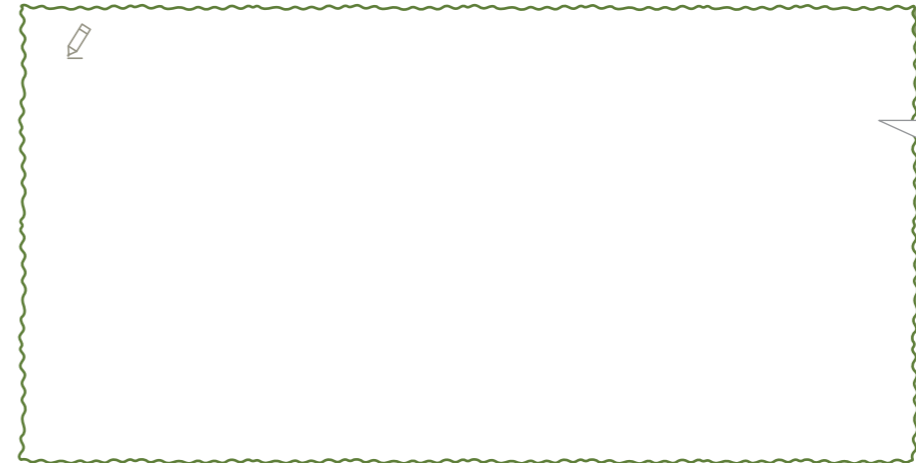
탐구 유의 사항

토의할 때에는 다른 사람의 의견을 주의 깊게 듣고, 자신의 생각을 조리 있게 이야기한다.

조작변인은 무엇으로 할까?



3. 1, 2를 바탕으로 하여 가설을 검증하기 위한 실험 과정을 설계해 보자.



- 시험관에 용액을 넣을 때에는 침 용액, pH 표준 용액, 5% 녹말 용액을 1:2:2의 비율로 넣는 것이 좋다.
- 녹말의 분해 정도를 베네딕트 반응으로 확인할 때에는 베네딕트 용액을 떨어뜨린 뒤 시험관을 뜨거운 물에 담가 둔다.

디지털 탐색

베네딕트 반응을 검색하여 엿당을 검출하는 방법을 찾아보자.

4. 실험 결과를 어떤 방식으로 정리할지 정해 보자.

5. 설계한 실험 과정에 따라 실험을 수행하고 관찰해 보자.

결과 및 정리

1. 실험 결과를 정리하여 써 보자.



2. 실험 결과가 가설을 지지하는지 판단해 보고, 지지하지 않는다면 그 원인이 무엇인지 토의해 보자.



3. 실험 결과로부터 도출할 수 있는 결론을 써 보자.



4. **사고력** 아밀레이스에 의한 녹말의 분해가 온도의 영향을 받는지 확인하는 실험을 설계해 보자.



스스로 평가하기

지식·이해 | 효소의 활성화에 영향을 미치는 요인을 설명했는가? ☆☆☆

과정·기능 | 가설을 검증하기 위한 실험을 적절하게 설계하여 수행했는가? ☆☆☆

가치·태도 | 실험 결과를 있는 그대로 기록했는가? ☆☆☆

스스로 확인하기

1 효소가 특정 기질과만 결합하여 촉매 작용을 하는 특성을 ()이라고 한다.

2 효소의 주성분은 ()이므로 효소의 활성화는 온도와 pH의 영향을 받는다.

3 **과학 역량 기르기** | 식물물을 냉장고에 넣어 두면 미생물의 성장이 억제되어 실온에서 보다 오래 상하지 않게 보관할 수 있다. 그 까닭을 효소의 특성과 관련지어 설명해 보자.

단원을 마치기 전에 학습 목표를 달성했는지 67 쪽 학습 목표에 ✓ 표시하여 스스로 점검해 보자.

02 효소의 이용

| 학습 목표 |

- 효소가 우리 생활이나 산업에 다양하게 이용되는 사례를 설명할 수 있다.



인류는 효소가 무엇인지 알기 전부터 효소를 가진 미생물을 이용하여 식품을 만드는 등 효소를 이용해 왔다. 효소가 발견되고, 이후 효소가 생명체 밖에서도 작용할 수 있다는 것이 밝혀지면서 효소는 일상생활에서부터 산업 현장에 이르기까지 다양하게 이용되기 시작했다. 다음 탐구에서 효소가 이용되는 사례를 알아보자.

2. 모둠에서 조사한 효소의 이용 사례 중 한 가지를 고른 뒤, 이를 소개하는 동영상 광고를 만들기 위한 각본을 짜 보자.

맑은 과일주스의 비밀을 밝혀라!				
장면 번호	영상 스케치	내용	자막	소리
1		왼쪽에 사과즙, 가운데에 사과, 오른쪽에 사과주스가 있음.	-	사과즙과 사과주스, 어느 쪽이 더 맑은가?
2		사과즙에는 펙틴이 있고, 사과주스에는 펙틴이 없음을 이야기함.	사과주스에는 펙틴이 없어서 펙틴이 있는 사과즙보다 맑다.	사과즙: "난 펙틴이 있어." 사과주스: "난 펙틴이 없는데."

3. 효소의 이용 사례를 동영상 광고로 만들어 보자.
4. 모둠별로 만든 동영상 광고를 공유 플랫폼에 공유하고 발표해 보자.



스스로 평가하기

| 지식·이해 | 효소가 우리 생활이나 산업에 이용되는 다양한 사례를 설명했는가? ☆☆☆

| 과정·기능 | 효소가 이용되는 다양한 사례를 조사하고, 동영상 광고를 협력하여 만들었는가? ☆☆☆

| 가치·태도 | 효소가 이용되는 사례를 조사할 때 과학적 근거를 이용하여 문제를 해결했는가? ☆☆☆

정리

1. 효소가 우리 생활이나 산업에 이용되는 다양한 사례를 정리해 보자.
2. 내가 생활하면서 효소를 이용하는 사례에는 어떤 것들이 있는지 써 보자.

탐구 능력 | 문제 해결 능력

탐구

조사, 결론 도출

효소의 이용 사례 조사하기

목표 효소가 우리 생활이나 산업에 다양하게 이용되는 사례를 조사하여 발표할 수 있다.

과정 및 결과

1. 모둠별로 일상생활과 산업 분야 중 하나를 골라 효소가 이용되는 다양한 사례를 조사해 보자.

준비물

- ☑ 스마트 기기
- ☑ 효소의 이용과 관련된 책



효소 연구의 역사

효소의 발견

이탈리아의 과학자인 스팔란차니(Spallanzani, L., 1729~1799)는 새에게서 추출한 위액을 고기에 뿌려 고기가 녹는 것을 확인하고, 위액 속에는 고기를 녹이는 물질이 있다고 생각했다.



독일의 과학자인 슈반(Schwann, T., 1810~1882)은 고기를 녹인 위액 속의 물질을 펩신이라고 불렀으며, 적은 양의 펩신으로도 많은 양의 고기를 분해할 수 있다는 것을 알아냈다.

효소의 구성 성분 규명

미국의 과학자인 섬너(Sumner, J. B., 1887~1955)는 작두콩에서 요소를 이산화탄소와 암모니아로 분해하는 유레이스를 추출하여 결정으로 만드는 데 성공했으며, 효소가 단백질로 이루어졌다는 사실을 알아냈다.



미국의 과학자인 노스롭(Northrop, J. H., 1891~1987)은 펩신, 트립신, 카이모트립신 등을 결정으로 만들어 효소가 단백질로 이루어졌다는 것을 증명했다.

효소의 입체 구조 규명

영국의 과학자인 필립스(Phillips, D. C., 1924~1999)는 동료들과 함께 달걀에 있는 효소인 라이소자임의 입체 구조를 최초로 밝혔다.



인공 효소 개발

인공 효소는 특정 반응을 원하는 방향으로 촉진하거나 다양한 화학 반응이 일어날 수 있게 한다. 최근에는 질병 치료, 의약품 생산, 식품 산업, 환경 개선 등 다양한 분야에서 인공 효소를 개발하여 활용하고 있다.

생각 풀치기

효소의 입체 구조를 밝히는 것이 중요한 까닭을 효소의 기질특이성과 관련지어 설명해 보자.

탐구 능력

효소는 일상생활에서뿐만 아니라 의학, 산업, 생명공학 등 다양한 분야에서 이용되고 있다. 또 앞으로도 사람의 수명 연장과 질병 퇴치 등 인류의 복지를 위해 더 많이 이용될 것으로 기대하고 있다.

일상생활에 효소를 이용하는 사례



된장, 고추장, 김치 등의 발효식품은 미생물이 가지고 있는 효소의 작용으로 만들어진다.



탄수화물분해효소가 들어 있는 치약은 치석과 충치 예방에 도움이 된다.



혈당 측정기에는 포도당산화효소가 들어 있어 혈액의 포도당 농도를 측정할 수 있다.

산업에 효소를 이용하는 사례



지방분해효소를 이용하여 식물성 기름으로부터 바이오연료를 생산한다.



효소를 이용하여 인슐린, 성장호르몬 등의 의약품을 생산한다.



셀룰로스분해효소를 이용하여 종이의 품질을 개선한다.

그림 II-14 일상생활이나 산업에 효소를 이용하는 사례

스스로 확인하기

- 1 효소는 생명체 밖에서도 ()이/가 빠르게 일어나도록 하기 때문에 일상생활이나 산업에 다양하게 이용된다.
- 2 | 과학 역량 기르기 | 효소를 이용하여 환경오염을 줄일 수 있는 방법을 설명해 보자.

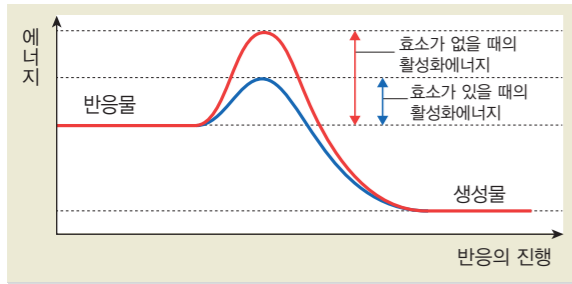
단원을 마치기 전에

학습 목표를 달성했는지 74 쪽 학습 목표에 ✓ 표하여 스스로 점검해 보자.

01 효소의 작용과 특성

67 쪽~73 쪽

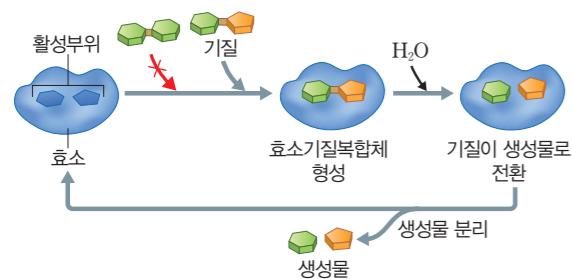
1. 효소와 활성화에너지: 생명체에서 효소는 ① 을/를 낮추어 반응 속도가 빨라지게 하는 생체촉매이다.



▲ 효소와 활성화에너지

2. 효소의 작용과 기질특이성

- 효소가 기질과 결합하여 ② 을/를 형성하면 활성화에너지가 낮아진다.
- 효소가 특정 기질과만 결합하여 촉매 작용을 하는 특성을 기질특이성이라고 한다.



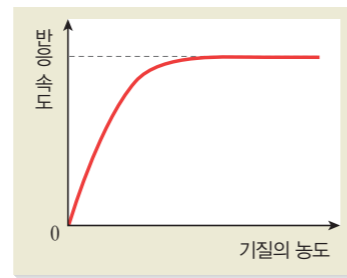
▲ 효소의 작용과 기질특이성

- 효소의 주성분은 단백질이며, ③ 이/가 있어야 촉매 작용을 하는 효소도 있다.

3. 효소의 종류: 효소는 작용하는 반응의 종류에 따라 산화 환원효소, 전이효소, 가수분해효소, 제거효소, 이성질화 효소, 연결효소, 자리옮김효소의 7 가지로 분류한다.

4. 효소의 작용에 영향을 미치는 요인

- 기질의 농도: 기질의 농도가 일정 수준 미만일 때에는 기질의 농도가 ④ 할수록 반응 속도가 빨라지다가 기질의 농도가 일정 수준에 이르면 반응 속도가 일정해진다.



▲ 기질의 농도에 따른 반응 속도

- 온도와 pH: 효소의 주성분인 단백질은 온도와 pH에 따라 입체 구조가 달라지므로 효소의 활성은 온도와 pH의 영향을 받는다.
- 효소억제제: 효소와 결합하여 효소의 작용을 억제하는 물질로, ⑤ 억제제와 비경쟁적 억제제가 있다.

02 효소의 이용

74 쪽~76 쪽

1. 효소는 일상생활이나 산업에 다양하게 이용되고 있다.
2. 효소는 인류의 복지를 위해 더 많이 활용될 것으로 기대하고 있다.

스스로 평가하기

이 단원에서 학습한 내용을 확인하고 스스로 평가해 봅시다.

	우수	보통	미흡
지식·이해 효소의 작용 기작을 이해하고, 효소의 종류와 특성을 설명했는가? 효소가 우리 생활이나 산업에 다양하게 이용되는 사례를 설명했는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
과정·기능 생명체 내에서 일어나는 효소 작용의 중요성에 대해 다양한 매체를 활용하여 협력적으로 소통했는가? 효소의 활성에 영향을 미치는 요인에 대한 실험을 설계하여 수행했는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
가치·태도 효소에 대해 학습하면서 과학 원리가 일상생활에 이용된다는 것을 인식했는가? 효소가 이용되는 사례를 조사할 때 과학적 근거를 이용하여 문제를 해결했는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

평가 결과가 아쉽다면 '2. 효소'를 다시 한번 학습해 봅시다.



과학적 의사 결정 능력을 기르는

건강 매점 구상하기

학생들이 간식으로 많이 먹는 햄버거, 탄산음료 등은 대부분 열량이 높고 영양소가 골고루 들어 있지 않다. 따라서 이러한 식품을 많이 섭취하면 비만이나 영양 불균형을 일으킬 수 있기 때문에 학교 매점에서는 이를 판매할 수 없다. 학생들이 올바른 식습관을 실천할 수 있도록 과일 같은 건강한 식품을 판매하는 건강 매점을 운영하는 학교도 생겼다. 우리 학교에서 건강 매점을 운영한다면 어떻게 할지 구상해 보자.



1 생각하기

- 우리 모둠에서 식품의 영양 성분을 고려한 건강 매점을 운영한다면 어떤 식품을 판매할지 자신의 생각을 정리해 보자.

2 토의하기

- 1 모둠별로 어떤 건강 매점을 운영할지 다음을 참고하여 토의해 보자.

- 건강 매점에서 어떤 식품을 판매할 것이며, 이 식품은 우리에게 어떤 도움이 될까?
- 건강 매점의 공간은 어떻게 구성하면 좋을까?

- 2 토의한 내용을 정리하여 발표해 보자.

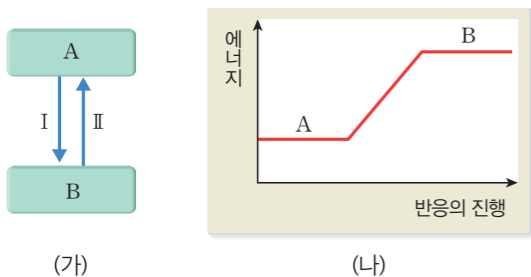
3 평가하기

- 다음 표를 활용하여 우리 모둠과 다른 모둠의 발표 내용을 평가해 보자.

평가 내용	우수	보통	미흡
지식·이해 식품의 영양 성분을 고려하여 판매할 식품을 잘 선정했는가?			
과정·기능 모둠별로 토의할 때 과학적 근거를 들어 자신의 의견을 말했는가?			
가치·태도 개방적인 태도로 모둠원의 아이디어를 수용하며 토의에 참여했는가?			

1. 물질대사와 에너지 54 쪽

01 그림 (가)는 사람에서 일어나는 물질대사 과정 I과 II를, (나)는 I에서의 에너지 변화를 나타낸 것이다. A와 B는 단백질과 아미노산을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 아미노산이다.
 - ㄴ. I에서 에너지가 방출된다.
 - ㄷ. II에서 이화작용이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2. 효소 66 쪽

03 표는 세 종류 효소의 작용을 나타낸 것이다. A와 B는 가수분해효소와 이성질화효소를 순서 없이 나타낸 것이다.

효소	작용
A	물을 첨가하여 기질을 분해한다.
B	기질의 원자 배열을 바꿔 구조를 변형한다.
전이효소	㉠

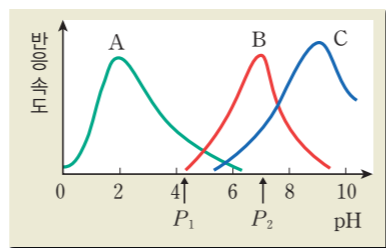
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 이성질화효소이다.
 - ㄴ. B의 주성분은 단백질이다.
 - ㄷ. '기질의 작용기를 떼어 다른 분자로 옮긴다.'는 ㉠에 해당한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

2. 효소 66 쪽

04 그림은 효소 A~C에 의한 반응에서 pH에 따른 반응 속도를 나타낸 것이다. A~C는 사람의 소화효소이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

- 보기
- ㄱ. A의 활성은 pH 2에서가 pH 4에서보다 높다.
 - ㄴ. B의 입체 구조는 P₁일 때와 P₂일 때가 서로 같다.
 - ㄷ. B의 최적 pH는 C의 최적 pH보다 낮다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

1. 물질대사와 에너지 54 쪽

02 광합성, 세포호흡, ATP에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

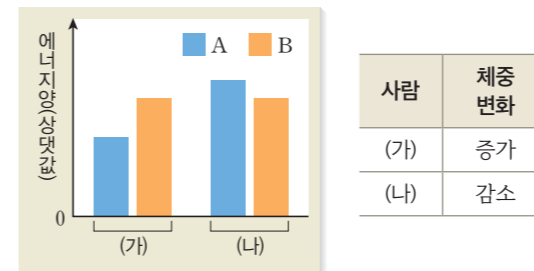
- 보기
- ㄱ. 광합성으로 빛에너지가 화학 에너지로 전환된다.
 - ㄴ. 세포호흡에서 포도당은 물과 이산화 탄소로 분해된다.
 - ㄷ. ATP가 분해되면서 방출된 에너지는 다양한 생명활동에 사용된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

과학 역량 기르기

1. 물질대사와 에너지 54 쪽

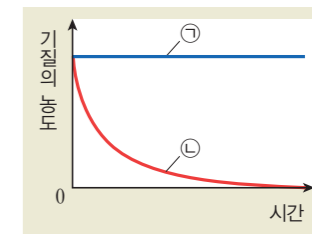
05 그림은 사람 (가)와 (나)의 에너지 섭취량과 에너지 소비량을, 표는 (가)와 (나)의 에너지 섭취량과 에너지 소비량이 그림과 같은 상태로 일정 기간 지속되었을 때 (가)와 (나)의 체중 변화를 나타낸 것이다. A와 B는 에너지 섭취량과 에너지 소비량을 순서 없이 나타낸 것이다.



A와 B가 무엇인지 각각 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 설명해 보자.

2. 효소 66 쪽

07 그림은 주효소 X가 관여하는 어떤 화학 반응에서 ㉠일 때와 ㉡일 때 시간에 따른 기질의 농도를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 보조인자가 있을 때와 없을 때를 순서 없이 나타낸 것이다.

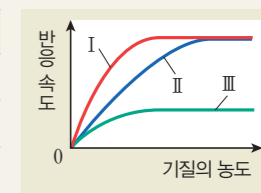


㉠과 ㉡ 중 보조인자가 있을 때는 어느 것인지 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 설명해 보자.

과학 글쓰기

08 표는 효소 E에 의한 반응에서 실험 I~III의 조건을, 그림은 I~III에서 기질의 농도에 따른 반응 속도를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 경쟁적 억제제와 비경쟁적 억제제를 순서 없이 나타낸 것이다.

실험	㉠	㉡
I	없음.	없음.
II	있음.	없음.
III	없음.	있음.

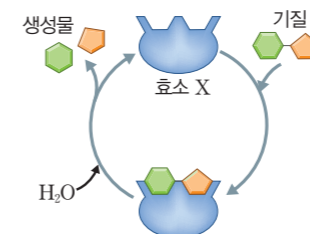


㉠과 ㉡이 각각 무엇인지 그렇게 판단한 까닭과 함께 설명해 보자. (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

.....

이 단원의 활동 결과물을 모아 나만의 포트폴리오를 완성해 보자.

06 그림은 효소 X에 의한 반응을 나타낸 것이다.



(1) X가 있을 때와 없을 때의 화학 반응에서 에너지 변화 그래프를 각각 그리고, 그래프에 X가 있을 때와 없을 때의 활성화 에너지를 표시해 보자.

(2) (1)과 같이 그린 까닭을 설명해 보자.

III

세포호흡과 광합성

세포호흡과 광합성은 어떤 과정을 거쳐 일어날까?

이 단원에서는 세포호흡 과정의 단계별 특징을 이해하고, 산소호흡과 발효의 공통점과 차이점을 알아보자. 또 광합성의 명반응과 탄소 고정반응의 특징을 이해하고, 광합성과 세포호흡의 전자전달계를 비교해 보자.



이 단원의 핵심 아이디어

1 세포호흡

세포는 유기물을 분해하는 세포호흡을 통해 생명활동에 필요한 에너지를 얻는다.

2 광합성

광합성을 통해 빛에너지를 화학 에너지로 전환하여 유기물을 합성하고, 이 유기물은 우리 생활에 다양하게 이용된다.

단원 연계

중학교 과학

- 생물의 구성과 다양성
- 식물과 에너지
- 동물과 에너지

통합과학1

- 시스템과 상호작용

생명과과학

- 생명 시스템의 구성

세포와 물질대사

1. 세포호흡
2. 광합성

포트폴리오

- 이 단원을 학습하면서 나만의 포트폴리오를 만들어 보자.
- 118 쪽 광합성 관련 과학사 연대표 만들기
 - 124 쪽 광합성산물 이용 사례를 소개하는 소책자 만들기

1

세포호흡

- 01 미토콘드리아의 구조와 기능
- 02 세포호흡 과정
- 03 발효

우리는 하루 동안 여러 가지 생명활동을 하며, 생명활동에는 에너지가 필요하다.

들어다보기 우리 몸의 세포는 생명활동에 필요한 에너지를 어떻게 얻을까?

생각해 보기 생명활동에 필요한 에너지를 얻으려면 무엇이 필요할까?



학습할 내용을 알아보고, 스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

이전 학습 내용

알고 있는 단어에 ✓ 표 해 보자.

- 미토콘드리아 세포호흡 효소 이화작용

지식·이해

- 미토콘드리아의 구조와 기능을 이해하고, 세포호흡 과정의 단계별 특징을 설명할 수 있다.
- 기질수준인산화와 산화적 인산화를 구분하여 설명할 수 있다.
- 산소호흡과 발효의 공통점과 차이점을 설명할 수 있다.

이 단원의 학습 내용

과정·기능

- 생명체 내에서의 미토콘드리아의 기능을 추론할 수 있다.
- 발효 실험을 설계하여 수행하고, 발효 이용 사례에 대한 조사 계획을 세워 조사할 수 있다.

가치·태도

- 세포호흡 과정의 단계별 특징을 정리할 때 과학적으로 사고할 수 있다.
- 발효를 이용한 사례를 조사하는 과정에서 과학 이론의 유용성을 인식할 수 있다.

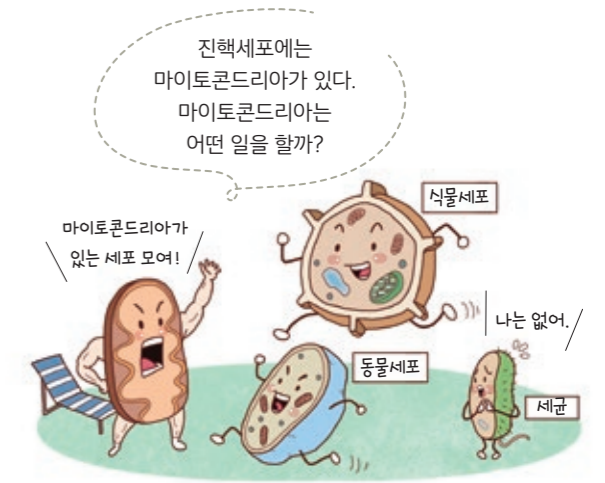
나의 학습 계획

나는 이 단원에서 _____ 을/를 알고 싶다.

01 미토콘드리아의 구조와 기능

학습 목표

- 미토콘드리아의 구조를 설명할 수 있다.
- 생명체 내에서의 미토콘드리아의 기능을 설명할 수 있다.



미토콘드리아에서는 유기물을 분해하여 생명활동에 필요한 에너지를 얻는 세포호흡이 일어난다. 미토콘드리아는 그림 Ⅲ-1과 같이 외막과 내막의 이중막으로 둘러싸여 있으며, 내막에 의해 막사이공간과 바탕질로 구분된다. 내막은 안쪽으로 접혀 들어가 주름진 구조인 크리스타를 형성하며, 내막 안쪽이 바탕질이다. 미토콘드리아의 내막에는 전자를 전달하는 데 필요한 효소, ATP 합성효소 등이 있고, 바탕질에는 유기물 분해에 필요한 여러 가지 효소, DNA, 라이보솜 등이 있다.

미토콘드리아의 구조와 기능은 중학교 『과학』의 '생물의 구성과 다양성' 단원과 연계된다.

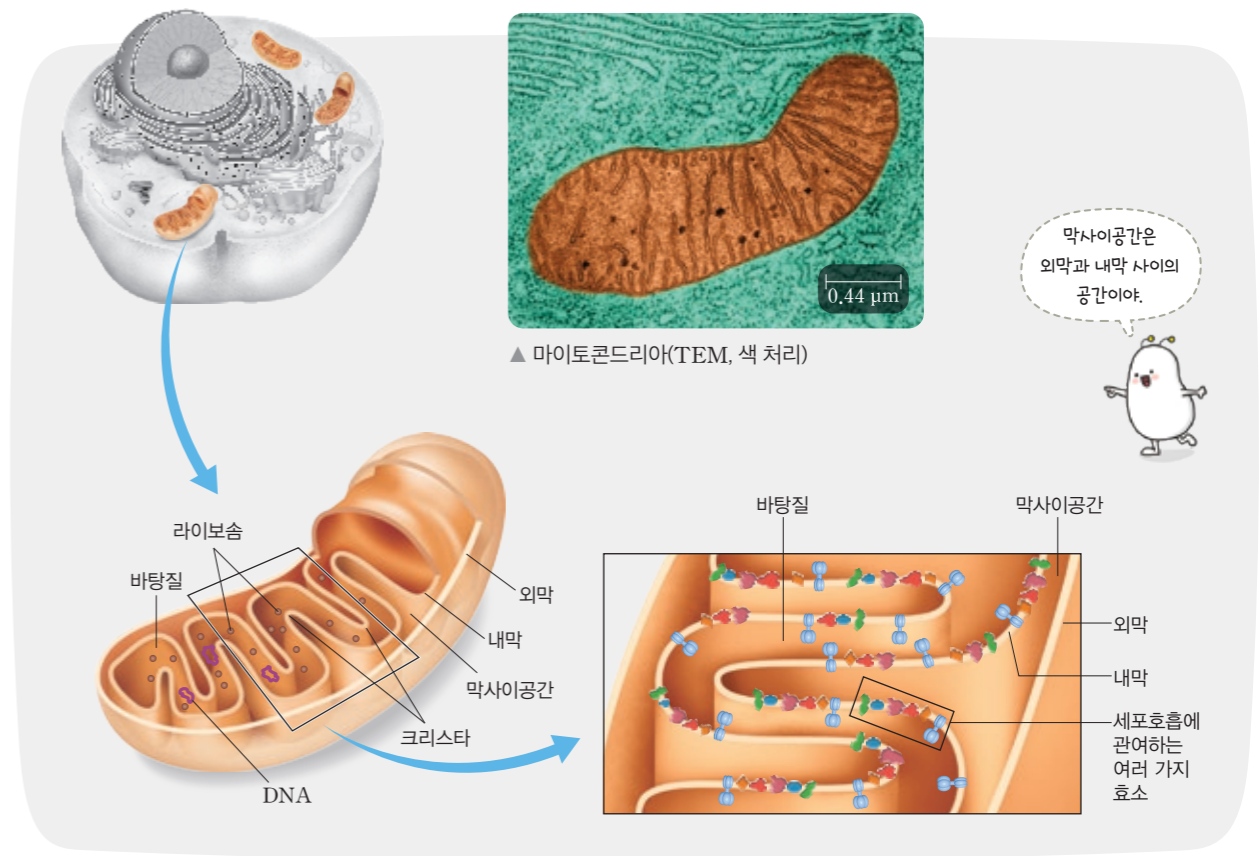


그림 Ⅲ-1 미토콘드리아의 구조

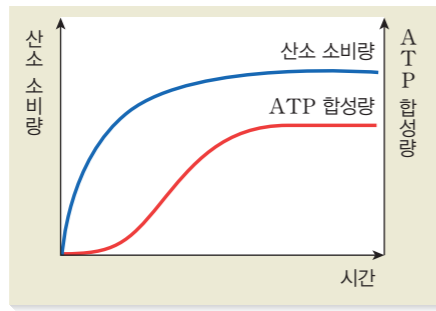
미토콘드리아는 세포호흡이 활발하게 일어나는 세포에 많이 들어 있다. 다음 해 보기에서 미토콘드리아의 기능을 알아보자.

해보기

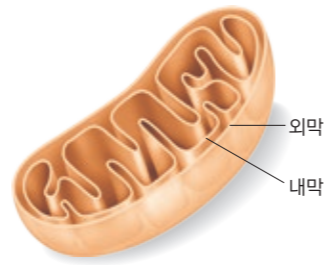
미토콘드리아의 기능 추론하기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

그림 (가)는 세포호흡에 필요한 유기물, ADP, 무기인산(P_i), 미토콘드리아가 들어 있는 용액에 산소를 첨가했을 때 시간에 따른 산소 소비량과 ATP 합성량을, (나)는 미토콘드리아의 구조를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

- (가)를 참고하여 생명체 내에서의 미토콘드리아의 기능을 추론해 보자.
- (나)에서 미토콘드리아 내막의 주름진 구조가 미토콘드리아의 기능에 어떤 도움이 되는지 설명해 보자.

미토콘드리아에서는 유기물에 저장된 화학 에너지의 일부가 ATP의 화학 에너지로 전환되며, 이때 산소가 소비된다. 미토콘드리아의 바탕질과 내막에는 에너지전환에 관여하는 효소가 있으며, 내막의 주름진 구조는 표면적을 넓혀 에너지전환이 효율적으로 일어나게 한다.

스스로 확인하기

- 미토콘드리아 내막은 안쪽으로 접혀 들어가 주름진 구조인 ()을/를 형성한다.
- 미토콘드리아에서는 유기물의 화학 에너지가 ()의 화학 에너지로 전환된다.
- 과학 역량 기르기 | 우리 몸의 근육세포에는 지방세포에 비해 미토콘드리아가 많이 들어 있다. 그 까닭을 미토콘드리아의 기능과 관련지어 설명해 보자.

단원을 마치기 전에

학습 목표를 달성했는지 85 쪽 학습 목표에 ✓ 표 하여 스스로 점검해 보자.

02 세포호흡 과정

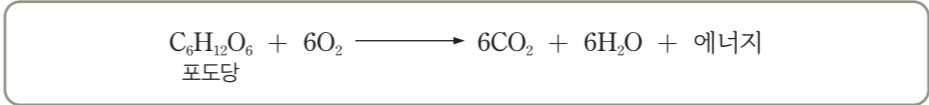
학습 목표

- 세포호흡 과정의 단계별 특징을 설명할 수 있다.
- 세포호흡 과정에서의 인산화반응을 기질수준인산화와 산화적 인산화로 구분하여 설명할 수 있다.



세포호흡의 전체 과정

세포호흡은 포도당 같은 유기물을 분해하여 생명활동에 필요한 에너지를 얻는 과정이다.



세포호흡에서는 포도당이 산화되어 이산화 탄소가 되고, 산소가 환원되어 물이 된다. 이 과정에서 방출된 에너지의 일부는 ATP의 화학 에너지로 전환되어 저장 되고, 나머지는 열로 방출된다.

세포호흡 과정은 그림 III-2와 같이 해당, 피루브산의 산화 및 TCA 회로, 산화적 인산화로 구분한다. 세포호흡 과정의 각 단계에서는 산화환원반응이 일어나고 ATP가 생성된다. 세포호흡은 효소에 의해 조절되는 일련의 화학 반응으로 온도, pH 등의 영향을 받는다.

세포호흡 과정은 중학교 '과학'의 '식물과 에너지', '동물과 에너지', '통합과학1'의 '시스템과 상호작용', '생명과학'의 '생명 시스템의 구성' 단원과 연계된다.

생명과학 + 화학

산화환원반응

화학 반응에서 물질이 전자(e⁻) 또는 수소를 방출하는 과정은 산화반응, 물질이 전자(e⁻) 또는 수소를 얻는 과정은 환원반응이다. 산화반응과 환원반응은 동시에 일어난다.

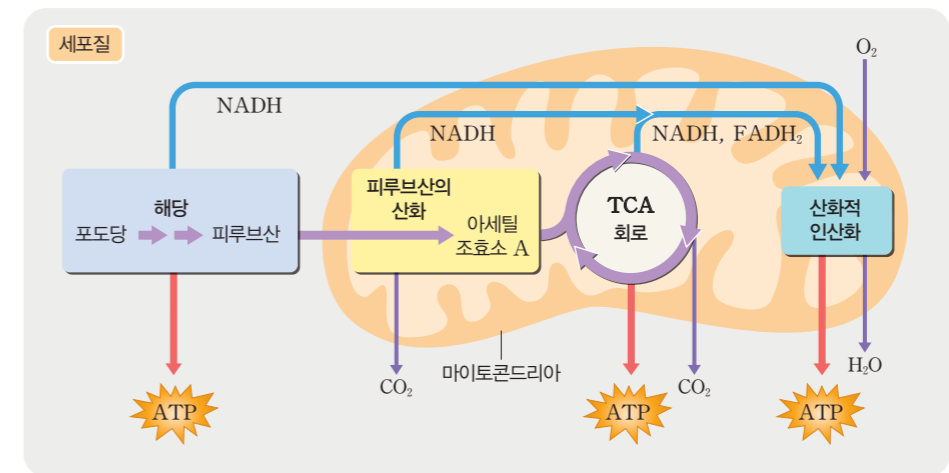


그림 III-2 세포호흡의 전체 과정 세포호흡 과정은 세포질에서 일어나는 해당, 미토콘드리아 바탕질에서 일어나는 피루브산의 산화 및 TCA 회로, 미토콘드리아 내막에서 일어나는 산화적 인산화로 구분한다.

해당, 해당 과정을 검색하여 해당이 어떤 과정을 뜻하는지 찾아 보자.

해당

해당은 그림 Ⅲ-3과 같이 세포질에서 포도당 1분자가 여러 단계의 화학 반응을 거쳐 피루브산 2분자로 분해되는 과정이며, 포도당으로부터 에너지를 얻는 모든 원핵세포와 진핵세포에서 일어난다.

해당에서는 먼저 포도당 1분자가 과당 2인산 1분자로 활성화되며, 이때 ATP 2분자가 소모된다. 과당 2인산 1분자는 피루브산 2분자로 분해되는데, 이 과정에서 탈수소효소의 작용으로 H⁺과 고에너지 전자가 방출되며, 방출된 H⁺과 고에너지 전자를 탈수소효소의 조효소인 NAD⁺가 받아 NADH로 환원된다. 또 이 과정에서 ATP 4분자가 생성되므로 포도당 1분자가 해당을 거치면 ATP 2분자가 순생성된다.

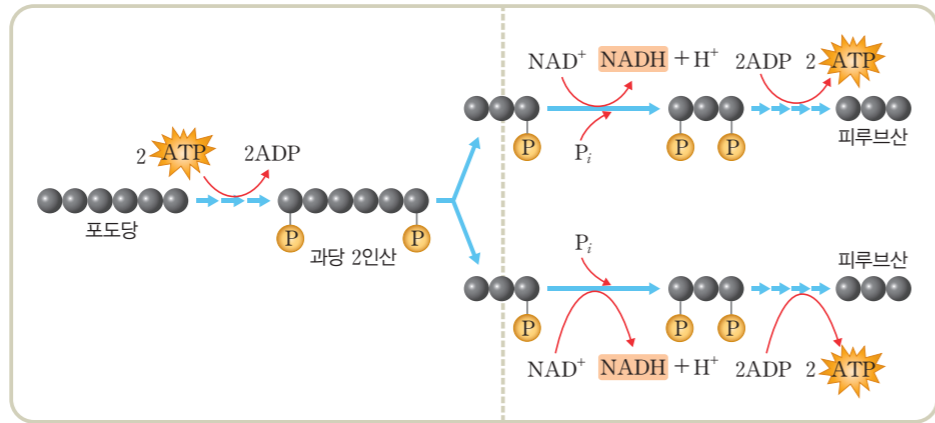


그림 Ⅲ-3 해당 해당은 ATP가 소모되는 단계와 ATP가 생성되는 단계로 구분할 수 있다.

인산화반응

물질에 인산기가 결합하는 과정을 인산화반응이라고 한다. ATP가 합성되는 과정은 인산화반응의 예이다.

해당에서 과당 2인산이 피루브산으로 분해될 때 기질수준인산화로 ATP가 합성된다. 기질수준인산화는 그림 Ⅲ-4와 같이 기질에 결합해 있던 인산기가 효소의 작용으로 ADP로 전달되어 ATP가 합성되는 과정이다.

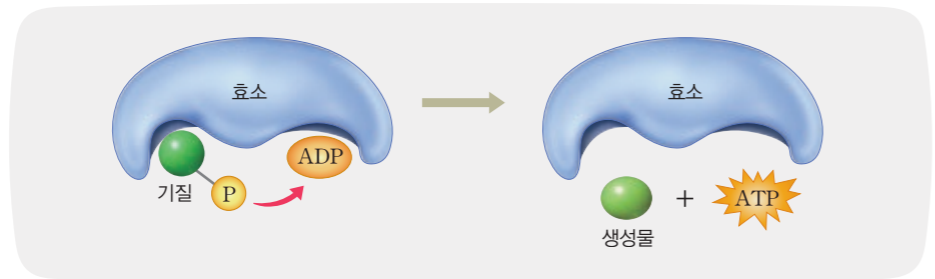


그림 Ⅲ-4 기질수준인산화

해당에서는 산소가 사용되지 않으므로 해당은 산소가 없어도 일어난다. 또 포도당 1분자를 이루던 모든 탄소가 피루브산 2분자를 이루는 탄소가 전환되기 때문에 해당에서는 이산화 탄소가 방출되지 않는다.

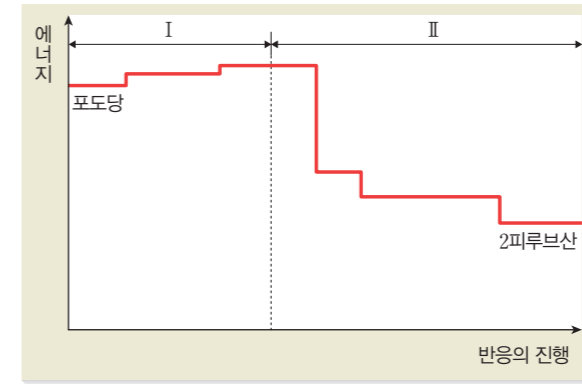
해당에서는 포도당의 분해로 방출된 화학 에너지의 일부가 NADH와 ATP에 저장된다. 다음 해 보기에서 해당에서 일어나는 에너지 변화를 알아보자.

해보기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

해당에서의 에너지 변화 알아보기

그림은 포도당 1분자가 피루브산 2분자로 분해되는 과정에서 일어나는 에너지 변화를 나타낸 것이다.

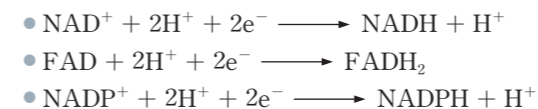


1. I과 II중 ATP를 소모하는 구간을 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 설명해 보자.
2. I과 II중 탈수소효소가 작용하여 NADH가 생성되는 구간을 써 보자.

포도당 1분자가 해당을 거치면 피루브산 2분자, ATP 2분자, NADH 2분자가 생성된다. 해당을 거친 뒤에도 포도당에 저장되어 있던 화학 에너지 중 많은 양이 피루브산에 남아 있다.

지문실 탈수소효소의 조효소

탈수소효소는 기질에서 H⁺과 전자(e⁻)를 떼어 내 기질을 산화하는 반응을 촉매하는 효소이며, 탈수소효소의 조효소에는 NAD⁺, FAD, NADP⁺ 등이 있다. NAD⁺는 세포질과 미토콘드리아의 바탕질에서, FAD는 미토콘드리아의 바탕질에서, NADP⁺는 엽록체의 스트로마에서 전자를 운반하는 역할을 한다. NAD⁺, FAD, NADP⁺는 기질에서 떨어져 나온 H⁺과 전자(e⁻)를 받아 각각 NADH, FADH₂, NADPH로 환원된다.



탈수소효소의 조효소는 전자(e⁻)를 운반하는 역할을 해.



피루브산의 산화 및 TCA 회로

해당에서 생성된 피루브산은 산소가 있을 때 그림 Ⅲ-5와 같이 미토콘드리아 바탕질로 들어가 탈수소효소 복합체의 작용에 의해 아세틸조효소 A로 산화된다. 이 과정에서 탈탄산 반응이 일어나 이산화 탄소가 방출되고, 조효소 A가 첨가된다. 또 탈수소 반응이 일어나 H⁺과 고에너지 전자가 방출되며, 방출된 H⁺과 고에너지 전자를 NAD⁺가 받아 NADH로 환원된다.

아세틸조효소 A는 옥살아세트산과 결합하여 시트르산이 되고, 시트르산은 여러 화학 반응을 거쳐 다시 옥살아세트산으로 되는 과정이 반복되는데, 이를 TCA 회로라고 한다.

TCA 회로(tricarboxylic acid cycle)의 특징

TCA 회로는 초기 생성 물질인 시트르산이 3 개의 카복실기(-COOH)를 가지기 때문에 붙여진 이름으로, 크레브스회로라고도 한다.

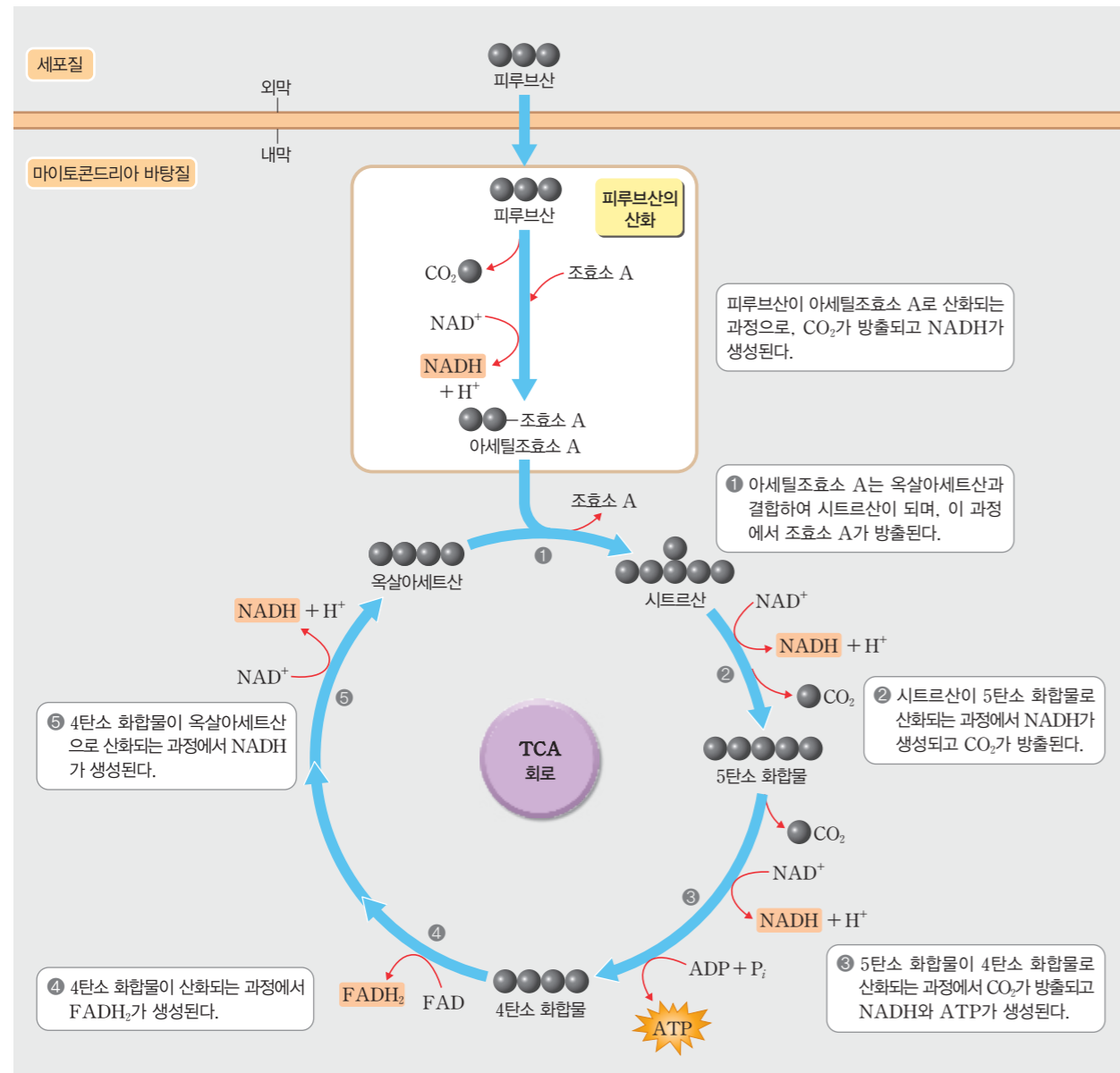
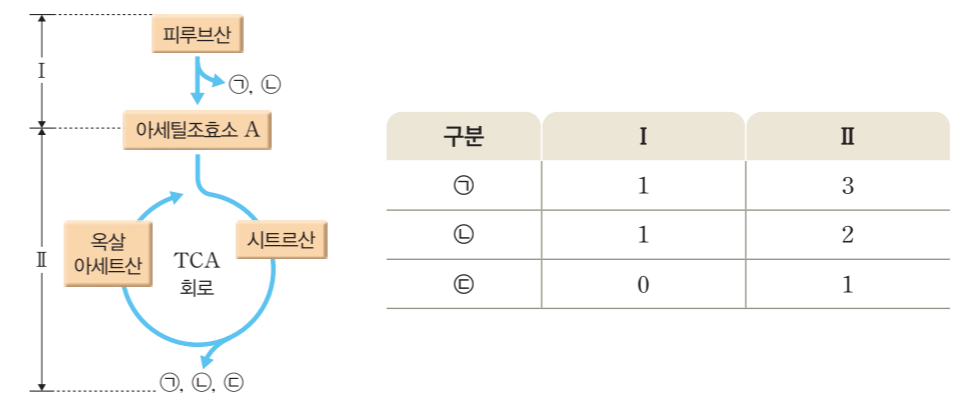


그림 Ⅲ-5 피루브산의 산화 및 TCA 회로

해보기 피루브산의 산화 및 TCA 회로의 반응 정리하기

그림은 세포에서 피루브산 1 분자가 산화되는 과정을, 표는 그림의 과정 I과 II에서 생성되는 ㉠~㉢의 분자 수를 각각 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 이산화 탄소, FADH₂, NADH를 순서 없이 나타낸 것이다.



구분	I	II
㉠	1	3
㉡	1	2
㉢	0	1

- ㉠~㉢이 무엇인지 각각 써 보자.
- I과 II 중 기질수준인산화가 일어나는 과정을 써 보자.
- TCA 회로에서 시트르산이 옥살아세트산으로 되는 과정에서 1 분자당 탄소 수는 어떻게 변하는지 설명해 보자.

미토콘드리아 바탕질에서 피루브산이 아세틸조효소 A로 산화되는 과정과 TCA 회로가 진행된 결과 피루브산 1 분자의 분해로 이산화 탄소 3 분자, ATP 1 분자, NADH 4 분자, FADH₂ 1 분자가 생성된다.

크레브스
(Krebs, H. A., 1900~1981)
영국의 과학자. TCA 회로를 밝힌 공로로 1953년에 노벨상을 받았다.

산화적 인산화

세포호흡 과정의 마지막 단계인 **산화적 인산화**는 그림 Ⅲ-6과 같이 NADH와 FADH₂에 저장된 에너지를 이용하여 ATP를 합성하는 과정이며, 미토콘드리아 내막에 있는 전자전달계와 ATP 합성효소에 의해 일어난다.

해당, 피루브산의 산화 및 TCA 회로에서 생성된 NADH와 FADH₂는 전자전달계에 고에너지 전자를 전달하고, 각각 NAD⁺와 FAD로 산화된다. 전자는 전자전달계를 거치면서 에너지를 단계적으로 방출하고, 최종적으로 산소에 전달된다. 전자를 받은 산소는 H⁺과 결합하여 물을 생성한다.

일부 전자전달효소 복합체는 전자전달계에서 전자가 전달될 때 방출된 에너지를 이용하여 미토콘드리아 바탕질에 있는 H⁺을 막사이공간으로 능동수송한다. H⁺의 능동수송으로 막사이공간의 H⁺ 농도가 바탕질보다 높아져 미토콘드리아 내막을 경계로 H⁺의 농도 기울기가 형성된다. 그 결과 H⁺이 농도가 높은 쪽에서 농도가 낮은 쪽으로 확산하는 **화학삼투**가 일어난다. 화학삼투에 의해 H⁺이 ATP 합성효소를 통과할 때 ATP가 합성된다.

전자전달계의 특징

전자전달계는 전자전달효소 복합체와 전자를 운반하는 전자운반체로 이루어져 있으며, 일련의 연속적인 산화환원반응이 일어나면서 에너지가 방출된다.

오개념 바로잡기

미토콘드리아 내막을 통한 H⁺의 이동은 모두 능동수송일까?

전자전달계에서는 H⁺이 능동수송에 의해 이동한다. 그러나 H⁺이 ATP 합성효소를 통해 이동하는 것은 H⁺의 농도 기울기에 의한 촉진확산이다.

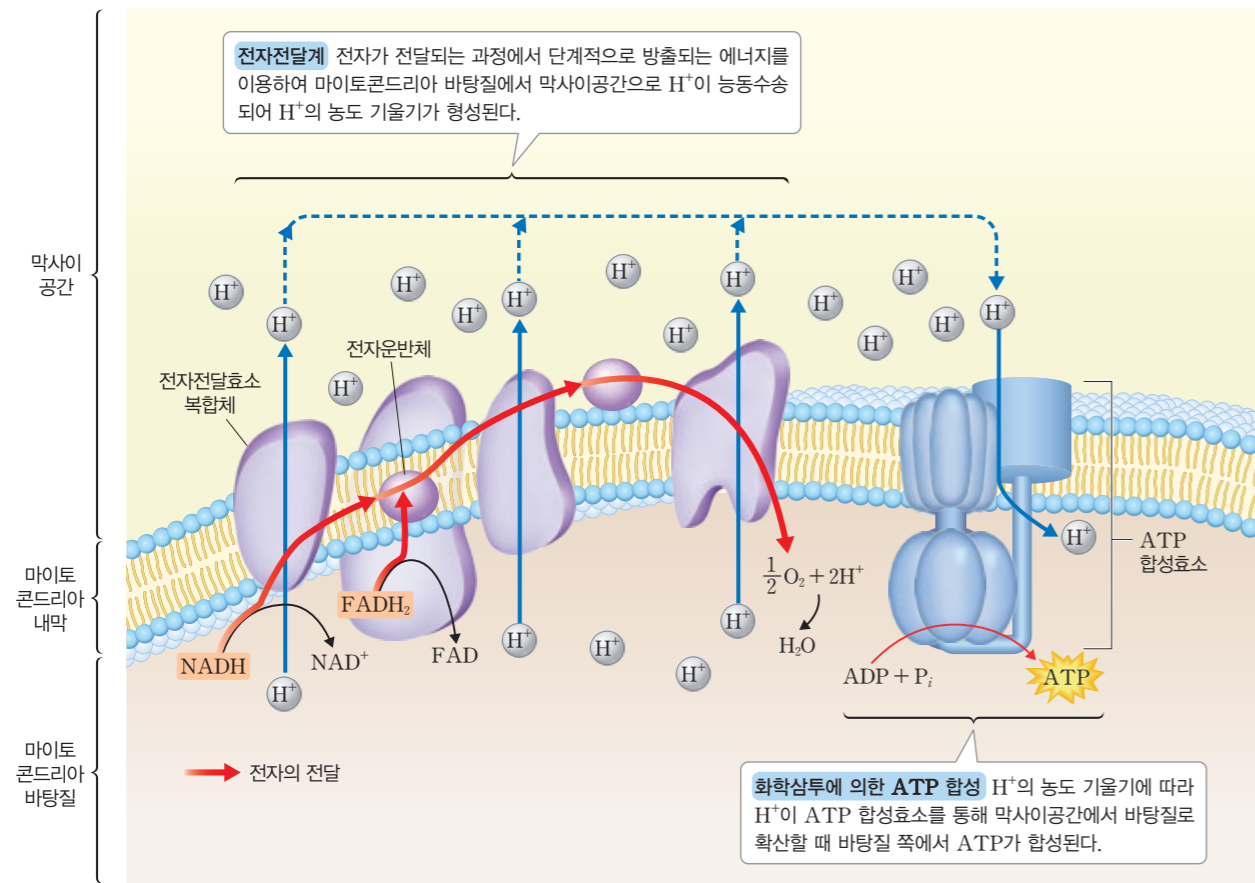


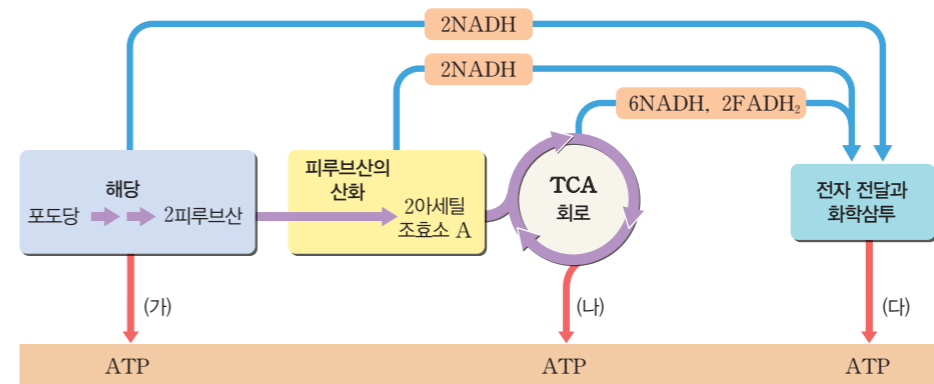
그림 Ⅲ-6 **산화적 인산화** 산화적 인산화는 미토콘드리아 내막에 있는 전자전달계와 화학삼투가 연결되어 일어난다.

해보기

세포호흡 과정에서의 인산화반응 비교하기

Q 탐구 능력 | 문제 해결 능력

그림은 세포호흡으로 포도당 1 분자가 분해될 때 ATP가 생성되는 과정을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 기질수준인산화와 산화적 인산화 중 하나이며, 산화적 인산화에서 NADH 1 분자가 산화되면 약 2.5 분자의 ATP가, FADH₂ 1 분자가 산화되면 약 1.5 분자의 ATP가 생성된다.



1. (가)~(다)는 각각 어느 인산화반응에 해당하는지 써 보자.
2. (가)와 (나)에서 각각 생성되는 ATP의 분자 수를 써 보자.
3. (다)에서 생성되는 ATP의 분자 수를 계산하여 써 보자.
4. 산화적 인산화가 기질수준인산화와 같은 점과 다른 점을 각각 설명해 보자.

포도당 1 분자가 분해되는 과정에서 기질수준인산화로 4 분자의 ATP가 생성된다. 그리고 포도당 1 분자가 해당과 피루브산의 산화 및 TCA 회로를 거치면 NADH 10 분자와 FADH₂ 2 분자가 생성되므로 산화적 인산화로 최대 28 분자의 ATP가 생성된다. 따라서 포도당 1 분자가 세포호흡에 이용되면 최대 32 분자의 ATP가 생성된다.

정의사고 식물에서 추출한 살충제인 로테논은 미토콘드리아의 전자전달계를 통한 전자의 전달을 방해한다. 로테논을 살충제로 사용할 수 있는 까닭을 설명해 보자.



다음 탐구에서 세포호흡 과정의 단계별 특징을 정리해 보자.

탐구

결론 도출, 협력적 소통

탐구 능력 | 문제 해결 능력

세포호흡 과정의 단계별 특징 정리하기

목표 세포호흡 과정의 단계별 특징을 정리하여 발표할 수 있다.

과정 및 결과

1. 모둠별로 세포호흡 과정의 단계별 특징을 정리해 보자.

세포호흡 과정의 단계	일어나는 장소	특징
해당		<ul style="list-style-type: none"> 포도당 1 분자가 피루브산 2 분자로 분해된다. • • •
피루브산의 산화 및 TCA 회로		<ul style="list-style-type: none"> 피루브산으로부터 이산화 탄소가 방출되는 탈탄산 반응이 일어난다. • • •
산화적 인산화		<ul style="list-style-type: none"> 전자전달계와 ATP 합성효소가 관여한다. • • •

2. 1에서 정리한 내용으로 발표 자료를 만들 때 어떤 매체를 활용할지 정해 보자.

- 1 영상, 포스터, 정보 그림, 카드 뉴스 같은 시각화 설명 자료를 활용할 수 있다.

3. 세포호흡 과정의 단계별 특징을 정리한 자료를 만들어 발표해 보자.

정리

- 세포호흡 과정의 세 단계를 비교해 보고, 공통점을 설명해 보자.



탐구 유의 사항
발표할 때에는 내용을 이해하기 쉽게 설명한다.

스스로 평가하기

| 지식·이해 | 세포호흡 과정의 단계별 특징을 설명했는가? ☆☆☆

| 과정·기능 | 발표 자료를 만들 때 협력적으로 소통했는가? ☆☆☆

| 가치·태도 | 세포호흡 과정의 단계별 특징을 정리할 때 과학적으로 사고했는가? ☆☆☆

호흡기질에 따른 세포호흡 경로

탄수화물, 단백질, 지방과 같이 세포호흡에 이용되는 유기물을 호흡기질이라고 하며, 주로 탄수화물이 호흡기질로 이용된다. 탄수화물 중 다당류, 이당류는 포도당 같은 단당류로 분해되어 세포호흡의 경로로 들어가 산화된다.

단백질은 아미노산으로 분해되어 세포호흡에 이용된다. 아미노산이 호흡기질로 이용될 때에는 탈아미노작용으로 아미노기(-NH₂)가 제거된 뒤 피루브산, 아세틸 조효소 A, TCA 회로의 중간 산물 등으로 전환되어 세포호흡의 경로로 들어가 산화된다.

지방은 글리세롤과 지방산으로 분해되어 세포호흡에 이용된다. 글리세롤은 해당의 중간 산물로 전환된 뒤 해당과 TCA 회로를 거쳐 산화되며, 지방산은 아세틸 조효소 A로 전환된 뒤 TCA 회로를 거쳐 산화된다.

아미노산에서 제거된 아미노기(-NH₂)는 암모니아로 전환된 뒤 간에서 독성이 약한 요소로 합성되기도 해.

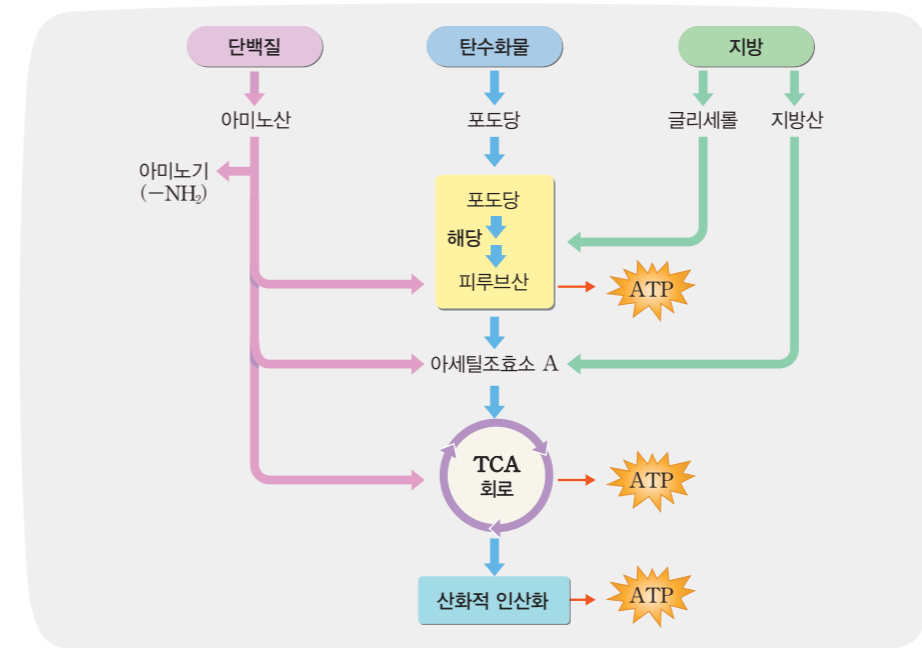


그림 Ⅲ-7 호흡기질이 세포호흡에 이용되는 경로

스스로 확인하기

- 1 피루브산 1 분자가 피루브산의 산화 및 TCA 회로를 거쳐 분해되면 NADH () 분자, FADH₂ () 분자, 이산화 탄소 () 분자가 생성된다.
- 2 세포호흡 과정의 세 단계 중 NADH와 FADH₂에 저장된 에너지를 이용하여 ATP를 합성하는 과정을 무엇이라고 하는지 써 보자.
- 3 | 과학 역량 기르기 | 미토콘드리아의 전자전달계에 전달된 고에너지 전자가 산소와 결합하기까지 여러 단계의 산화환원반응을 거친다. 이에 따른 이점은 무엇인지 설명해 보자.

단원을 마치기 전에
학습 목표를 달성했는지
87 쪽 학습 목표에 ✓ 표
하여 스스로 점검해 보자.

03

발효

| 학습 목표 |

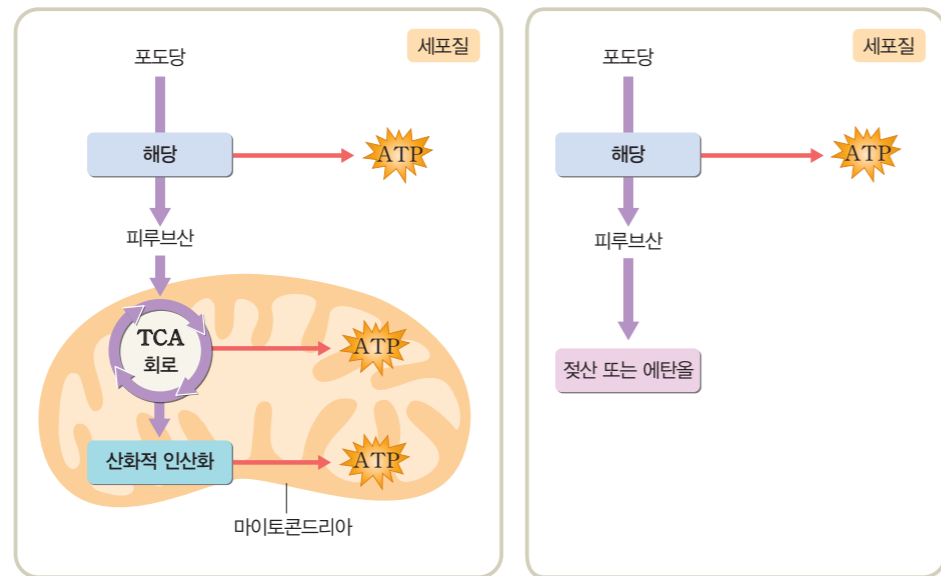
- 산소호흡과 발효의 공통점과 차이점을 설명할 수 있다.
- 실생활에서 발효를 이용한 사례를 설명할 수 있다.



산소호흡과 발효

세포호흡에서 대부분의 ATP는 산화적 인산화로 생성되므로 ATP가 충분히 생성되려면 산소가 필요하다. 이처럼 산소를 이용하는 세포호흡을 산소호흡이라고 한다. 산소호흡에서는 포도당이 완전히 산화되어 이산화 탄소와 물로 분해된다.

해당에서 생성된 피루브산이 산소가 없을 때 세포질에서 젖산, 에탄올 등의 물질로 전환되는 과정을 발효라고 한다. 발효에서는 포도당이 완전히 산화되지 않고 해당에서만 ATP가 생성되기 때문에 산소호흡에 비해 적은 양의 ATP가 생성된다.



▲ 산소호흡

▲ 발효

그림 III-8 산소호흡과 발효 산소호흡에서는 해당에서 생성된 피루브산이 미토콘드리아로 들어가 산화되며, 발효에서는 피루브산이 세포질에서 젖산이나 에탄올로 환원된다.

❓ 산소호흡 과정과 발효 과정의 공통점과 차이점은 각각 무엇일까?

발효의 종류

생명체에서 해당이 계속 일어나 ATP를 지속해서 생성하려면 해당에서 생성된 NADH가 산화되어 NAD⁺가 재생성되어야 한다. 산소가 없는 환경에서 NADH의 산화는 발효를 통해 일어난다. 발효는 NAD⁺가 재생성되는 과정에서 만들어지는 물질의 종류에 따라 젖산발효, 알코올발효 등으로 구분한다.

젖산발효 | *젖산균은 산소가 없을 때 젖산발효를 통해 생명활동에 필요한 ATP를 생성한다. 젖산발효에서는 해당에서 생성된 피루브산이 NADH로부터 전자를 받아 젖산으로 환원되며, 이 과정에서 NADH가 산화되어 생성된 NAD⁺는 해당에 다시 사용된다. 젖산발효가 일어날 때에는 해당에서의 기질수준인산화로 포도당 1분자로부터 ATP 2분자가 생성된다.

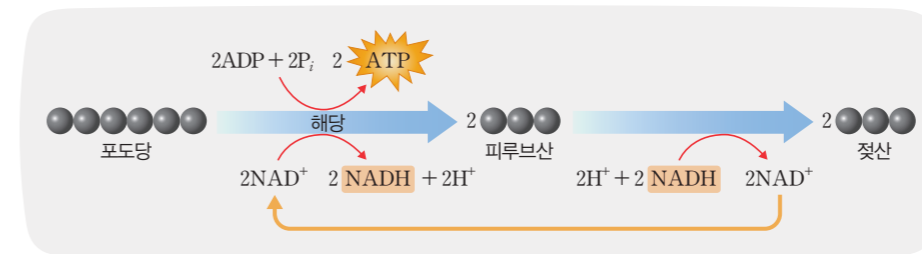


그림 III-9 젖산발효 젖산발효에서 NADH가 NAD⁺로 산화되는 반응의 전자수용체는 해당에서 생성된 피루브산이다.

젖산발효는 사람의 근육세포에서도 일어난다. 과도한 운동으로 근육세포에 산소 공급이 부족해지면 젖산발효를 통해 운동에 필요한 ATP가 생성된다.

알코올발효 | *효모는 산소가 없을 때 알코올발효를 통해 ATP를 생성한다. 알코올발효에서는 해당에서 생성된 피루브산이 아세트알데하이드로 전환되면서 이산화 탄소를 방출하고, 아세트알데하이드는 NADH로부터 전자를 받아 에탄올로 환원된다. 이 과정에서 NADH가 산화되어 생성된 NAD⁺는 해당에 다시 사용된다. 알코올발효가 일어날 때에는 해당에서의 기질수준인산화로 포도당 1분자로부터 ATP 2분자가 생성된다.

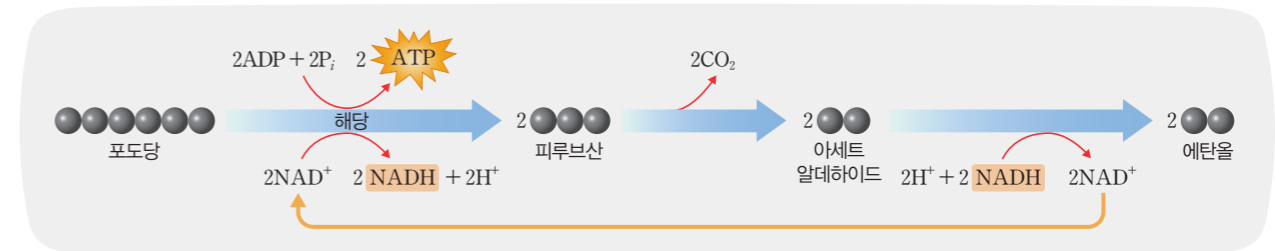


그림 III-10 알코올발효 알코올발효에서 NADH가 NAD⁺로 산화되는 반응의 전자수용체는 아세트알데하이드이다.

* 젖산균

젖산발효를 하는 단세포 원핵생물



▲ 젖산균(SEM, 색 처리)

근육세포에 축적된 젖산의 전환

근육세포에서 젖산발효가 일어난 결과 축적된 젖산은 혈액에 의해 간으로 운반되어 피루브산으로 전환된 뒤, 산소호흡에 이용되거나 포도당으로 합성된다.

* 효모

알코올발효를 하는 단세포 진핵생물



▲ 효모(SEM, 색 처리)

다음 탐구에서 알코올발효 실험을 설계하여 수행해 보자.

탐구

● 탐구 설계, 결론 도출

탐구 능력 | 문제 해결 능력

발효 실험 설계하여 수행하기

실험 영상



목표 효모의 알코올발효에 대한 실험을 설계하여 수행할 수 있다.

가설

효모에서 알코올발효가 일어나면 이산화 탄소가 생성되는데, 호흡기질의 종류에 따라 생성되는 이산화 탄소의 양이 다를 것이다.

탐구 설계

다음은 발효 실험에 필요한 준비물과 발효관을 이용한 실험 방법을 나타낸 것이다.

준비물
비커, 발효관, 스포이트, 솜, 효모액, 증류수, 5% 포도당 용액, 5% 녹말 용액

발효관을 이용한 실험 방법

발효관을 기울어 맹관부가 가득 차게 내용물을 넣는다. 맹관부에 기체가 들어가지 않게 발효관을 세운 다음 솜으로 입구를 막는다. 맹관부에 모인 기체의 부피를 측정한다.

1. 모둠별로 가설을 검증하기 위한 변인을 설정해 보자.

독립변인		종속변인
조작변인	통제변인	

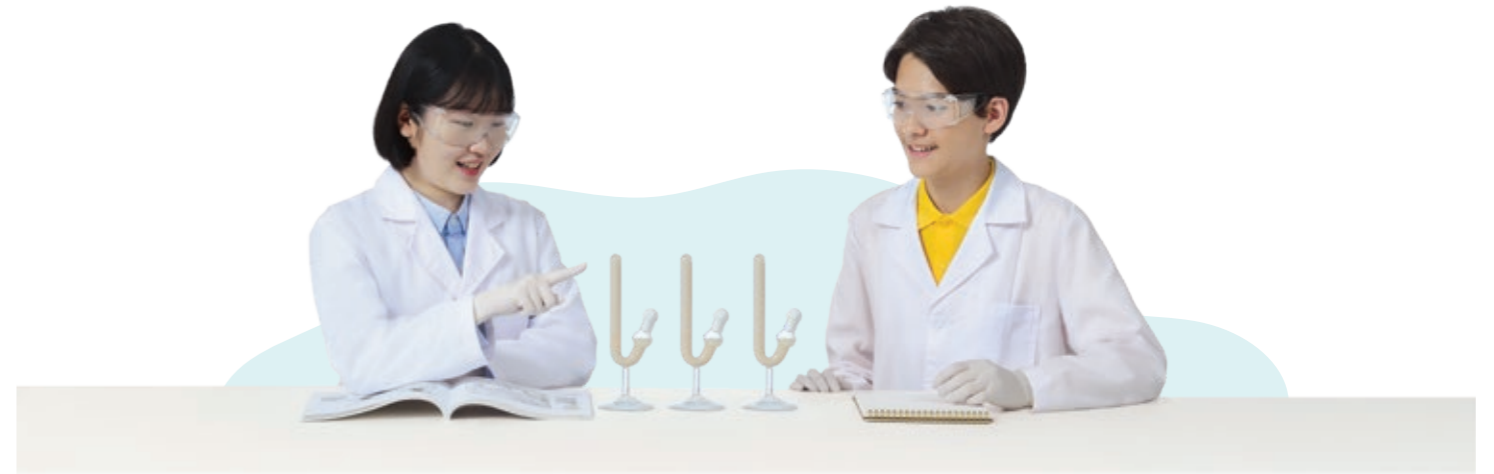
2. 1에서 설정한 변인에 따라 각 발효관에 넣을 용액의 양을 써 보자.

(단위: mL)

용액 \ 발효관	A	B	C
효모액		15	
증류수			
5% 포도당 용액	0	20	
5% 녹말 용액	0		20

탐구 수행 및 결과

1. 설계한 대로 3개의 발효관에 용액을 각각 넣고, 발효관에서 일어나는 변화를 관찰해 보자.



2. 실험 결과를 정리하여 써 보자.



정리

1. 실험 과정에서 발효가 일어나게 하기 위해 산소를 어떻게 차단했는지 써 보자.



2. 실험 결과가 가설을 지지하는지 판단해 보고, 그렇게 판단한 까닭을 설명해 보자.



3. **사고력** 발효관의 맹관부에 모인 기체가 이산화 탄소임을 확인하는 방법을 조사해 보자.



스스로 평가하기

| 지식·이해 | 호흡기질의 종류에 따라 생성되는 이산화 탄소의 양이 다르다는 것을 설명했는가? ☆☆☆

| 과정·기능 | 알코올발효 실험을 적절하게 설계하여 수행했는가? ☆☆☆

| 가치·태도 | 실험 결과를 있는 그대로 기록했는가? ☆☆☆

탐구

조사, 결론 도출

준비물

- ☑ 스마트 기기
- ☑ 발효의 이용과 관련된 책

실생활에서의 발효 이용

미생물을 이용한 발효는 실생활에서 다양하게 이용되고 있다. 다음 탐구에서 발효를 이용한 사례를 알아보자.

탐구 능력 | 문제 해결 능력

실생활에서 발효를 이용한 사례 조사하기

목표 실생활에서 발효를 이용한 사례를 조사하기 위한 계획을 세우고, 발효 이용 사례를 조사하여 발표할 수 있다.

1 고안하기

다음은 실생활에서 발효가 이용되는 분야이다.



- 모둠별로 분야를 하나씩 골라 보자.
- 고른 분야에서 발효를 이용한 사례를 조사할 때 어떤 내용을 조사할지 정해 보자.
- 조사한 내용을 정리하여 어떤 형식으로 발표 자료를 만들지 정해 보자.
 - ① 디지털 기기를 활용하여 영상 같은 시각화 설명 자료를 만들거나 공유 플랫폼을 활용할 수 있다.
- 모듬원의 역할을 나누어 보자.



생활용품 분야에서 발효를 이용한 사례를 조사해 볼까?

사례에 이용된 발효의 종류, 제조 방법 등을 조사해 보자.

영상으로 발표 자료를 만들어 볼까?

2 수행하기

- 계획한 대로 발효를 이용한 사례를 조사해 보자.
- 조사한 내용을 정리하여 발표 자료를 만들어 보자.

3 소통하기

- 발표 자료를 활용하여 발표해 보자.
- 다음 표를 활용하여 우리 모둠과 다른 모듬의 발표 내용을 평가해 보자.

평가 내용	우수	보통	미흡
지식·이해 실생활에서 발효를 이용한 사례를 설명했는가?			
과정·기능 발효를 이용한 사례를 조사하기 위한 계획을 세우고, 계획한 대로 조사하여 발표 자료를 만들었는가?			
가치·태도 발효를 이용한 사례를 조사하는 과정에서 과학 이론의 유용성을 인식했는가?			

탐구 유의 사항

- 조사할 때에는 주제와 관련된 책이나 전문 기관에서 운영하는 누리집의 정보를 이용한다.
- 발표할 때에는 내용을 이해하기 쉽게 설명한다.

김치와 치즈는 젖산발효를, 빵과 포도주는 알코올발효를 이용한 식품이다. 발효는 식품뿐만 아니라 화장품, 바이오에너지, 의약품 등을 만들 때에도 이용되며, 앞으로도 다양한 분야에서 이용될 것으로 기대하고 있다. 이를 위해 다양한 발효 미생물의 발견 및 새로운 발효 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.



▲ 김치



▲ 의약품



▶ 빵

그림 Ⅲ-11 발효를 이용한 사례

스스로 확인하기

- 산소호흡과 발효 중 포도당 1 분자당 생성되는 ATP의 양이 더 많은 것을 써 보자.
- 빵을 만들 때에는 어떤 발효를 이용하는지 써 보자.
- | 과학 역량 기르기 | 치즈를 만드는 데 이용되는 발효와 빵을 만드는 데 이용되는 발효의 공통점과 차이점을 각각 설명해 보자.

단원을 마치기 전에 학습 목표를 달성했는지 96 쪽 학습 목표에 ✓ 표하여 스스로 점검해 보자.

발효의 비밀을 밝힌 부흐너

독일의 과학자인 부흐너(Buchner, E., 1860~1917)는 대학에 다닐 때 잠시 통조림 공장에서 일한 적이 있었다. 그는 이곳에서 통조림을 보존하는 방법을 알게 되었고, 이때의 경험이 발효 연구에 큰 도움이 되었다.

이후 부흐너는 효모의 발효에 대한 실험을 하던 중 우연히 설탕을 알코올로 전환하는 물질을 발견하고, 이를 근거로 「효모 없이 일어나는 알코올발효에 관하여」라는 논문을 발표했다. 그 당시 대부분의 과학자는 살아 있는 효모 안에서만 발효가 일어난다고 생각했다. 그런데 부흐너는 효모 밖에서도 효모가 가진 특정 단백질(효소)에 의해 발효가 일어난다는 사실을 효모 추출물을 이용한 실험으로 알아낸 것이다.

부흐너의 연구를 발판으로 삼아 발효에 관여하는 효소와 발효가 일어나는 화학 반응에 대한 연구가 활발히 진행되면서 생화학이라는 새로운 학문 분야가 시작되었고, 부흐너는 이와 같은 공로를 인정받아 1907년에 노벨상을 받았다.

부흐너

생각 펼치기

부흐너의 효모 추출물을 이용한 발효 연구가 우리 생활에 어떤 영향을 미쳤는지 설명해 보자.

탐구 능력

중단원 마무리

1. 세포호흡

01 미토콘드리아의 구조와 기능

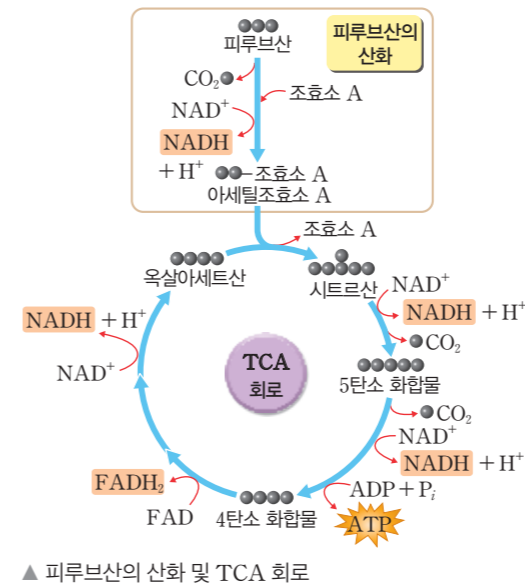
85 쪽~86 쪽

1. 미토콘드리아의 구조: 내막에 의해 막사이공간과 바탕질로 구분되며, 내막의 주름진 구조를 크리스타라고 한다.
2. 미토콘드리아의 기능: 세포호흡이 일어나 유기물의 화학 에너지 일부를 ATP의 화학 에너지로 전환한다.

02 세포호흡 과정

87 쪽~95 쪽

1. 해당: 세포질에서 포도당 1 분자가 2 분자로 분해되는 과정으로, ATP 2 분자와 NADH 2 분자가 생성된다.
2. 피루브산의 산화 및 TCA 회로: 산소가 있을 때 피루브산이 () (으)로 들어가 산화되는 과정이다.



- 피루브산 1 분자가 피루브산의 산화 및 TCA 회로를 거쳐 분해되면 이산화 탄소 3 분자, ATP 3 분자, NADH 4 분자, FADH₂ 1 분자가 생성된다.
- 3. 산화적 인산화: ()에서 전자전달계와 화학삼투가 연결되어 일어나는 ATP 합성 과정이다.
- 전자전달계: NADH와 FADH₂가 산화되면서 방출한 고에너지 전자가 전달되는 과정에서 에너지가 단계적으로 방출된다. 이 에너지가 이용되어 미토콘드리아 내막을 경계로 H⁺의 농도 기울기가 형성되며, 최종적으로 전자는 ()에 전달된다.
- 화학삼투에 의한 ATP 합성: H⁺의 농도 기울기에 의해 H⁺이 ()을/를 통해 막사이공간에서 바탕질로 확산할 때 ATP가 합성된다.

03 발효

96 쪽~101 쪽

1. 산소호흡과 발효: 발효에서는 포도당이 완전히 산화되지 않고 ()에서만 ATP가 생성되므로 산소호흡에 비해 적은 양의 ATP가 생성된다.
2. 발효의 종류
 - (): 피루브산이 젖산으로 환원되며, 포도당 1 분자로부터 ATP 2 분자가 생성된다.
 - 알코올발효: 피루브산이 아세트알데하이드를 거쳐 에탄올로 환원된다. 이 과정에서 이산화 탄소가 방출되고, 포도당 1 분자로부터 ATP 2 분자가 생성된다.

스스로 평가하기

이 단원에서 학습한 내용을 확인하고 스스로 평가해 보시오.

지식·이해	과정·기능	가치·태도
미토콘드리아의 구조와 기능을 이해하고, 세포호흡 과정의 단계별 특징을 설명했는가?	생명체 내에서의 미토콘드리아의 기능을 추론했는가?	세포호흡 과정의 단계별 특징을 정리할 때 과학적으로 사고했는가?
기질수준인산화와 산화적 인산화를 구분하여 설명했는가?	발효 실험을 설계하여 수행하고, 발효 이용 사례에 대한 조사 계획을 세워 조사했는가?	발효를 이용한 사례를 조사하는 과정에서 과학 이론의 유용성을 인식했는가?
산소호흡과 발효의 공통점과 차이점을 설명했는가?		

우수 보통 미흡

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

평가 결과가 아쉽다면 '1. 세포호흡'을 다시 한번 학습해 보시오.

2

광합성

- 01 엽록체와 광합성색소
- 02 광합성 과정
- 03 광합성과 세포호흡의 전자전달계
- 04 광합성 관련 과학사

나무가 울창한 숲에 가면 산소가 많이 포함된 신선한 공기를 들이마실 수 있다.

들어다보기 나무가 울창한 숲의 공기에 산소가 많은 까닭은 무엇일까?

생각해 보기 식물은 광합성 과정에서 어떻게 빛에너지를 흡수하여 산소를 만들어 낼까?



학습할 내용을 알아보고, 스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

이전 학습 내용

알고 있는 단어에 ✓ 표 해 보자.

- 엽록체 광합성 효소 동화작용

지식·이해

- 엽록체의 구조와 기능을 이해하고, 광합성의 명반응과 탄소 고정반응의 단계별 특징을 설명할 수 있다.
- 광합성과 세포호흡의 전자전달계를 비교하여 공통점과 차이점을 설명할 수 있다.

과정·기능

- 광합성의 명반응과 탄소 고정반응의 상호 관계를 추론할 수 있다.
- 미토콘드리아와 엽록체의 내부 구조 모형을 만들 때 협력적으로 소통할 수 있다.

가치·태도

- 광합성색소 분리 실험 과정에서 과학 실험의 즐거움을 경험할 수 있다.
- 광합성 관련 과학사적 연구 결과에 대한 시각화 자료를 창의적으로 만들 수 있다.

나의 학습 계획

나는 이 단원에서 _____ 을/를 알고 싶다.

01

엽록체와 광합성색소

| 학습 목표 |

- 엽록체의 구조와 기능을 설명할 수 있다.
- 광합성색소의 종류와 특징을 설명할 수 있다.



엽록체의 구조와 기능

엽록체에서는 빛에너지를 흡수하여 이산화 탄소와 물로 포도당을 합성하는 광합성이 일어난다. 엽록체는 그림 Ⅲ-12와 같이 외막과 내막의 이중막으로 둘러싸여 있으며, 내막 안에는 동전 모양의 막 구조물인 타이라코이드가 있다. 타이라코이드 막에는 빛에너지를 흡수하는 광합성색소, 전자를 전달하는 데 필요한 효소, ATP 합성효소 등이 있으며, 타이라코이드가 여러 개 쌓여 그라나를 이룬다. 그라나를 제외한 내막 안쪽의 공간을 스트로마라고 하며, 스트로마에는 유기물 합성에 필요한 여러 가지 효소, DNA, 라이보솜 등이 있다.

엽록체의 구조와 기능은 중학교 『과학』의 '생물의 구성과 다양성' 단원과 연계된다.

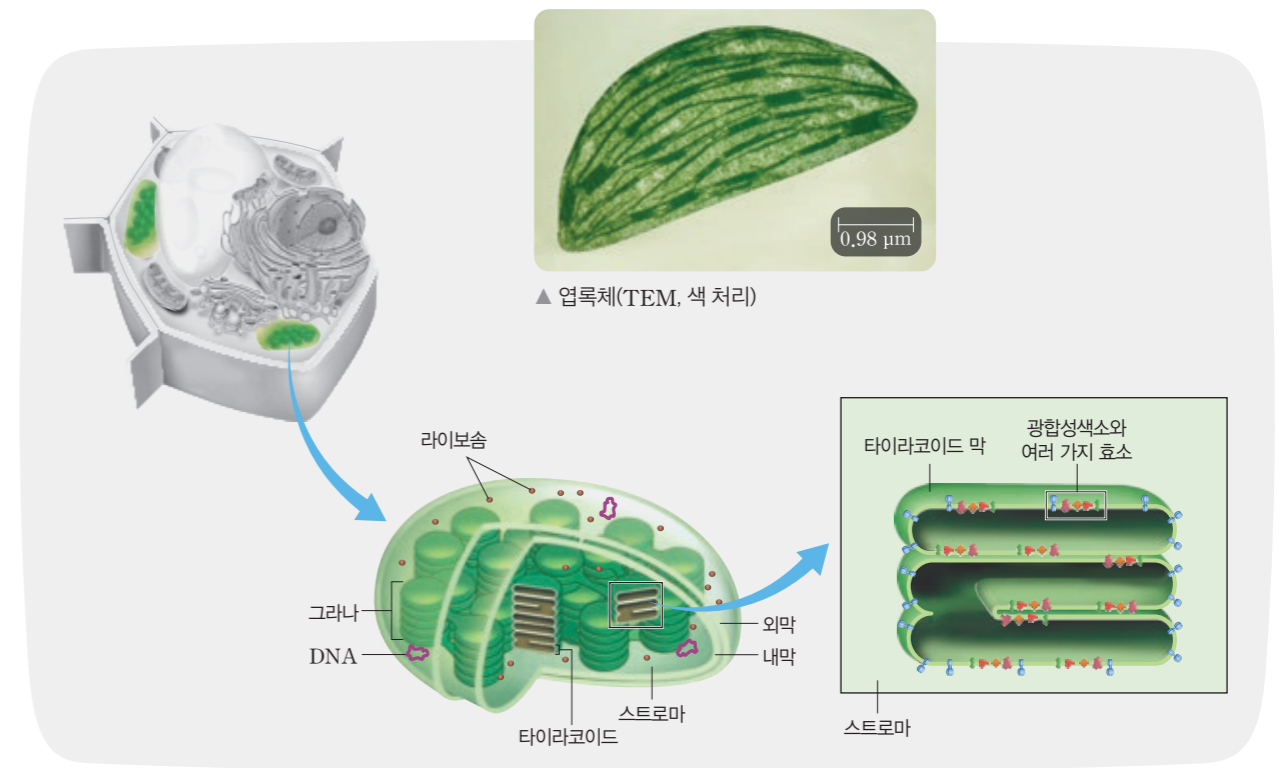


그림 Ⅲ-12 엽록체의 구조

엽록체는 미토콘드리아와 마찬가지로 에너지전환이 일어나는 세포소기관이다. 다음 탐구에서 미토콘드리아와 엽록체의 내부 구조 모형을 만들어 보자.

Q 탐구 능력 | 문제 해결 능력

탐구

모형 생성, 협력적 소통

준비물

- 스마트 기기
- 모둠별 준비물

탐구 유의 사항

토의할 때에는 다른 사람의 의견을 주의 깊게 듣고, 자신의 생각을 조리 있게 이야기한다.

미토콘드리아와 엽록체의 내부 구조 모형 제작하기

목표 미토콘드리아와 엽록체의 구조를 이해하고, 미토콘드리아와 엽록체의 내부 구조 모형을 만들 수 있다.

과정 및 결과

- 디지털** 3D 엽록체, 3D 미토콘드리아를 검색하여 구조를 탐색해 보자.
- 모둠별로 미토콘드리아와 엽록체의 내부 구조 모형을 어떻게 만들지 다음을 참고하여 토의해 보자.

- 미토콘드리아와 엽록체에서 어떤 구조적 특징을 표현할지 정한다.
- 미토콘드리아와 엽록체의 구조적 특징이 잘 드러나게 하려면 어떤 재료를 사용하는 것이 좋을지 정한다. **예** 동전, 모루, 색상지, 지점토, 스티이로폼 공

- 미토콘드리아와 엽록체의 내부 구조 모형을 만들어 보자.
- 디지털** 모형을 활용하여 두 세포 소기관을 소개하는 3 분 동영상 만들고, 공유 플랫폼에 공유해 보자.
- 다른 모둠에서 만든 3 분 동영상을 시청하고, 우리 모둠에서 만든 미토콘드리아와 엽록체의 내부 구조 모형을 보완해 보자.



정리

- 미토콘드리아와 엽록체는 구조적으로 어떤 공통점이 있는지 설명해 보자.

미토콘드리아에는 주름진 내막 구조가, 엽록체에는 막 구조를 가진 타이라코이드가 발달해 있다. 이와 같이 복잡한 막 구조는 물질대사가 일어나는 표면적을 넓혀 에너지전환이 효율적으로 일어나게 한다.

광합성색소

식물이 광합성에 필요한 빛에너지를 흡수할 수 있는 것은 **그림 Ⅲ-13**과 같이 엽록체의 타이라코이드 막에 광합성색소가 있기 때문이다. 광합성색소에는 엽록소, 카로티노이드 등이 있다. 엽록소의 종류에는 엽록소 a, 엽록소 b 등이 있으며, 광합성을 하는 모든 식물과 조류에는 엽록소 a가 있다. 카로티노이드에는 카로틴, 잔토필 등이 있다. 카로티노이드는 빛에너지를 흡수하여 엽록소로 전달하고, 빛을 분산시켜 과도한 빛에 의해 엽록소가 손상되는 것을 막아 준다.

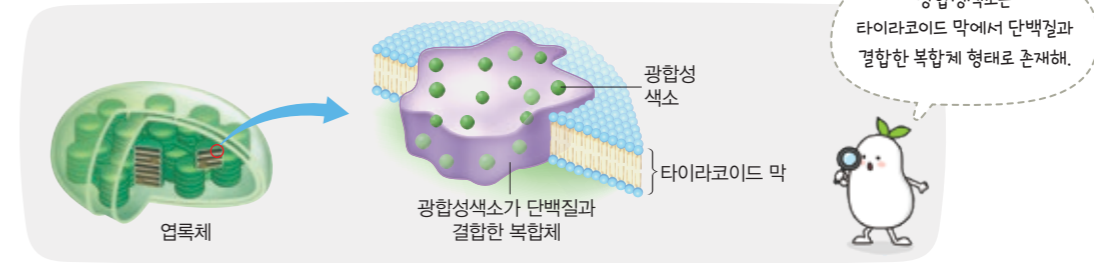
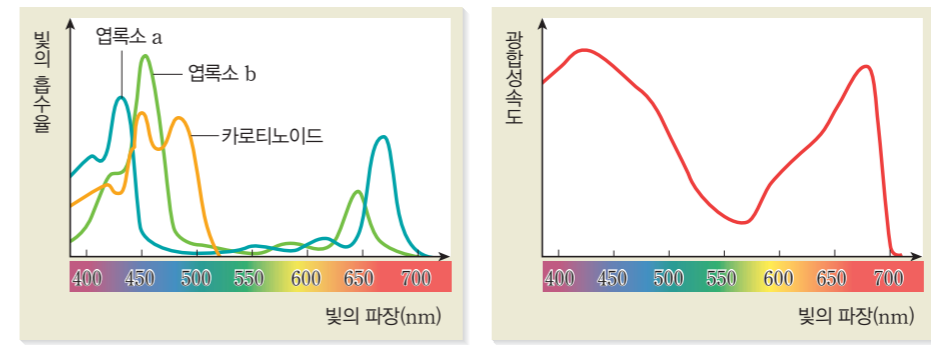


그림 Ⅲ-13 광합성색소

광합성색소는 빛의 파장에 따라 빛을 흡수하는 정도가 다른데, 빛의 파장에 따른 광합성색소의 빛 흡수율을 그래프로 나타낸 것을 **흡수스펙트럼**이라고 한다. 또 빛의 파장에 따른 식물의 광합성속도를 그래프로 나타낸 것을 **작용스펙트럼**이라고 한다.

그림 Ⅲ-14에서 흡수스펙트럼을 분석해 보면 엽록소 a와 엽록소 b는 모두 청자색광과 적색광을 주로 흡수하고, 작용스펙트럼을 분석해 보면 청자색광과 적색광에서 광합성속도가 가장 빠르다. 이를 통해 광합성에 필요한 빛에너지는 주로 엽록소가 흡수하며, 식물은 주로 엽록소가 흡수한 청자색광과 적색광을 이용하여 광합성을 한다는 것을 알 수 있다. 또 작용스펙트럼을 분석해 보면 엽록소 a와 엽록소 b가 거의 흡수하지 않는 초록색광에서도 광합성이 일어나는데, 이는 카로티노이드가 흡수한 빛도 광합성에 이용되기 때문이다.



▲ 흡수스펙트럼

▲ 작용스펙트럼

그림 Ⅲ-14 흡수스펙트럼과 작용스펙트럼

엽록소와 카로티노이드의 색깔
엽록소 a는 청록색, 엽록소 b는 황록색을 띠며, 카로티노이드는 노란색, 주황색, 붉은색 등을 띤다.

오개념 바로잡기

식물만 광합성을 할까?

식물뿐만 아니라 광합성세균, 물속에 사는 조류도 광합성을 한다.

식물의 잎이 초록색으로 보이는 까닭

엽록소가 초록색광은 거의 흡수하지 않고 대부분 반사하거나 통과시키기 때문에 식물의 잎이 초록색으로 보인다.

(출처: 『생명과학』, 2022.)

02 광합성 과정

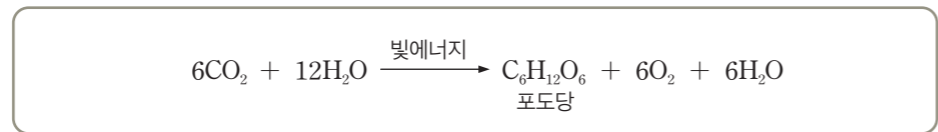
| 학습 목표 |

- 광합성의 명반응과 탄소 고정반응을 단계별로 구분하여 특징을 설명할 수 있다.
- 명반응과 탄소 고정반응의 상호 관계를 설명할 수 있다.



광합성의 전체 과정

광합성은 빛에너지를 흡수하여 이산화 탄소와 물로 포도당을 합성하는 과정이며, 이 과정에서 산소가 발생한다.



광합성은 빛에너지를 화학 에너지로 전환하는 과정인 명반응과 이산화 탄소를 환원하여 포도당을 합성하는 과정인 탄소 고정반응으로 구분한다. 명반응에서는 빛에너지를 ATP와 *NADPH의 화학 에너지로 전환하여 탄소 고정반응에 공급하며, 이 과정에서 물이 분해되어 산소가 발생한다. 탄소 고정반응에서는 명반응에서 공급된 ATP와 NADPH를 이용해 이산화 탄소를 환원하여 당을 합성하는 연속적인 화학 반응인 캘빈회로가 진행된다.

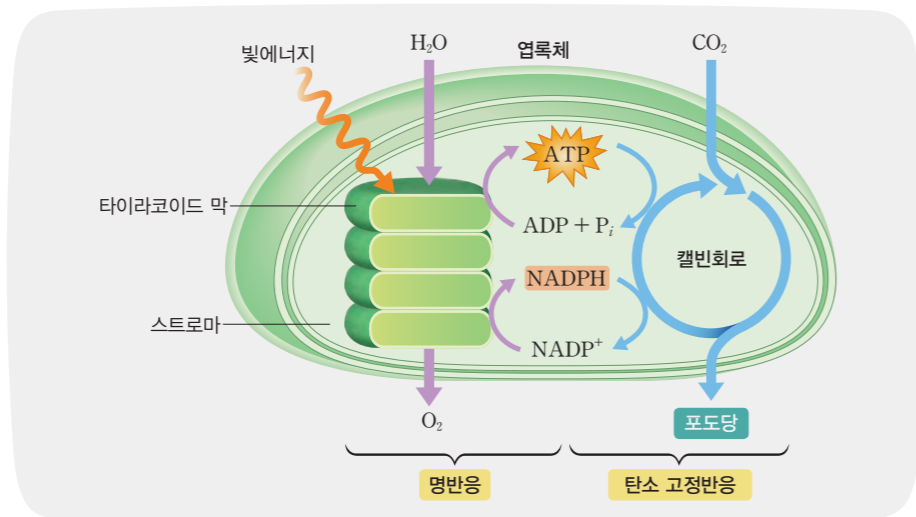


그림 III-15 광합성의 전체 과정 광합성 과정은 엽록체의 타이라코이드 막에서 일어나는 명반응과 스트로마에서 일어나는 탄소 고정반응으로 구분한다.

* NADPH
탈수소효소의 조효소인 NADP⁺가 H⁺과 전자를 받아 환원된 물질

다음 해 보기에서 광합성의 명반응과 탄소 고정반응은 어떤 관계가 있는지 알아보자.

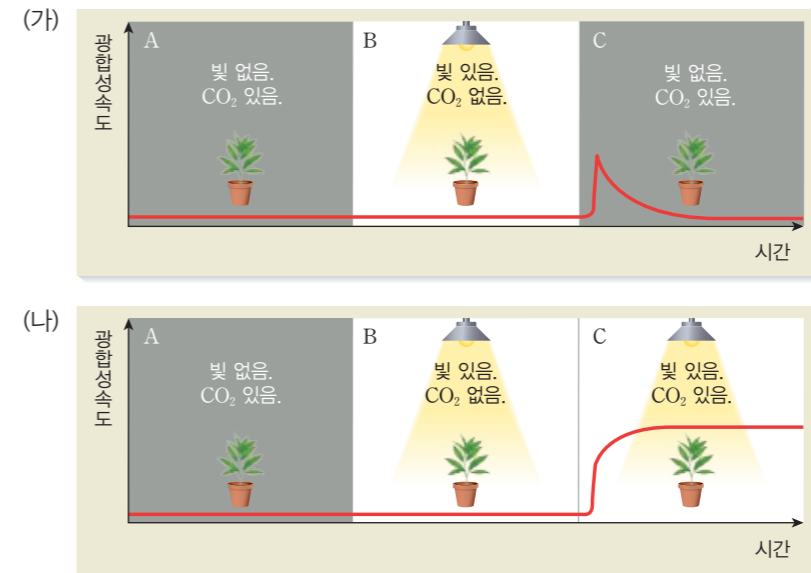
해보기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

명반응과 탄소 고정반응의 상호 관계 추론하기

벤슨은 하루 동안 어두운 곳에 두었던 식물에 빛과 이산화 탄소의 조건을 달리하면서 광합성속도를 측정하여 그림과 같은 결과를 얻었다.

벤슨
(Benson, A. A., 1917~2015)
미국의 과학자. 식물의 탄소 고정 반응을 연구했다.



1. (가)에서 A 구간과 C 구간의 광합성속도가 다르게 나타난 까닭을 쓰고, 이를 통해 알 수 있는 사실을 설명해 보자.
2. (가)의 C 구간과 달리 (나)의 C 구간에서 광합성이 계속 일어나는 까닭을 설명해 보자.
3. 위 실험의 결과로 알 수 있는 명반응과 탄소 고정반응의 상호 관계를 추론해 보자.

빛이 있을 때 명반응이 일어나 ATP와 NADPH를 생성하며, 이산화 탄소가 있을 때 명반응 산물인 ATP와 NADPH를 이용하여 탄소 고정반응이 일어나 포도당을 합성한다. 따라서 명반응이 일어나지 않으면 ATP와 NADPH가 공급되지 않아 탄소 고정반응이 일어나지 않으며, 탄소 고정반응이 일어나지 않으면 명반응에 ADP와 NADP⁺가 공급되지 않아 명반응도 일어나지 않는다. 이와 같이 명반응과 탄소 고정반응이 함께 일어나야 이산화 탄소로부터 포도당이 합성되므로 광합성이 지속해서 일어나려면 빛과 이산화 탄소가 모두 필요하다.

명반응

광계의 색소

광계에서 반응중심색소는 한 쌍의 엽록소 a로 구성된다. 보조색소는 엽록소와 카로티노이드로 구성되며, 빛에너지를 흡수하여 반응중심색소로 전달하는 안테나 역할을 한다.

P₇₀₀과 P₆₈₀의 특징

P₇₀₀은 파장이 700 nm인 빛을 가장 잘 흡수하고, P₆₈₀은 파장이 680 nm인 빛을 가장 잘 흡수한다.

생명과학 + 물리학

반응중심색소

광계의 반응중심색소는 빛의 입자인 광자를 흡수한 보조색소로부터 광자의 에너지를 받아 들뜬상태가 되며, 들뜬상태의 반응중심색소는 고에너지 전자를 방출하고 원래의 바닥상태로 돌아간다.

물의 광분해

빛이 있을 때 비순환적 전자흐름에서 물이 분해되는 것이다.

$$H_2O \rightarrow \frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^-$$

명반응은 타이코이드 막에서 광합성색소가 흡수한 빛에너지를 ATP와 NADPH의 화학 에너지로 전환하는 과정이다. 광합성색소는 타이코이드 막에서 단백질과 결합한 복합체 형태로 존재하는데, 이를 광계라고 한다.

그림 III-16과 같이 광계에는 반응중심색소와 보조색소가 있으며, 광계는 반응중심색소가 P₇₀₀인 광계 I과 반응중심색소가 P₆₈₀인 광계 II로 구분한다. 보조색소에서 흡수한 빛에너지가

반응중심색소로 전달되면 반응중심색소는 고에너지 전자를 방출한다. 방출된 고에너지 전자의 전달 과정은 비순환적 전자흐름과 순환적 전자흐름으로 구분한다.

비순환적 전자흐름과 순환적 전자흐름 | 비순환적 전자흐름은 광계 II에서 방출된 전자가 전자전달계와 광계 I을 거쳐 NADP⁺에 전달되는 과정이다. 그림 III-17과 같이 광계 II가 빛에너지를 흡수하면 P₆₈₀에서 고에너지 전자가 방출되어 1차 전자수용체에 전달된다. 전자를 잃어 산화된 P₆₈₀은 물의 광분해로 방출된 전자를 받아 환원되며, 이 과정에서 산소가 발생한다. 1차 전자수용체에 전달된 고에너지 전자는 전자전달계의 산화환원반응을 거쳐 광계 I의 P₇₀₀으로 전달된다. 전자전달계에서 전자가 전달될 때 에너지가 단계적으로 방출되며, 이 에너지는 ATP 합성에 필요한 H⁺의 농도 기울기를 형성하는 데 이용된다.

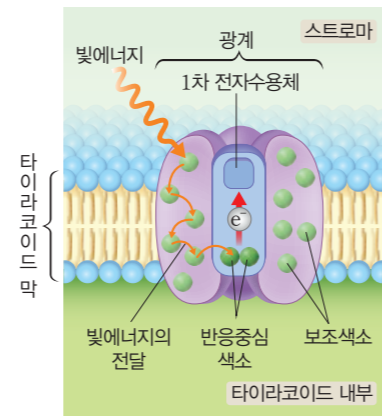


그림 III-16 광계

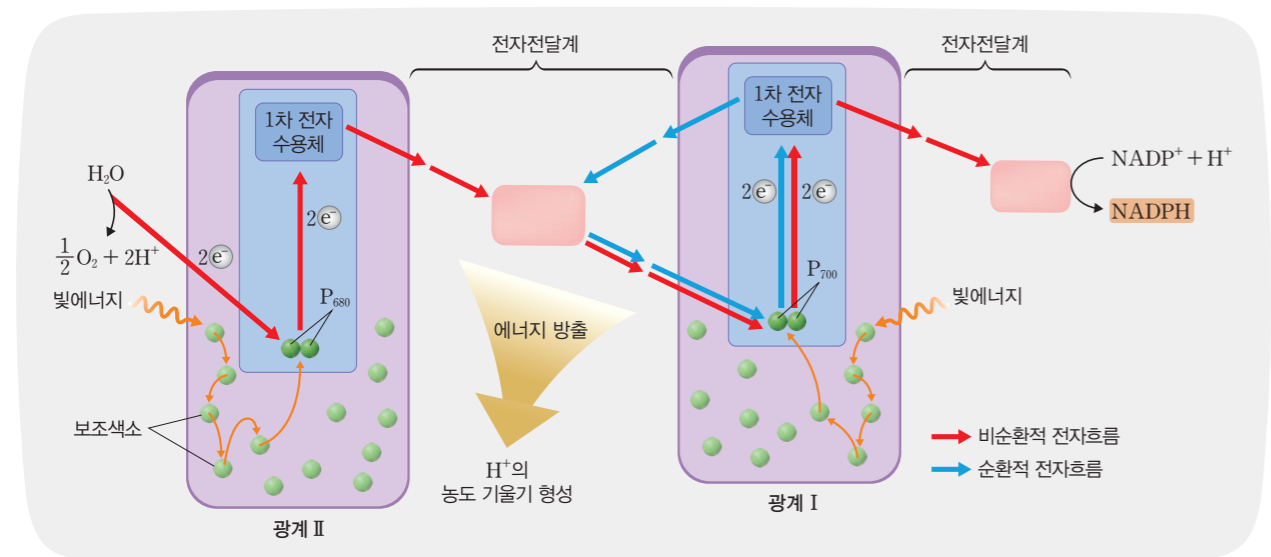


그림 III-17 명반응에서 전자의 전달 과정 비순환적 전자흐름에는 광계 I과 광계 II가 모두 관여하고, 순환적 전자흐름에는 광계 I만 관여한다. 전자전달계에서 전자는 일련의 산화환원반응으로 전달된다.

비순환적 전자흐름에서 광계 I이 빛에너지를 흡수하면 P₇₀₀에서 고에너지 전자가 방출되어 1차 전자수용체에 전달되며, 전자를 잃어 산화된 P₇₀₀은 광계 II에서 방출된 전자를 받아 환원된다. 1차 전자수용체에 전달된 고에너지 전자는 전자전달계를 거쳐 최종적으로 NADP⁺에 전달되며, 전자를 받은 NADP⁺는 H⁺과 결합하여 NADPH로 환원된다.

순환적 전자흐름은 빛에너지를 흡수한 광계 I의 P₇₀₀에서 방출된 고에너지 전자가 NADP⁺에 전달되지 않고 전자전달계를 거쳐 P₇₀₀으로 되돌아오는 과정이다. 전자전달계에서 전자가 전달될 때 에너지가 단계적으로 방출되며, 이 에너지는 ATP 합성에 필요한 H⁺의 농도 기울기를 형성하는 데 이용된다. 순환적 전자흐름에는 광계 I만 관여하며, NADPH와 산소는 생성되지 않는다.

화학삼투에 의한 ATP 합성 I 빛에너지를 흡수한 광계에서 방출된 고에너지 전자가 전자전달계의 전자운반체를 차례로 환원시키면서 전달되는 과정에서 에너지가 방출된다. 이 에너지를 이용하여 일부 전자운반체는 H⁺을 스트로마에서 타이코이드 내부로 능동수송한다. H⁺의 능동수송으로 타이코이드 내부의 H⁺ 농도가 스트로마보다 높아져 타이코이드 막을 경계로 H⁺의 농도 기울기가 형성된다. 이 H⁺의 농도 기울기에 따라 H⁺이 ATP 합성효소를 통해 타이코이드 내부에서 스트로마로 확산하며, 이 과정에서 ATP가 합성된다.

이처럼 비순환적 전자흐름과 순환적 전자흐름에서 형성된 H⁺의 농도 기울기에 의해 화학삼투가 일어나 ATP가 합성되는 과정을 **광인산화**라고 한다.

❓ 광계 I과 광계 II 중 비순환적 전자흐름과 순환적 전자흐름에 모두 관여하는 것은 어느 것일까?

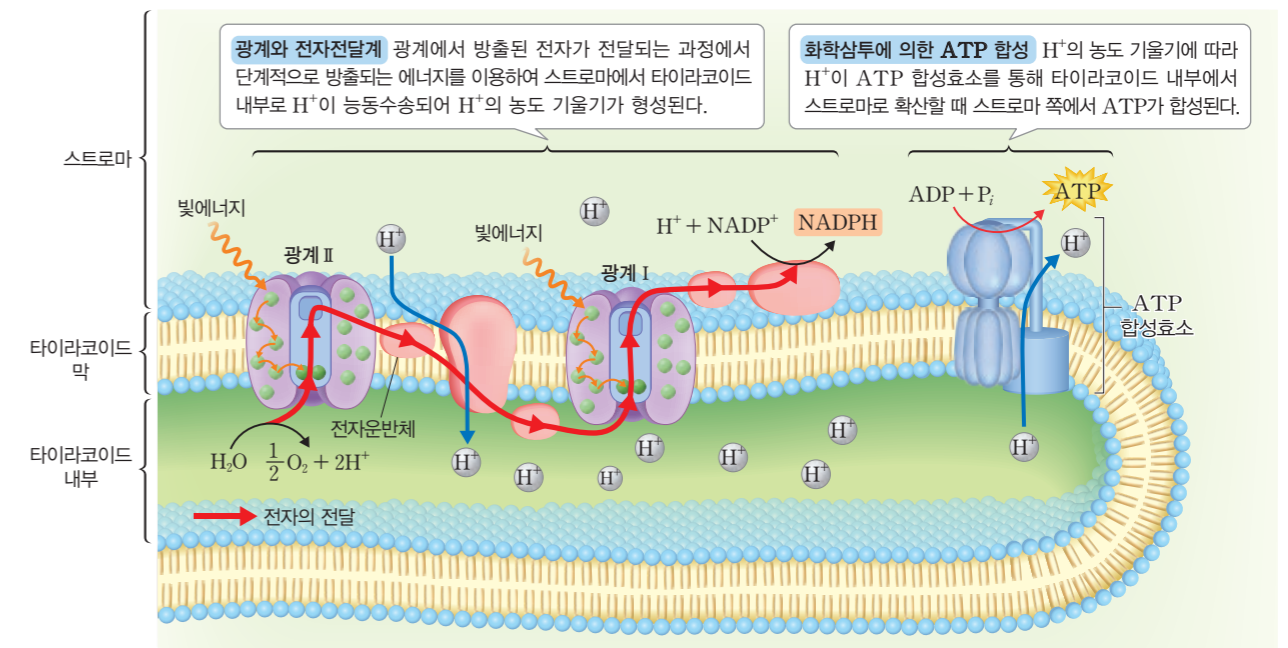
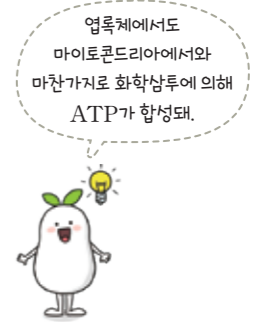


그림 III-18 비순환적 전자흐름과 화학삼투에 의한 ATP 합성

탄소 고정반응

탄소 고정반응은 스트로마에서 이산화 탄소를 환원하여 포도당을 합성하는 과정이다. 다음 해 보기에서 이산화 탄소로부터 포도당이 합성되기까지의 경로를 밝힌 캘빈의 실험을 알아보자.

해보기

캘빈의 실험 알아보기

캘빈은 단세포생물인 클로렐라와 방사성 동위원소 ^{14}C 로 표지한 이산화 탄소($^{14}\text{CO}_2$)를 이용하여 다음과 같은 실험을 했다.



- $^{14}\text{CO}_2$ 를 3 초 동안 공급했을 때 방사선이 검출되는 유기물은 무엇이며, 이 유기물에서 방사선이 검출되는 까닭은 무엇인지 설명해 보자.
- $^{14}\text{CO}_2$ 를 30 초 동안 공급했을 때 방사선이 검출되는 유기물의 종류가 $^{14}\text{CO}_2$ 를 3 초 동안 공급했을 때보다 많아진 까닭은 무엇인지 설명해 보자.

캘빈은 이산화 탄소가 고정되어 최초로 생성되는 물질이 3-인산글리세르산(3PG)이라는 것을 알아냈다. 이후 방사성 동위원소 ^{14}C 로 표지한 이산화 탄소($^{14}\text{CO}_2$)를 공급하는 시간을 늘려 가면서 새롭게 검출된 물질을 확인하여 이산화 탄소로부터 포도당이 합성되기까지의 경로를 밝혔다.

탄소 고정반응이 진행되는 **캘빈회로**는 탄소 고정, 3-인산글리세르산(3PG) 환원, 리불로스 2인산(RuBP) 재생의 세 단계로 구분할 수 있으며, 각 단계는 스트로마에 있는 여러 효소의 작용으로 일어난다.

탄소 고정반응을 통해 포도당 1 분자가 합성될 때 캘빈회로에서 이산화 탄소 6 분자가 고정되고, ATP 18 분자와 NADPH 12 분자가 이용된다.

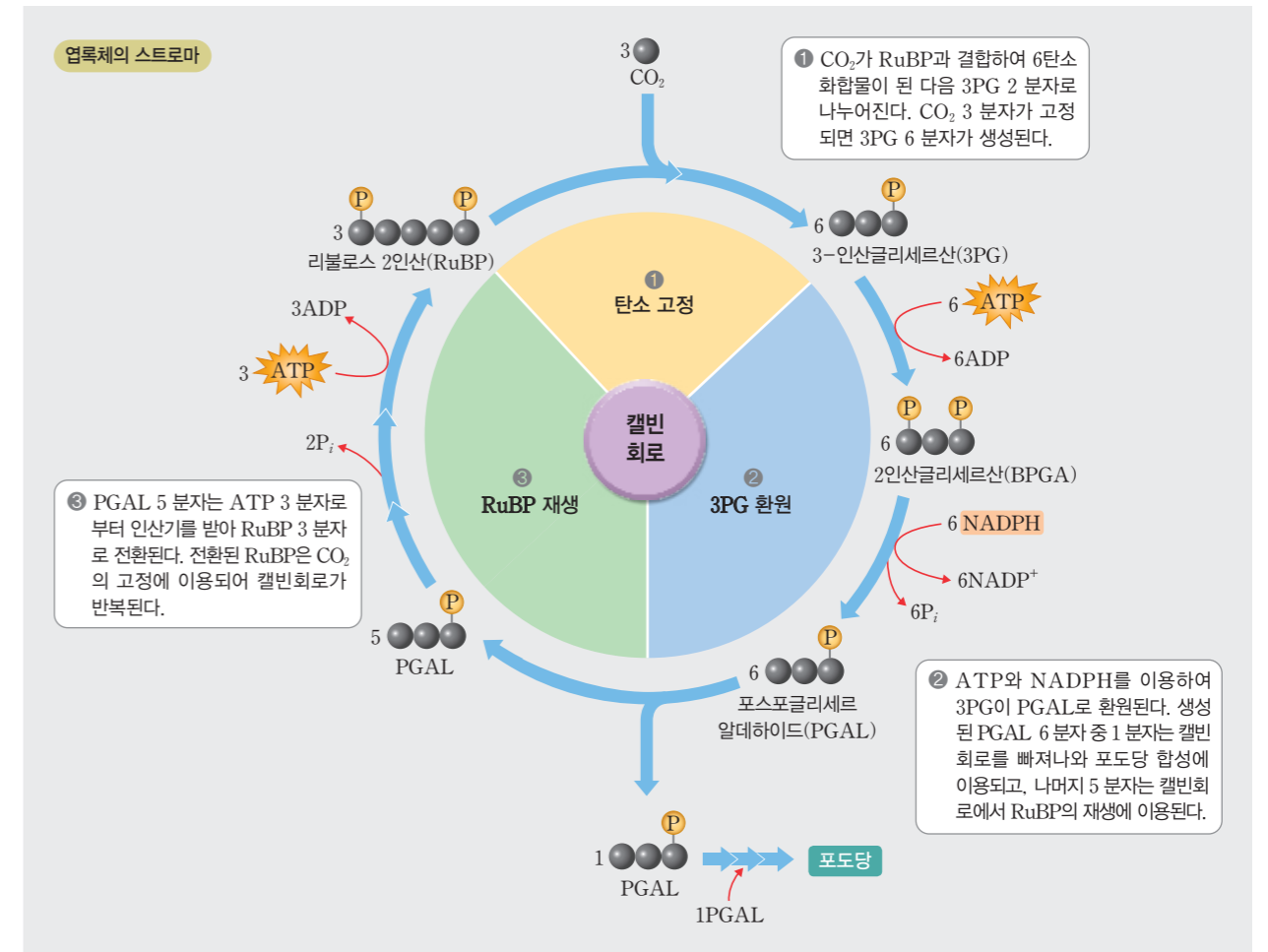


그림 Ⅲ-19 탄소 고정반응

스스로 확인하기

- 빛이 있을 때 산화된 광계 II의 P_{680} 은 ()이 분해되어 방출된 전자를 받아 환원된다.
- 캘빈회로는 () 고정, () 환원, () 재생의 세 단계로 구분할 수 있다.
- 과학 역량 기르기** | 광합성이 활발하게 일어나는 엽록체에서 타이라코이드 내부와 스트로마의 pH를 비교하고, 그 까닭을 설명해 보자.

단원을 마치기 전에
학습 목표를 달성했는지
110 쪽 학습 목표에 표
하여 스스로 점검해 보자.

03 광합성과 세포호흡의 전자전달계

학습 목표

- 광합성과 세포호흡의 전자전달계를 비교하여 공통점과 차이점을 설명할 수 있다.



엽록체와 미토콘드리아에서 전자전달계를 구성하는 막단백질과 ATP 합성효소는 매우 비슷하다. 다음 탐구에서 광합성과 세포호흡의 전자전달계와 인산화 반응을 비교해 보자.

탐구

자료 분석, 결론 도출

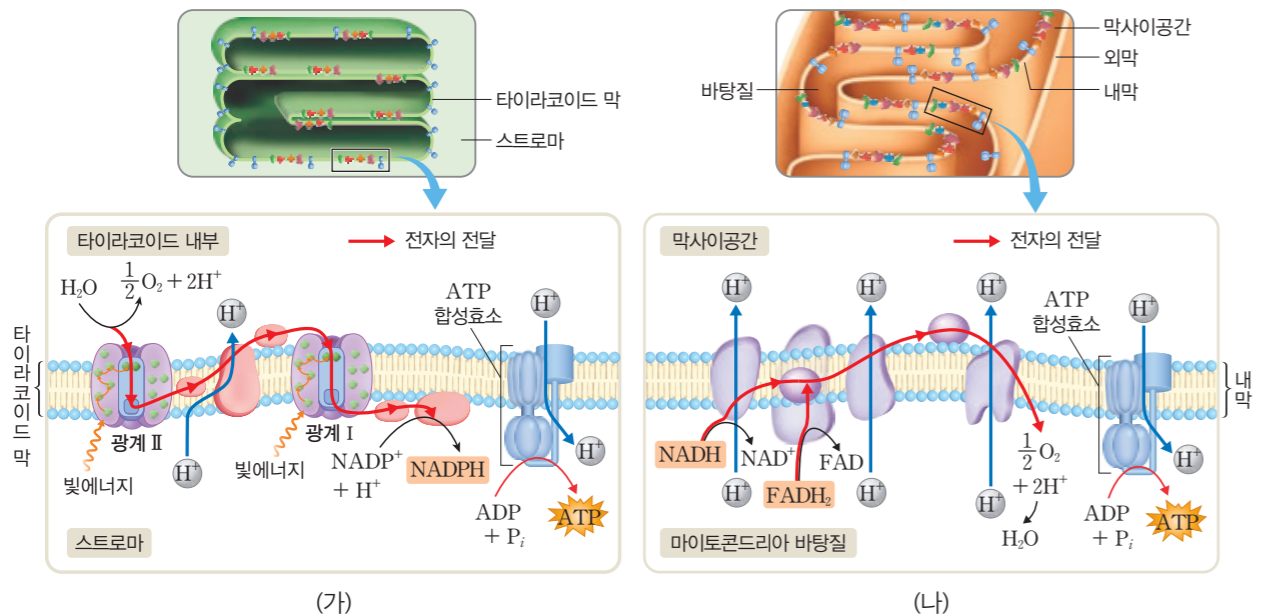
광합성과 세포호흡의 전자전달계와 인산화반응 비교하기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

목표 광합성과 세포호흡의 전자전달계와 인산화반응을 비교하여 공통점과 차이점을 설명할 수 있다.

과정 및 결과

그림 (가)는 엽록체 타이라코이드 막의, (나)는 미토콘드리아 내막의 전자전달계에서 전자가 전달되는 경로와 ATP 합성 과정을 나타낸 것이다.



1. (가)와 (나)에서의 전자전달계와 인산화반응을 비교하여 써 보자.

구분	(가)	(나)
최초 *전자공여체		
최종 전자수용체		
H ⁺ 의 능동수송 방향		
ATP 합성효소를 통한 H ⁺ 의 확산 방향		
에너지전환		

2. 모둠별로 광합성과 세포호흡의 전자전달계와 인산화반응의 공통점과 차이점을 다양한 매체를 활용하여 발표해 보자.

- ① 영상, 포스터, 카드 뉴스 등을 활용할 수 있다.

정리

- 광합성과 세포호흡의 전자 전달 과정에서 이루어지는 인산화반응을 에너지, 효소, 산화환원반응 중심으로 설명해 보자.

*** 전자공여체**
전자전달계에 전자를 공급하는 물질

스스로 평가하기

| 지식·이해 | 광합성과 세포호흡의 전자전달계와 인산화반응의 공통점과 차이점을 설명했는가? ☆☆☆

| 과정·기능 | 광합성과 세포호흡의 전자전달계와 인산화반응의 공통점과 차이점을 다양한 매체를 활용하여 발표했는가? ☆☆☆

| 가치·태도 | 광합성과 세포호흡의 전자전달계와 인산화반응을 비교하는 과정에서 과학적으로 사고했는가? ☆☆☆

엽록체와 미토콘드리아의 전자전달계에서 전자는 연속적인 산화환원반응을 통해 전달되며, 이 과정에서 에너지가 단계적으로 방출된다. 이 에너지는 막을 경계로 H⁺의 농도 기울기를 형성하는 데 이용되며, 그 결과 화학삼투가 일어나 ATP 합성효소에 의해 ATP가 합성된다.

한편 광합성의 광인산화에서는 물로부터 전자를 공급받지만, 세포호흡의 산화적 인산화에서는 NADH와 FADH₂로부터 전자를 공급받는다.

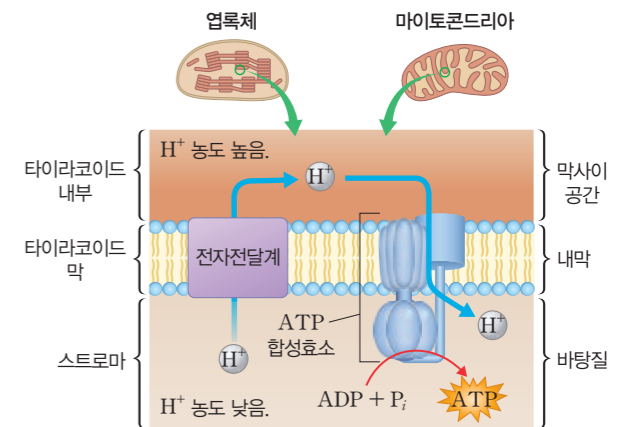


그림 III-20 엽록체와 미토콘드리아의 전자전달계와 인산화반응

스스로 확인하기

1 엽록체와 미토콘드리아의 ()에서 전자는 연속적인 산화환원반응을 통해 전달되며, 이 과정에서 에너지가 단계적으로 방출된다.

2 **| 과학 역량 기르기 |** 광합성과 세포호흡의 전자전달계에서 전자의 전달은 온도의 영향을 많이 받는다. 그 까닭을 설명해 보자.

단원을 마치기 전에 학습 목표를 달성했는지 116 쪽 학습 목표에 ✓ 표하여 스스로 점검해 보자.

04

광합성 관련 과학사

| 학습 목표 |

- 광합성 관련 과학사적 연구 결과를 설명할 수 있다.
- 광합성 관련 과학사적 연구 결과에 대한 시각화 자료 만들 수 있다.



16 세기~17 세기의 과학자들은 식물이 성장하는 데 필요한 양분을 어떻게 얻는지 알기 위해 여러 가지 실험을 했으며, 이후 많은 과학자의 연구 결과가 축적되어 광합성 과정이 밝혀졌다. 다음 탐구에서 광합성과 관련된 연구에 대해 알아보자.

탐구

조사, 협력적 소통

탐구 능력 | 문제 해결 능력

광합성 관련 과학사 연대표 만들기

목표 광합성 관련 과학사적 연구 결과를 조사하여 시각화 자료를 창의적으로 만들 수 있다.

1 고안하기

다음은 광합성 과정을 밝혀내는 데 참여한 여러 과학자의 연구이다.

프리스틀리(Priestley, J., 1733~1804) 식물에서의 기체 발생에 대한 실험	잉엔하우스(Ingenhousz, J., 1730~1799) 식물에서의 기체 발생과 빛의 관계를 밝힌 실험
작스(Sachs, J. von, 1832~1897) 광합성산물 확인 실험	엔겔만(Engelmann, T. W., 1843~1909) 빛의 파장과 광합성의 관계를 밝힌 실험
힐(Hill, R., 1899~1991) 물의 광분해 실험	루벤(Rubén, S., 1913~1943) 광합성에서 발생하는 산소의 유래를 밝힌 실험
벤슨(Benson, A. A., 1917~2015) 명반응과 탄소 고정반응을 발견한 실험	캘빈(Calvin, M., 1911~1997) 탄소 고정반응 과정을 밝힌 실험
아논(Arnon, D. I., 1910~1994) 광인산화 실험	야겐도르프(Jagendorf, A., 1926~2017) 광합성에서의 ATP 합성 원리를 밝힌 실험

- 준비물**
- ☑ 스마트 기기
 - ☑ 광합성 연구와 관련된 책

- 탐구 유의 사항**
- 조사할 때에는 주제와 관련된 책이나 전문 기관에서 운영하는 누리집의 정보를 이용한다.
 - 발표할 때에는 내용을 이해하기 쉽게 설명한다.

1. 모둠별로 조사해 보고 싶은 과학자의 연구를 2 개씩 골라 보자.
2. 과학자의 연구에 대해 어떤 내용을 조사할지 다음의 내용을 포함하여 정해 보자.

- 과학자가 광합성 관련 사실을 발견하게 된 실험 과정 및 결과
- 과학자가 발견한 광합성 관련 사실 또는 연구 결과가 광합성 과정을 밝히는 데 기여한 점

3. 조사 결과를 디지털 기기나 공유 플랫폼을 활용하여 어떤 시각화 자료로 만들지 정해 보자.

! 영상, 포스터, 정보 그림 같은 시각화 설명 자료를 활용할 수 있다.

4. 모듬원의 역할을 나누어 보자.

2 수행하기

1. 고른 과학자의 연구를 조사해 보자.
2. 조사 결과를 정리하여 시각화 자료로 만들어 보자.
3. 모듬별로 만든 시각화 자료를 모아 우리 반의 광합성 관련 과학사 연대표를 만들어 보자.

3 소통하기

1. 과학사 연대표를 활용하여 우리 모듬에서 조사한 내용을 발표해 보자.
2. 다음 표를 활용하여 우리 모듬과 다른 모듬의 발표 내용을 평가해 보자.

평가 내용	우수	보통	미흡
지식·이해 광합성 관련 과학사적 연구 결과를 시대순으로 나열하고 설명했는가?			
과정·기능 광합성 관련 연구 결과를 조사하고 시각화 자료로 만들 때 협력적으로 소통했는가?			
가치·태도 광합성 관련 연구 결과에 대한 시각화 자료를 창의적으로 만들었는가?			

광합성 관련 과학사 연대표

프리스틀리의 연구



밀폐된 유리종 속에 생쥐만 넣어 두면 생쥐가 곧 죽지만, 생쥐와 식물을 함께 넣어 두면 생쥐가 죽지 않는다. → 식물은 동물의 호흡으로 오염된 공기를 정화한다.

잉엔하우스의 연구

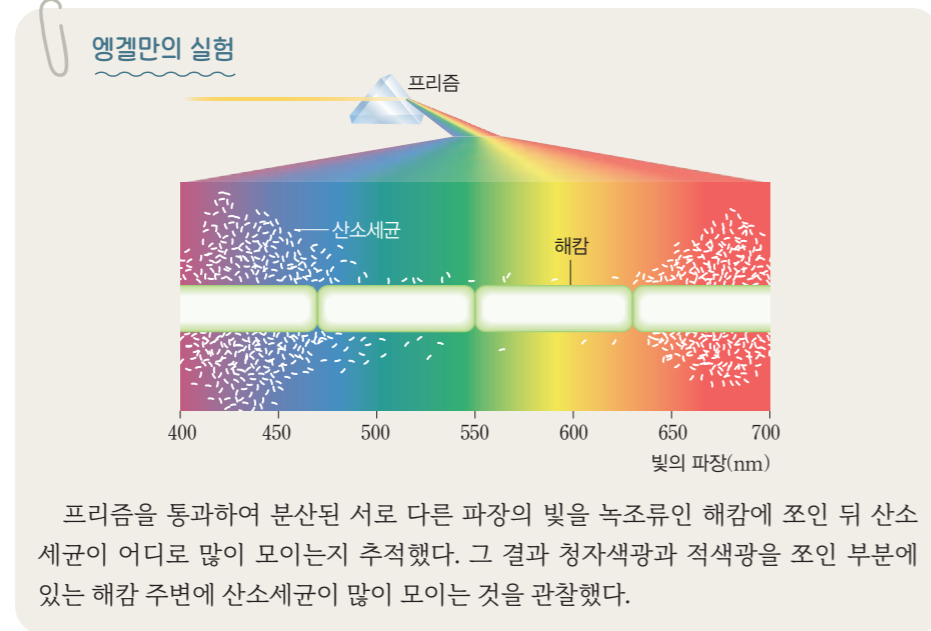


유리종 속에 식물과 생쥐를 함께 넣고 빛이 있는 곳에 두면 식물과 생쥐가 모두 살지만, 빛이 없는 곳에 두면 모두 죽는다. → 식물은 빛이 있어야 동물의 호흡에 필요한 기체(산소)를 공급할 수 있다.

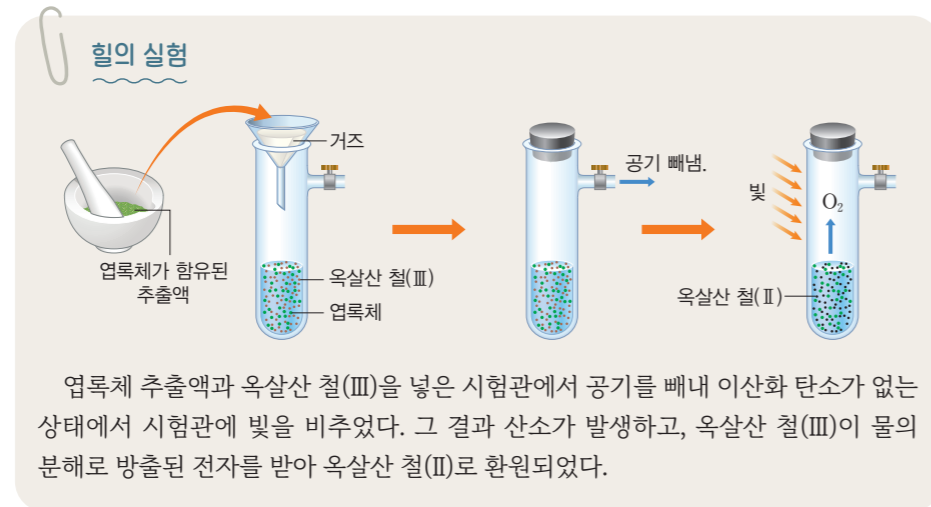
19세기 중반에 광합성은 엽록체에서 일어나며, 광합성 결과 녹말이 생성된다는 것이 밝혀졌다. 이후 엔겔만은 실험을 통해 광합성이 일어나는 정도는 빛의 파장에 따라 다르며, 광합성에는 주로 청자색광과 적색광이 이용된다는 것을 알게 되었다.

산소세균의 특징

산소세균은 산소가 있는 환경에서만 살 수 있는 세균이다. 따라서 산소세균이 많이 모이는 곳은 광합성이 활발하게 일어나 산소가 많이 발생하는 곳이라는 것을 의미한다.

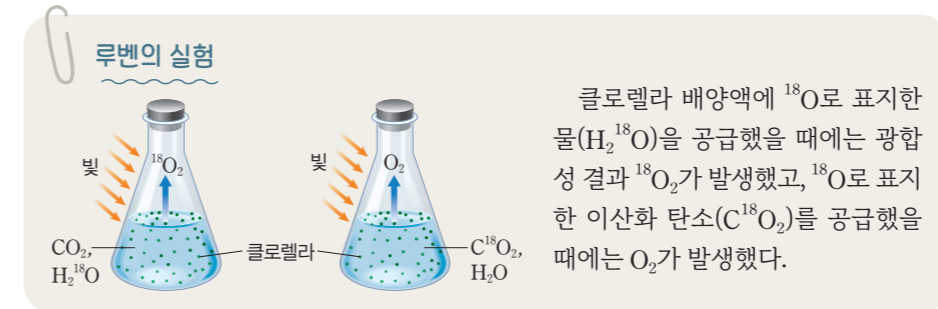


20세기 이전에는 광합성 결과 발생한 산소가 식물이 흡수한 이산화 탄소에서 나온 것이라고 생각했다. 그러나 힐은 엽록체 추출액과 옥살산 철(III)을 이용한 실험을 통해 산소는 식물이 흡수한 이산화 탄소에서 나온 것이 아니라는 사실을 밝혔다.



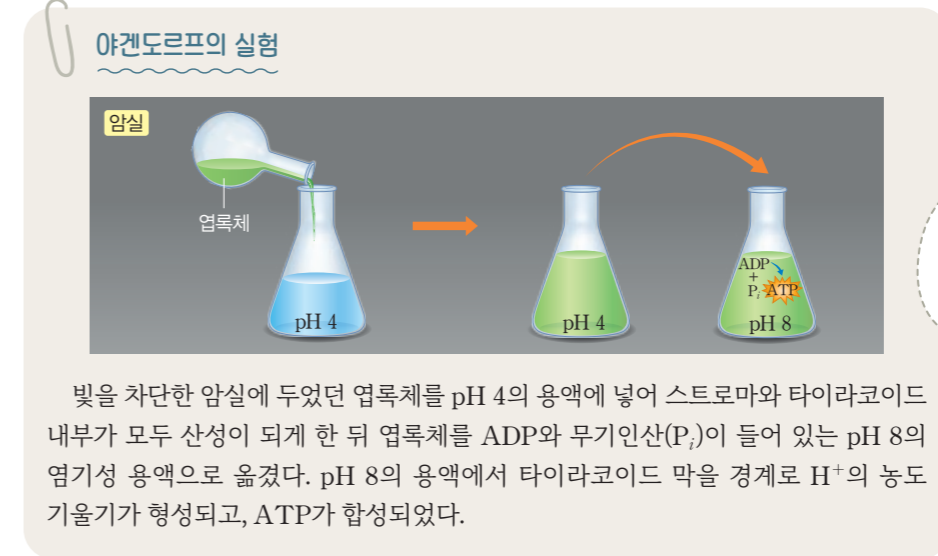
참의사고 힐의 실험에서 사용된 옥살산 철(III)과 같이 광합성이 일어날 때 엽록체에서 물의 분해로 방출된 전자를 받아 환원되는 물질은 무엇인지 설명해 보자.

힐의 실험 이후 루벤은 동위원소 ¹⁸O를 이용한 실험을 통해 광합성 결과 발생한 산소는 물이 분해되어 나온 것이라는 사실을 입증했다.



힐과 루벤의 연구로 광합성에서 물의 분해로 방출된 전자에 의해 전자수용체가 환원된다는 사실이 입증되었으며, 이후 엽록체에서의 전자수용체는 NADP⁺라는 것이 밝혀졌다.

20세기 중반에는 미토콘드리아에서 전자가 전달될 때 형성된 H⁺의 농도 기울기에 의해 H⁺이 ATP 합성효소를 통해 확산할 때 ATP가 합성된다는 화학삼투설이 제안되었다. 이후 야겐도르프는 실험을 통해 화학삼투가 엽록체에서도 일어난다는 사실을 알아냈다.



스스로 확인하기

- 1 루벤의 실험을 통해 광합성 결과 발생한 산소는 ()이/가 분해되어 나온 것이라는 사실이 입증되었다.
- 2 | 과학 역량 기르기 | 암실에서 pH 8의 용액에 넣어 두었던 엽록체를 ADP와 무기인산(P_i)이 들어 있는 pH 4의 용액으로 옮기면 ATP가 합성될지 설명해 보자.

단원을 마치기 전에 학습 목표를 달성했는지 118 쪽 학습 목표에 ✓ 표하여 스스로 점검해 보자.

산림치유지도사

우리나라는 산림 면적이 국토의 60% 이상을 차지할 정도로 울창한 숲이 많다. 최근에는 지친 몸과 마음을 회복하기 위해 숲을 찾는 사람이 꾸준히 증가하고 있다. 이들이 숲에서 활동하며 몸과 마음의 건강을 증진할 수 있도록 돕는 직업 중 하나가 산림치유지도사이다.

산림치유지도사는 어떤 일을 하나요?

산림치유지도사는 숲에 존재하는 햇빛, 경관, 온도, 습도, 소리 같은 다양한 환경 요소를 활용하여 식물 관찰, 명상, 맨발 걷기, 체조, 족욕 등 산림 치유 프로그램을 개발하고 진행하는 일을 합니다. 또 사람들이 숲에서 활동하면서 스트레스를 해소하고 심리적 안정을 찾을 수 있게 해 주며, 건강하게 살아갈 수 있게 돕습니다. 산림치유지도사가 되면 자연 휴양림, 치유의 숲 같은 산림 복지 시설에서 일할 수 있습니다.



토의·토론

의사 결정 능력

내가 산림치유지도사라면 어떤 산림 치유 프로그램을 기획할지 토의해 보자.



산림치유지도사가 되려면 어떻게 준비하나요?

산림치유지도사가 되려면 의료, 보건, 간호, 산림 관련 학과를 전공하는 것이 유리합니다. 그리고 산림청에서 지정한 양성 기관에서 산림치유 지도사 양성 과정을 마친 뒤 국가 자격증을 취득해야 합니다. 산림치유지도사에게는 자연을 사랑하는 마음과 자연을 주의 깊게 살피는 관찰력이 중요합니다. 또 숲을 찾는 사람들의 몸과 마음의 건강을 돌보아야 하므로 건강에 대한 지식과 관심, 다른 사람의 생각이나 감정을 이해하는 능력과 의사소통 능력이 필요합니다.



디지털 탐색

워크넷(www.work.go.kr)
산림치유지도사와 관련된 정보를 찾아보자.



중단원 마무리

2. 광합성

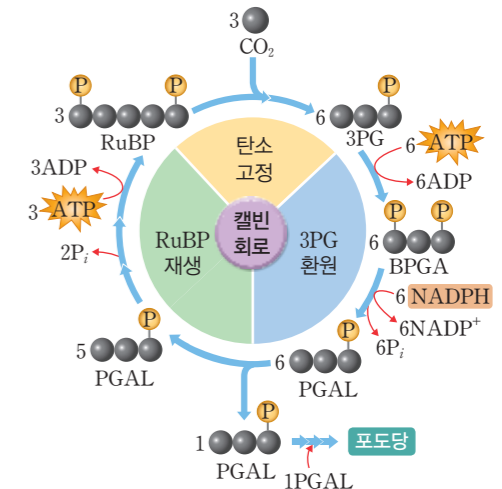
01 엽록체와 광합성색소

105 쪽 ~ 109 쪽

1. 엽록체의 구조와 기능

- 구조: 엽록체는 타이라코이드가 여러 개 쌓여 이루어진 그라나와 내막 안쪽의 공간인 ① () (으)로 구분된다.
- 기능: 엽록체에서는 빛에너지를 흡수하여 이산화 탄소와 물로 포도당을 합성하는 광합성이 일어난다.

- ##### 2. 광합성색소: 타이라코이드 막에 있으며, 광합성에 필요한 빛에너지를 흡수한다. ② (), 카로티노이드 등이 있다.



▲ 탄소 고정반응

02 광합성 과정

110 쪽 ~ 115 쪽

- ##### 1. 명반응: 빛에너지를 ATP와 NADPH의 화학 에너지로 전환하는 과정으로, 엽록체의 ③ () 막에서 일어난다.

- 비순환적 전자흐름과 순환적 전자흐름: 빛에너지를 흡수한 광계에서 방출된 고에너지 전자가 전달되는 과정에서 단계적으로 방출된 에너지가 이용되어 H⁺의 농도 기울기가 형성된다. ④ () 전자흐름에서 물의 광분해가 일어나며, NADPH와 산소가 생성된다.
- 화학삼투에 의한 ATP 합성: 비순환적 전자흐름과 순환적 전자흐름에서 형성된 H⁺의 농도 기울기에 따라 H⁺이 ⑤ () 을/를 통해 타이라코이드 내부에서 스트로마로 확산할 때 ATP가 합성된다.

- ##### 2. 탄소 고정반응: 이산화 탄소를 환원하여 포도당을 합성하는 과정으로, 엽록체의 스트로마에서 일어난다.

03 광합성과 세포호흡의 전자전달계

116 쪽 ~ 117 쪽

- 엽록체와 미토콘드리아의 전자전달계에서 전자는 연속적인 산화환원반응을 통해 전달된다.
- 광인산화에서는 ⑥ () (으)로부터, 산화적 인산화에서는 NADH와 FADH₂로부터 전자를 공급받는다.

04 광합성 관련 과학사

118 쪽 ~ 121 쪽

- 앵겔만의 실험을 통해 광합성에는 주로 청자색광과 적색광이 이용된다는 사실을 알게 되었다.
- 힐과 루벤의 실험을 통해 광합성의 명반응에서 발생한 ⑦ () 은/는 물에서 유래한 것임을 알게 되었다.
- 야겐도르프의 실험을 통해 엽록체에서도 화학삼투에 의해 ATP가 합성된다는 것을 알게 되었다.

스스로 평가하기

이 단원에서 학습한 내용을 확인하고 스스로 평가해 봅시다.

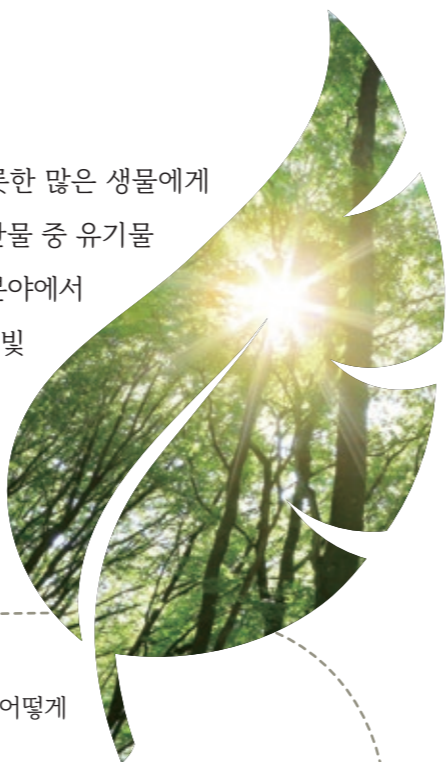
우수 보통 미흡

지식·이해	엽록체의 구조와 기능을 이해하고, 광합성의 명반응과 탄소 고정반응의 단계별 특징을 설명했는가? 광합성과 세포호흡의 전자전달계를 비교하여 공통점과 차이점을 설명했는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
과정·기능	광합성의 명반응과 탄소 고정반응의 상호 관계를 추론했는가? 미토콘드리아와 엽록체의 내부 구조 모형을 만들 때 협력적으로 소통했는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
가치·태도	광합성색소 분리 실험 과정에서 과학 실험의 즐거움을 경험했는가? 광합성 관련 과학사적 연구 결과에 대한 시각화 자료를 창의적으로 만들었는가?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

평가 결과가 아쉽다면 '2. 광합성'을 다시 한번 학습해 봅시다.

광합성산물 이용 사례를 소개하는 소책자 만들기

식물은 광합성을 통해 사람을 비롯한 많은 생물에게
유기물과 산소를 공급한다. 광합성산물 중 유기물
은 식량, 의복, 건축 자재 등 여러 분야에서
다양하게 이용된다. 광합성을 통해 빛
에너지를 화학 에너지로 전환하여
합성된 유기물이 우리 생활에 다양
하게 이용되는 사례를 알아보자.



1. 고안하기

- 1. 모둠별로 광합성산물인 유기물이 우리 생활에 이용되는 사례를 어떻게 조사할지 정해 보자.
- 2. 광합성산물의 이용 사례를 소개하는 소책자를 만들 방법을 정하고, 모듬원의 역할을 나누어 보자.

2. 수행하기

- 1. 광합성산물의 이용 사례와 관련된 자료를 조사해 보자.
- 2. 광합성산물의 이용 사례를 소개하는 소책자를 만들어 보자.



3. 소용하기

- 1. 소책자를 전시해 보자.
- 2. 다음 표를 활용하여 우리 모듬과 다른 모듬에서 만든 소책자를 평가해 보자.

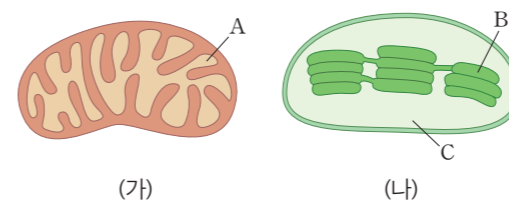
평가 내용	우수	보통	미흡
지식·이해 광합성산물이 우리 생활에 다양하게 이용되는 사례를 설명했는가?			
과정·기능 광합성산물이 우리 생활에 이용되는 사례를 소개하는 소책자를 이해하기 쉽게 만들었는가?			
가치·태도 광합성산물이 우리 생활에 이용되는 사례를 조사하면서 자연의 소중함을 느꼈는가?			

대단원 마무리

III. 세포호흡과 광합성

1. 세포호흡 84 쪽, 2. 광합성 104 쪽

01 그림 (가)는 미토콘드리아를, (나)는 엽록체를 나타낸 것이다. A~C는 미토콘드리아 바탕질, 스트로마, 타이라코이드 내부를 순서 없이 나타낸 것이다.



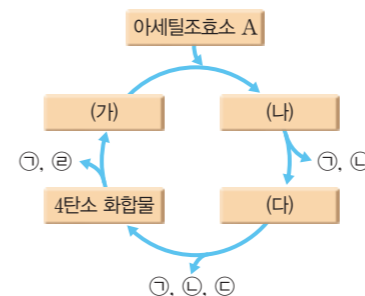
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- [보기]
- ㄱ. A와 B에 모두 라이보솜이 있다.
 - ㄴ. C에서 캘빈회로가 진행된다.
 - ㄷ. (가)와 (나)에서 모두 화학삼투에 의한 인산화 반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

1. 세포호흡 84 쪽

02 그림은 TCA 회로의 일부를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 5탄소 화합물, 시트르산, 옥살아세트산을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉣은 ATP, CO₂, FADH₂, NADH를 순서 없이 나타낸 것이다.



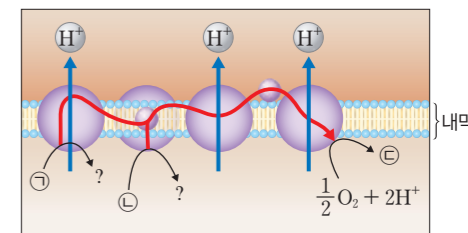
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- [보기]
- ㄱ. (가)는 옥살아세트산이다.
 - ㄴ. ㉣은 CO₂이다.
 - ㄷ. 1 분자당 탄소 수는 (다)가 (나)보다 적다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

1. 세포호흡 84 쪽

03 그림은 전자 전달이 일어나고 있는 미토콘드리아 내막의 전자전달계를 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 H₂O, FADH₂, NADH를 순서 없이 나타낸 것이다.



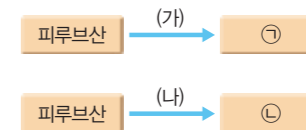
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- [보기]
- ㄱ. 피루브산이 아세틸조효소 A로 되는 과정에서 ㉠이 생성된다.
 - ㄴ. ㉣은 H₂O이다.
 - ㄷ. 전자 전달이 활발하게 일어나면 내막을 경계로 H⁺의 농도 기울기가 형성된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

1. 세포호흡 84 쪽

04 그림은 발효에서 피루브산이 물질 ㉠과 ㉡으로 전환되는 과정 (가)와 (나)를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 에탄올과 젖산을 순서 없이 나타낸 것이며, 1 분자당 탄소 수는 ㉡이 ㉠보다 많다.



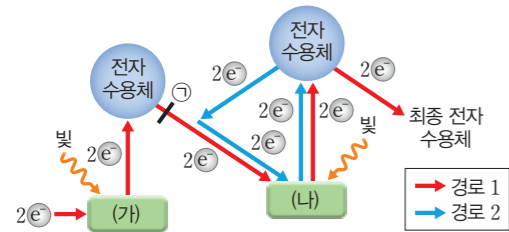
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- [보기]
- ㄱ. ㉠은 에탄올이다.
 - ㄴ. (가)는 사람의 근육세포에서도 일어난다.
 - ㄷ. (가)와 (나)에서 모두 산화환원반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

과학 글쓰기

05 그림은 광합성의 명반응에서 전자가 전달되는 경로를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 광계 I과 광계 II를 순서 없이 나타낸 것이며, 물질 X는 ㉠에서 전자 전달을 차단하여 광합성을 억제한다.

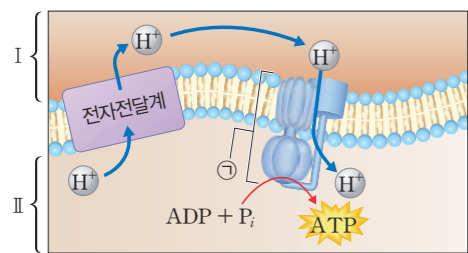


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)의 반응중심색소는 P₇₀₀이다.
 - ㄴ. 경로 1에서 최종 전자수용체는 NADP⁺이다.
 - ㄷ. 타이락코이드 내부의 pH는 X를 처리한 뒤가 처리하기 전보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림은 식물세포의 엽록체와 미토콘드리아에서 일어나는 인산화반응의 일부를 나타낸 것이다.



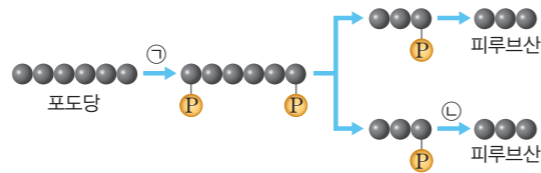
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 ATP 합성효소이다.
 - ㄴ. 미토콘드리아에서 I은 막사이공간이다.
 - ㄷ. 엽록체에서 II에서 I로 H⁺이 이동하는 방식은 촉진확산이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

과학 역량 기르기

07 그림은 세포호흡에서 포도당 1 분자가 피루브산 2 분자로 분해되는 과정을 나타낸 것이다.



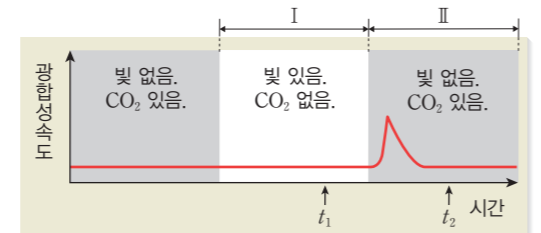
㉠ 과정과 ㉡ 과정의 차이점을 ATP와 관련지어 설명해 보자.

08 표는 피루브산의 산화 및 TCA 회로에서 물질 전환 과정 (가)~(다)를 나타낸 것이다.

구분	물질 전환 과정
(가)	피루브산 → 아세틸조효소 A
(나)	5탄소 화합물 → 옥살아세트산
(다)	시트르산 → 5탄소 화합물

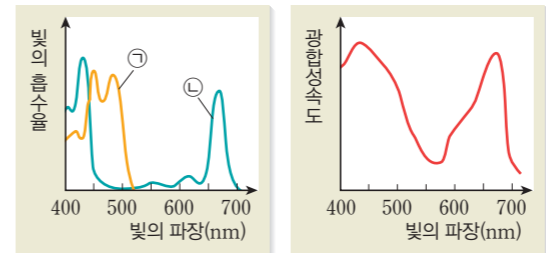
- (1) (가)~(다) 중 기질수준인산화가 일어나는 과정을 모두 써 보자.
- (2) (가)~(다)의 공통점을 생성되는 물질의 종류와 관련지어 설명해 보자.

09 그림은 어떤 식물에서 빛과 CO₂의 조건을 달리했을 때 시간에 따른 광합성속도를 나타낸 것이다.



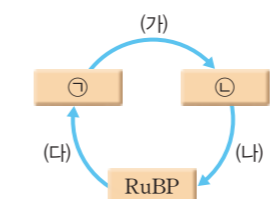
t₁일 때와 t₂일 때 스트로마에서의 ATP 농도를 비교하고, 그렇게 판단한 까닭을 설명해 보자.

10 그림 (가)는 어떤 식물에서 광합성색소의 흡수스펙트럼을, (나)는 이 식물의 작용스펙트럼을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 엽록소 a와 카로티노이드를 순서 없이 나타낸 것이다.



- (1) ㉠과 ㉡ 중 광계의 반응중심색소를 구성하는 것은 어느 것인지 써 보자.
- (2) 이 식물에 빛과 이산화 탄소가 충분히 공급될 때, 파장이 450 nm인 빛에서와 파장이 550 nm인 빛에서의 단위 시간당 산소 생성량을 비교하여 설명해 보자.

11 그림은 캘빈회로에서 물질 전환 과정의 일부를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 PGAL과 3PG를 순서 없이 나타낸 것이다.



- (1) ㉠과 ㉡이 무엇인지 각각 써 보자.
- (2) (가)~(다) 중 NADPH가 이용되는 단계를 모두 써 보자.
- (3) 식물의 앞에 이산화 탄소의 공급을 차단하면 RuBP의 농도는 어떻게 변화할지 그 까닭과 함께 설명해 보자.

[12~13] 다음은 알코올발효에 대한 실험이다. 물음에 답해 보자.

(가) 알코올발효에 필요한 주효소, 조효소, ADP와 무기인산(P_i)이 모두 들어 있는 시험관 ㉠~㉢에 각각 표와 같이 물질을 첨가한 다음, 시험관 ㉠~㉢을 밀폐하여 산소가 없는 조건으로 만든다.

시험관	첨가한 물질의 양(상댓값)		
	포도당	과당 2인산	ATP
㉠	1	0	0
㉡	1	0	2
㉢	0	2	2
㉣	1	1	0

(나) 반응이 끝난 뒤 ㉠~㉣에서 생성된 에탄올의 총량은 다음과 같다.

시험관	생성된 에탄올의 총량(상댓값)
㉠	0
㉡	1
㉢	2
㉣	2

12 ㉠에서 에탄올이 생성되지 않은 까닭을 설명해 보자.

13 반응이 끝난 뒤 ㉣에서 생성된 에탄올의 총량이 ㉢에서와 같은 까닭을 설명해 보자.

이 단원의 활동 결과물을 모아 나만의 포트폴리오를 완성해 보자.

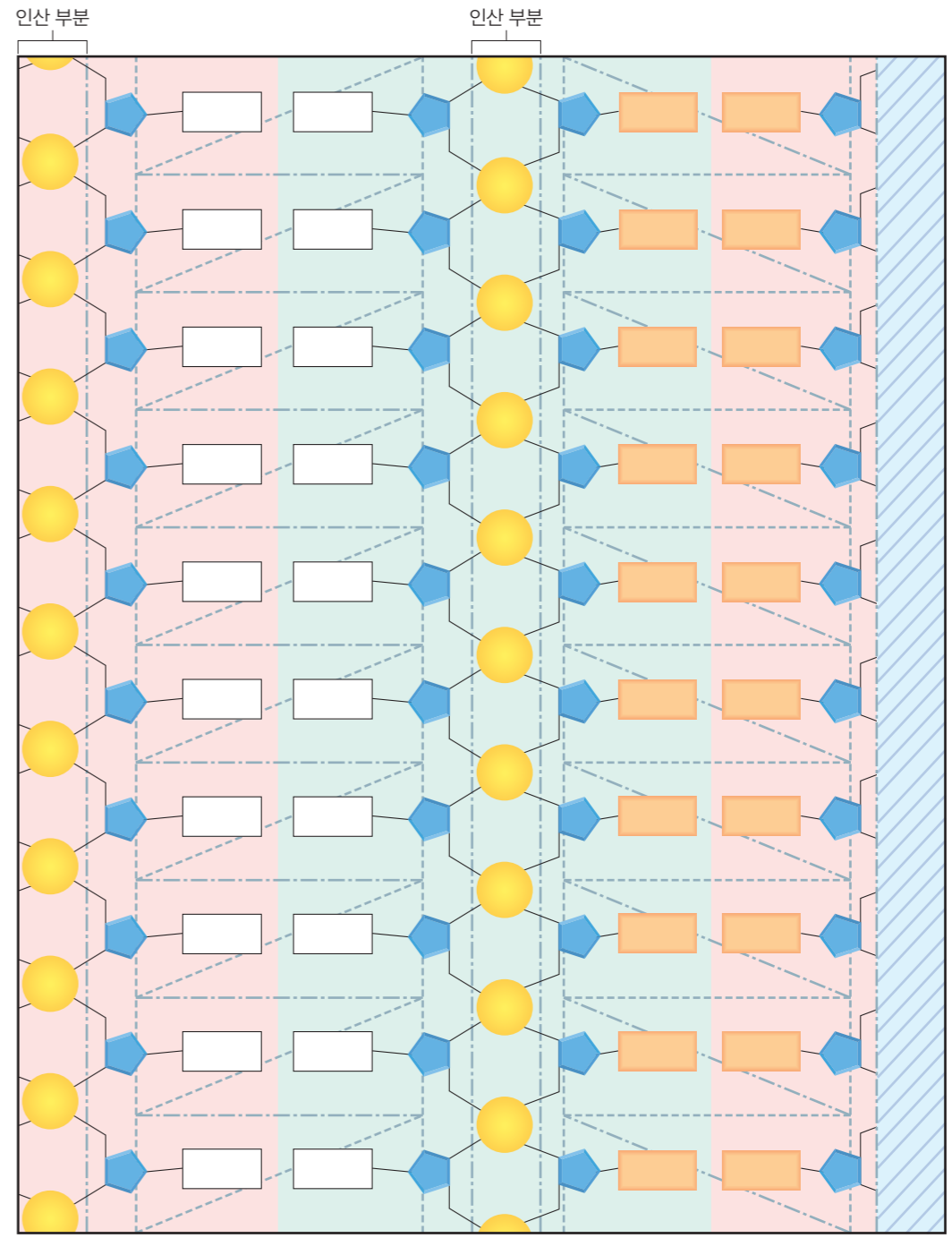
생명체를 다루는 연구에서 지켜야 할 생명윤리

생명체를 다루는 연구에서는 생명윤리에 따라 생명의 존엄성을 인지하고 생명을 보호하려고 노력해야 한다. 사람을 비롯한 동물뿐 아니라 식물을 대상으로 연구할 때에도 함부로 훼손하거나 불필요하게 사용하지 말아야 한다.



응급 처치 방법

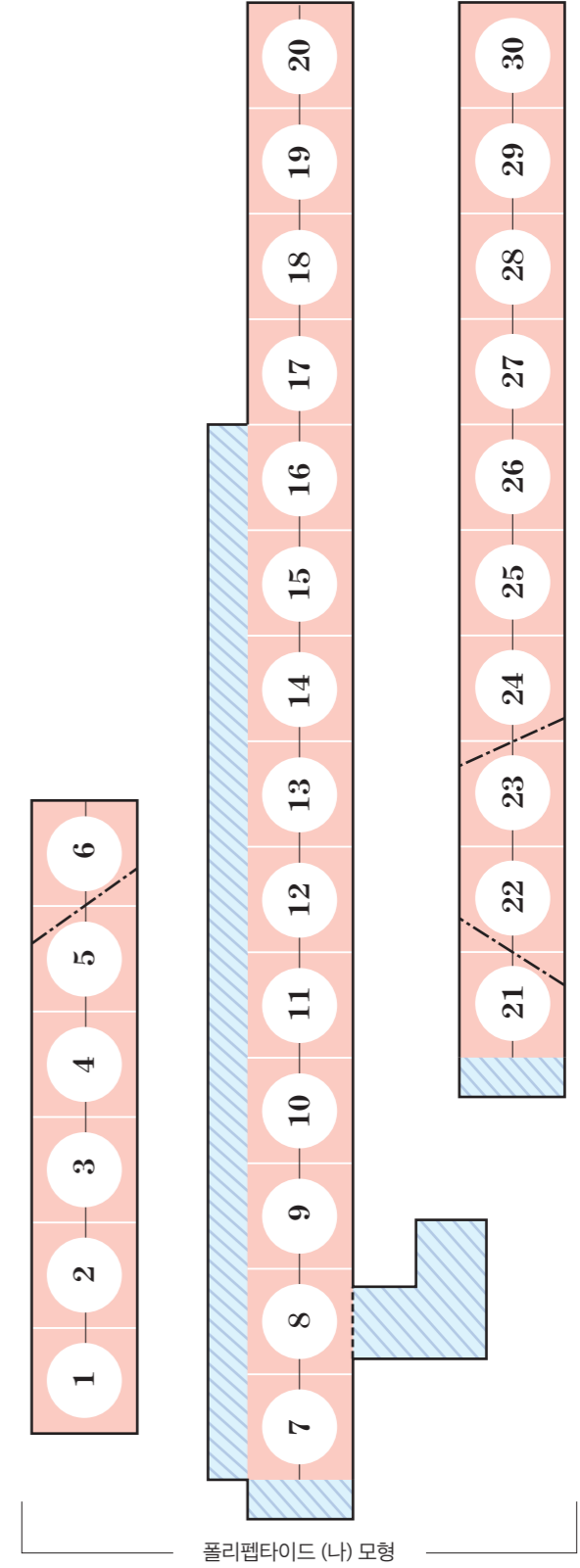
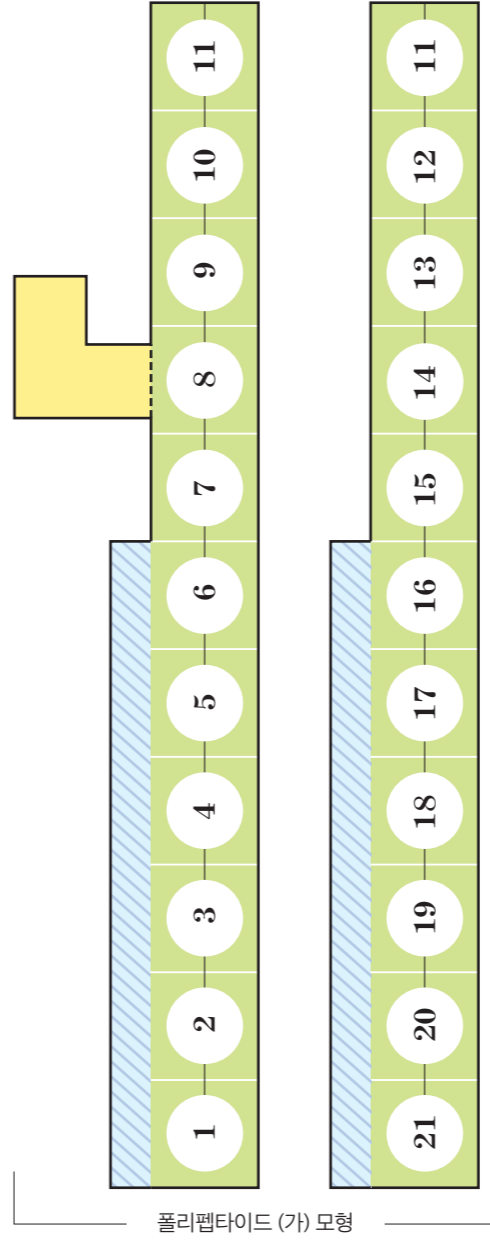
- 눈에 약품이 닿으면 즉시 눈을 뜬 채로 얼굴을 흐르는 물에 담그고 충분히 씻는다.
- 유리 기구가 깨지면 유리 조각을 만지지 않고, 선생님께 알려 지시에 따라 처리한다.
- 손을 베이면 깨끗한 천으로 지혈하고, 피가 멎으면 상처 부위를 씻고 소독한다.

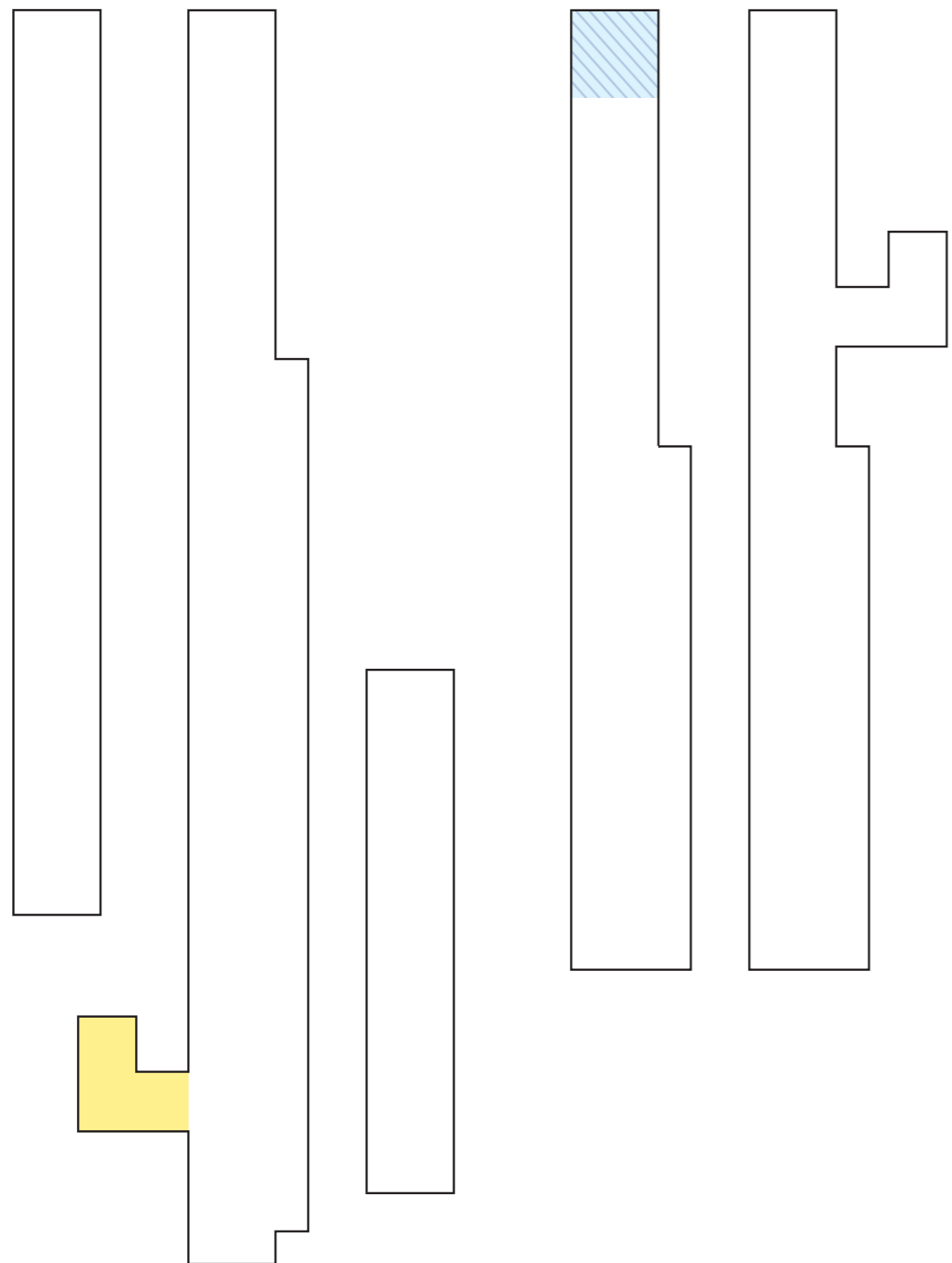


—————	자르는 선	□	염기를 쓰는 칸
- - - - -	안으로 접는 선	▨	풀칠하는 곳
· · · · ·	밖으로 접는 선		

붙이는 곳

—	자르는 선
- - - - -	안으로 접는 선
- · - · - ·	밖으로 접는 선
▨	붙일하는 곳





I 세포

1 생명체의 구성 물질

01 탄수화물과 지질의 종류와 기능

스스로 확인하기 11 쪽

- 1 셀룰로스
- 2 중성지방
- 3 | 예시 답안 | 중성지방과 달리 인지질은 전하를 띠는 인산을 포함하므로 물과 잘 결합하는 친수성 부위를 가진다.

02 핵산과 단백질의 구조와 기능

정의사고 14 쪽

| 예시 답안 | DNA를 구성하는 두 가닥의 폴리뉴클레오타이드 사이에 마주 보는 염기끼리 결합하고 있으므로 두 가닥이 떨어지지 않고 안정적으로 붙어 있을 수 있다.

스스로 확인하기 17 쪽

- 1 DNA, RNA
- 2 펩타이드결합
- 3 | 예시 답안 | pH가 달라지면 단백질의 입체 구조가 변해 단백질이 제 기능을 할 수 없으므로 세포 안의 pH는 일정하게 유지되어야 한다.

2 세포의 구조와 기능

01 세포의 연구 방법

? 25 쪽

미토콘드리아, 세포막과 소포체 등 내부 막 조각, 라이보솜 등

스스로 확인하기 27 쪽

- 1 주사 전자 현미경(SEM)
- 2 세포분획법
- 3 | 예시 답안 | 전자 현미경은 가시광선보다 파장이 짧은 전자선을 이용하므로 해상력이 뛰어나 높은 배율에서도 선명한 상을 얻을 수 있기 때문이다.

02 세포소기관의 구조와 기능

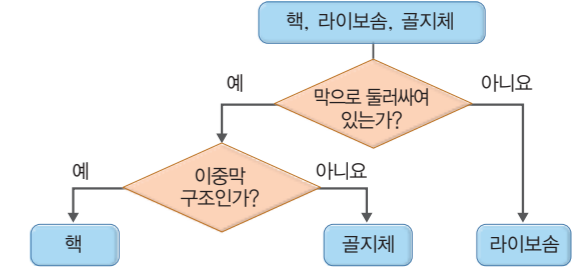
정의사고 31 쪽

| 예시 답안 | 사람의 침샘세포는 아밀레이스 같은 소화효소를 합성하여 분비하므로 단백질을 운반하고 분비하는 데 관여하는 소포체와 골지체가 발달해 있다.

? 32 쪽 | 이중막으로 둘러싸여 있다.

스스로 확인하기 36 쪽

- 1 라이보솜
- 2 핵, 라이보솜, 거친면소포체, 골지체
- 3 | 예시 답안 |



03 원핵세포와 진핵세포

스스로 확인하기 37 쪽

- 1 DNA
- 2 | 예시 답안 | 진핵세포에 있는 각 세포소기관은 고유한 기능을 하면서 유기적으로 작용하므로 진핵세포에서는 다양한 생명활동이 효율적으로 일어날 수 있다.

04 세포막을 통한 물질 수송

스스로 확인하기 45 쪽

- 1 인지질 이중층
- 2 능동수송
- 3 | 예시 답안 | 고장액 환경에서는 삼투에 의해 세포 밖으로 물이 빠져나가므로 몸속 수분량을 보존하기 위해 수축포가 작동하는 속도가 느려진다. 반대로 저장액 환경에서는 삼투에 의해 세포 안으로 물이 들어오므로 몸 밖으로 물을 많이 내보내기 위해 수축포가 작동하는 속도가 빨라진다.

대단원 마무리 49 쪽~51 쪽

- 01 ④ 02 ③ 03 ⑤ 04 ① 05 ⑤ 06 ①
 | 과학 역량 기르기 |
 07 해설 참조 08 해설 참조 09 해설 참조
 10 해설 참조
 | 과학 글쓰기 |
 11 해설 참조 12 해설 참조

01 (가)는 이당류에 속하는 설탕, (나)는 다당류에 속하는 녹말, (다)는 단당류에 속하는 포도당이다. 포도당(다)은 식물의 광합성으로 만들어진다.

02 A는 인지질, B는 셀룰로스, C는 중성지방이며, ㉠은 단당류인 포도당이다. 인지질(A)과 중성지방(C)은 지질에 속하고, 셀룰로스(B)는 탄수화물에 속한다. 중성지방(C)은 글리세롤에 지방산이 결합한 물질이다.

03 (가)는 기본 단위체가 아미노산인 단백질이고, ㉠은 단백질이 합성될 때 형성되는 펩타이드결합이다. 폴리펩타이드는 고유한 입체 구조를 이루어 단백질이 되며, 이러한 입체 구조에 따라 단백질의 기능이 결정된다.

04 (가)는 광학 현미경, (나)는 주사 전자 현미경(SEM)이다. 그림은 엽록체(㉠)의 내부 구조를 투과 전자 현미경(TEM)을 이용하여 관찰한 것이며, 세포분획법에서 엽록체(㉠)는 미토콘드리아보다 크고 무거워 먼저 가라앉는다.

05 A는 단일막 구조인 거친면소포체, B는 이중막 구조인 미토콘드리아, C는 단일막 구조인 골지체이다. 미토콘드리아(B)에서 세포호흡이 일어난다. 라이보솜에서 합성된 인슐린은 운반 소낭에 의해 거친면소포체(A)에서 골지체(C)로 이동한 뒤 세포 밖으로 분비된다.

06 그림에서 ㉠은 세포막이 세포벽으로부터 떨어져 원형질분리가 일어난 상태이다. t_1 과 t_2 일 때 삼투에 의해 ㉠ 안으로 물이 들어와 ㉠은 팽윤 상태가 되었으므로 설탕의 농도는 (나)에서가 (가)에서보다 낮고, V_2 가 V_1 보다 크므로 $t_1 \sim t_2$ 에서 ㉠ 안으로 들어온 물의 양은 밖으로 나간 물의 양보다 많다.

07 (1) 아데닌(A)
(2) | 예시 답안 | (가)는 DNA이다. DNA는 유전정보를 저장하고 다음 세대로 전달한다.

08 (1) ㉠, 라이소솜 | ㉡은 이중막 구조인 핵이고, ㉢은 막 구조를 가지지 않은 라이보솜이다.
(2) | 예시 답안 | ㉠은 라이보솜이다. 라이보솜은 DNA의 유전정보에 따라 단백질을 합성한다.

09 (1) (나), 대장균 | 대장균, 사람의 간세포, 양파의 표피세포에는 모두 라이보솜이 있으므로 ㉠은 'O', ㉡은 'X'이다. 따라서 (나)는 핵막이 없는 원핵세포인 대장균이다.
(2) | 예시 답안 | (가), (다), 선형의 이중나선 DNA는 진핵세포에 있으며, 양파의 표피세포(가)와 사람의 간세포(다)는 모두 핵막이 있는 진핵세포이기 때문이다.

10 (1) (가), 세포외배출 | (가)는 세포외배출, (나)는 능동수송, (다)는 단순확산이다.

(2) | 예시 답안 | 단순확산, 허파파리와 모세혈관 사이에서 산소와 이산화 탄소의 이동은 단순확산에 의해 일어난다.

11 | 예시 답안 | ㉠은 라이소솜이다. DNA에 저장된 유전정보에 따라 라이보솜에서 다양한 가수분해효소가 합성되며, 이 가수분해효소는 거친면소포체에서 가공된 뒤 골지체로 이동한다. 이후 골지체로부터 가수분해효소가 들어 있는 소낭이 만들어져 라이소솜이 생성된다.

12 | 예시 답안 | 일반적인 배양 조건과 달리 영양분이 부족한 환경에서 효모는 생명활동에 필요한 물질을 얻기 위해 손상되거나 보다 덜 중요한 자신의 구성 물질을 분해하여 재활용해야 하는 경우가 많으므로 자가포식 소낭이 많이 형성된다.

II 물질대사와 에너지

1 물질대사와 에너지

01 물질대사와 에너지 균형

참의사고 57 쪽

| 예시 답안 | 최근 식생활의 변화로 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많아지면서 비만 인구가 증가하고 있으며, 그에 따라 고혈압, 당뇨병 같은 대사성 질환의 발병률이 높아지고 있다.

스스로 확인하기 59 쪽

- 1 흡수, 방출
- 2 균형
- 3 | 예시 답안 | 잠잘 때에도 호흡운동, 심장박동, 체온조절 등 생명을 유지하기 위해 에너지가 소비되기 때문이다.

02 생명활동과 에너지

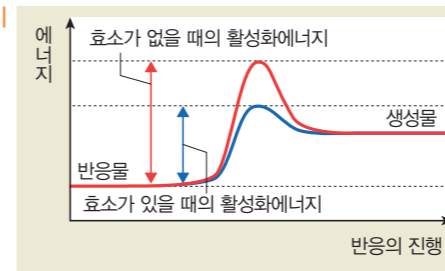
스스로 확인하기 63 쪽

- 1 포도당
- 2 ATP
- 3 | 예시 답안 | 세포호흡에서 방출된 에너지 중 일부는 ATP에 저장되지만 나머지는 열에너지로 빠져나간다. 운동할 때에는 많은 에너지가 필요하므로 평상시보다 세포호흡이 더 많이 일어나 열 발생량이 증가한다.

2 효소

01 효소의 작용과 특성

? 67 쪽 |



참의사고 68 쪽

| 예시 답안 | 효소의 기질특이성을 자물쇠와 열쇠의 관계에 비유하면 효소는 열쇠에, 기질은 자물쇠에 비유할 수 있다. 자물쇠의 구멍에 꼭 맞는 열쇠만 자물쇠를 열 수 있듯이 효소는 자신과 입체 구조가 맞는 기질과만 결합하여 촉매 작용을 한다.

스스로 확인하기 73 쪽

- 1 기질특이성
- 2 단백질
- 3 | 예시 답안 | 음식을 냉장고에 넣어 두면 음식물 속 미생물이 가지고 있는 효소의 최적온도보다 온도가 낮으므로 미생물의 성장이 억제된다. 따라서 실온에서보다 오래 음식물을 상하지 않게 보관할 수 있다.

02 효소의 이용

스스로 확인하기 76 쪽

- 1 화학 반응
- 2 | 예시 답안 | 환경오염을 일으키는 대표적인 물질 중 하나인 플라스틱은 자연 상태에서 분해되는 데 오랜 시간이 걸린다. 하지만 플라스틱을 분해하는 효소를 이용하면 플라스틱을 빨리 분해할 수 있어 환경오염을 줄일 수 있다.

대단원 마무리

80 쪽~81 쪽

01 ㉠ 02 ㉡ 03 ㉡ 04 ㉠

| 과학 역량 기르기 |

05 해설 참조 06 해설 참조 07 해설 참조

| 과학 글쓰기 |

08 해설 참조

01 I에서 에너지가 흡수되므로 I에서 동화작용이, II에서 이화작용이 일어난다. 따라서 A는 작고 단순한 물질인 아미노산이고, B는 크고 복잡한 물질인 단백질이다.

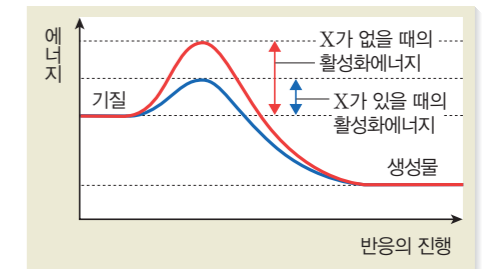
02 세포호흡에서 포도당이 분해되는 과정에서 방출된 에너지 중 일부는 ATP에 저장되며, ATP가 분해되면서 방출된 에너지는 다양한 생명활동에 사용된다.

03 A는 물을 첨가하여 기질을 분해하므로 가수분해효소이고, B는 기질의 원자 배열을 바꿔 구조를 변형하므로 이성질화효소이다. 효소의 주성분은 단백질이며, 전이효소는 기질의 작용기를 떼어 다른 분자로 옮긴다.

04 효소의 주성분인 단백질은 pH에 따라 입체 구조가 달라진다. P_1 일 때 B의 활성이 거의 나타나지 않는 것은 B의 최적 pH인 P_2 일 때와 입체 구조가 달라졌기 때문이다.

05 | 예시 답안 | A는 에너지 소비량, B는 에너지 섭취량이다. 에너지 소비량이 에너지 섭취량보다 많으면 체중이 감소하고, 에너지 소비량이 에너지 섭취량보다 적으면 체중이 증가한다. A가 B보다 적은 (가)는 체중이 증가하고, A가 B보다 많은 (나)는 체중이 감소했으므로 A는 에너지 소비량, B는 에너지 섭취량이다.

06 (1) | 예시 답안 |



(2) | 예시 답안 | X에 의해 기질이 분해되므로 기질의 에너지 양이 생성물의 에너지 양보다 많다. 또 X는 화학 반응의 활성화 에너지를 낮추어 주므로 X가 있을 때의 활성화에너지가 X가 없을 때의 활성화에너지보다 낮다.

07 | 예시 답안 | ㉠이 보조인자가 있을 때이다. X와 보조인자가 결합하여 전효소가 되어야 기질을 생성물로 변화시킬 수 있다. ㉡에서는 시간이 지나도 기질의 농도가 변하지 않으므로 효소가 작용하지 않은 것이고, ㉢에서는 시간이 지남에 따라 기질의 농도가 감소하므로 효소가 작용한 것이다. 따라서 ㉠은 보조인자가 없을 때이고, ㉢은 보조인자가 있을 때이다.

08 | 예시 답안 | 경쟁적 억제제는 기질의 농도가 높아지면 효소의 작용을 억제하는 효과가 감소하지만, 비경쟁적 억제제는 기질의 농도가 높아져도 억제 효과가 감소하지 않는다. II에서 기질의 농도가 일정 수준 이상으로 높아지면 효소억제제가 없는 I과 반응 속도가 같아지므로 ㉠은 경쟁적 억제제이다. III에서는 기질의 농도가 높아져도 I과 반응 속도가 같아지지 않으므로 ㉡은 비경쟁적 억제제이다.

III 세포호흡과 광합성

1 세포호흡

01 미토콘드리아의 구조와 기능

스스로 확인하기 86 쪽

- 1 크리스타
- 2 ATP
- 3 | 예시 답안 | 근육세포는 지방세포에 비해 많은 양의 에너지를 사용하며, 이 에너지는 ATP의 분해로 얻는다. ATP는 주로 미토콘드리아에서 일어나는 세포호흡 과정에서 생성되므로, 근육세포에는 지방세포에 비해 미토콘드리아가 많이 들어 있다.

02 세포호흡 과정

정의사고 93 쪽

| 예시 답안 | 로테논이 전자전달계를 통한 전자의 전달을 방해하면 미토콘드리아 바탕질에서 막사이공간으로 H⁺이 능동수송되지 않는다. 그 결과 미토콘드리아 내막을 경계로 H⁺의 농도 기울기가 형성되지 않아 화학삼투에 의한 ATP 합성도 일어나지 않는다. 따라서 해충이 세포호흡을 할 수 없어 죽게 되기 때문에 로테논을 살충제로 사용할 수 있다.

스스로 확인하기 95 쪽

- 1 4, 1, 3
- 2 산화적 인산화
- 3 | 예시 답안 | 미토콘드리아의 전자전달계에서 고에너지 전자가 전달될 때 에너지가 한꺼번에 방출된다면 손실되는 에너지가 많을 것이다. 하지만 전자전달계에서 고에너지 전자가 여러 단계의 산화환원반응을 거치면서 에너지를 단계적으로 조금씩 방출하기 때문에 ATP를 효율적으로 합성할 수 있다.

03 발효

? 96 쪽

| 예시 답안 | • 공통점: 산소호흡 과정과 발효 과정에서는 모두 산화환원반응이 일어나며, ATP가 생성된다.
• 차이점: 산소호흡에서는 포도당이 완전히 산화되어 이산화탄소와 물로 분해된다. 그러나 발효에서는 포도당이 완전히 산화되지 않고 젖산, 에탄올 등으로 전환되기 때문에 산소호흡에 비해 적은 양의 ATP가 생성된다.

스스로 확인하기 101 쪽

- 1 산소호흡
- 2 알코올발효

- 3 | 예시 답안 | • 공통점: 치즈를 만드는 데 이용되는 젖산발효와 빵을 만드는 데 이용되는 알코올발효에서는 모두 ATP가 생성되며, 산소가 필요하지 않다.
• 차이점: 젖산발효에서는 젖산이, 알코올발효에서는 에탄올과 이산화탄소가 생성된다.

2 광합성

01 엽록체와 광합성색소

스스로 확인하기 109 쪽

- 1 타이라코이드
- 2 적색광
- 3 | 예시 답안 | 가을에 노랗게 단풍이 든 느티나무 잎에는 주로 노란색, 주황색 등을 띠는 카로티노이드가 들어 있다.

02 광합성 과정

? 113 쪽 | 광계 I

스스로 확인하기 115 쪽

- 1 물
- 2 탄소, 3-인산글리세르산(3PG), 리불로스 2인산(RuBP)
- 3 | 예시 답안 | 빛에너지를 흡수한 광계에서 방출된 고에너지 전자가 전자전달계를 통해 전달되는 과정에서 에너지가 단계적으로 방출된다. 이 에너지를 이용하여 H⁺이 스트로마에서 타이라코이드 내부로 능동수송되므로 타이라코이드 내부는 스트로마보다 H⁺의 농도가 높다. 따라서 광합성이 활발하게 일어나는 엽록체에서 타이라코이드 내부는 스트로마보다 pH가 낮다.

03 광합성과 세포호흡의 전자전달계

스스로 확인하기 117 쪽

- 1 전자전달계
- 2 | 예시 답안 | 광합성과 세포호흡의 전자전달계에는 효소가 관여하며, 효소의 활성은 온도의 영향을 받는다. 따라서 전자전달계에서 전자의 전달은 온도의 영향을 받는다.

04 광합성 관련 과학사

정의사고 120 쪽

| 예시 답안 | 힐의 실험에서 옥살산 철(III)은 물의 분해로 방출된 전자를 받아 옥살산 철(II)로 환원되었다. 광합성이 일어날 때 엽록체에서는 NADP⁺가 물의 분해로 방출된 전자를 받아 NADPH로 환원된다.

스스로 확인하기 121 쪽

- 1 물
- 2 | 예시 답안 | 암실에서 pH 8의 용액에 넣어 두었던 엽록체를 ADP와 무기인산(P_i)이 들어 있는 pH 4의 용액으로 옮기면 타이라코이드 내부의 H⁺ 농도가 스트로마의 H⁺ 농도보다 낮은 상태가 된다. 그 결과 ATP 합성효소를 통해 H⁺이 확산하지 못하므로 ATP가 합성되지 않는다.

대단원 마무리

125 쪽~127 쪽

- 01 ⑤ 02 ④ 03 ⑤ 04 ④ 05 ④ 06 ③
| 과학 역량 기르기 |
07 해설 참조 08 해설 참조 09 해설 참조
10 해설 참조 11 해설 참조
| 과학 글쓰기 |
12 해설 참조 13 해설 참조

- 01 A는 미토콘드리아 바탕질, B는 타이라코이드 내부, C는 스트로마이다. 라이보솜은 미토콘드리아 바탕질(A)과 스트로마(C)에 있다.
- 02 (가)는 옥살아세트산, (나)는 시트르산, (다)는 5탄소 화합물이고, ㉠은 NADH, ㉡은 CO₂, ㉢은 ATP, ㉣은 FADH₂이다. 시트르산(나)이 5탄소 화합물(다)로 되는 과정에서 CO₂가 방출되므로 1 분자당 탄소 수는 5탄소 화합물(다)이 시트르산(나)보다 적다.
- 03 ㉠은 NADH, ㉡은 FADH₂, ㉢은 H₂O이다. 미토콘드리아 바탕질에서 피루브산이 아세틸조효소 A로 산화되는 과정에서 NADH(㉠)가 생성된다. 전자는 전자전달계를 거쳐 최종적으로 산소에 전달되며, 전자를 받은 산소는 H⁺과 결합하여 H₂O(㉢)을 생성한다.
- 04 피루브산이 에탄올로 되는 과정에서는 탈탄산 반응이 일어나지만, 젖산으로 되는 과정에서는 탈탄산 반응이 일어나지 않는다. 따라서 1 분자당 탄소 수는 젖산이 에탄올보다 많으므로 ㉠은 에탄올, ㉡은 젖산이다. 과도한 운동으로 산소 공급이 부족할 때 사람의 근육세포에서는 피루브산이 젖산으로 전환되는 과정 (나)가 일어난다.
- 05 경로 1은 비순환적 전자흐름, 경로 2는 순환적 전자흐름이므로 (가)는 광계 II, (나)는 광계 I이다. 광계 II(가)의 반응중심색소는 P₆₈₀이며, 비순환적 전자흐름(경로 1)에서 최종 전자수용체는 NADP⁺이다. X를 처리하면 ㉠에서 전자 전달이 차단되므로 H⁺이 스트로마에서 타이라코이드 내부로 능동수송되지 못해 타이라코이드 내부의 pH는 X를 처리한 뒤가 처리하기 전보다 높다.

- 06 ㉠은 ATP 합성효소이며, 미토콘드리아에서 I은 막사이공간, II는 바탕질이다. 엽록체에서 II(스트로마)에서 I(타이라코이드 내부)로 H⁺이 이동하는 방식은 능동수송이다.
- 07 | 예시 답안 | ㉠은 ATP를 소모하여 포도당이 과당 2인산으로 활성화되는 과정이고, ㉡은 기질수준인산화가 일어나 ATP를 생성하는 과정이다.
- 08 (1) (나)
(2) | 예시 답안 | (가)~(다)에서는 모두 탈탄산 반응이 일어나 이산화탄소가 생성되고, 탈수소 반응이 일어나 NADH가 생성된다.
- 09 | 예시 답안 | 구간 I에서는 빛이 있어 명반응이 일어나므로 ATP가 생성되지만, 이산화탄소(CO₂)가 없어 탄소 고정반응이 일어나지 않으므로 ATP는 소모되지 않는다. 반면 구간 II에서는 빛이 없어 명반응이 일어나지 않지만, 이산화탄소(CO₂)가 있어 탄소 고정반응이 일어나므로 구간 I에서 생성된 ATP가 소모된다. 따라서 스트로마에서의 ATP 농도는 t₁일 때가 t₂일 때보다 높다.
- 10 (1) ㉠ | ㉠은 카로티노이드, ㉡은 엽록소 a이며, 광계에서 반응중심색소는 한 쌍의 엽록소 a로 구성된다.
(2) | 예시 답안 | (나)에서 광합성속도가 빠를수록 산소 생성량이 많으므로, 단위 시간당 산소 생성량은 파장이 450 nm인 빛에서 파장이 550 nm인 빛에서보다 많다.
- 11 (1) ㉠ 3PG, ㉡ PGAL
(2) (가) | (가)는 3PG(㉠) 환원 단계로 ATP와 NADPH를 이용하여 3PG이 PGAL(㉡)로 환원되고, (나)는 RuBP 재생 단계로 ATP가 이용된다. (다)는 탄소 고정 단계로 이산화탄소가 이용된다.
(3) | 예시 답안 | 식물의 잎에 이산화탄소의 공급을 차단하면 (다) 과정(탄소 고정)이 일어나지 않으므로 RuBP의 농도는 일시적으로 증가한다.
- 12 | 예시 답안 | ㉠에서는 ATP가 없어 포도당이 과당 2인산으로 전환되지 못하므로 해당이 일어나지 않는다. 따라서 피루브산이 없어 알코올발효가 일어나지 않으므로 에탄올이 생성되지 않는다.
- 13 | 예시 답안 | ㉠에서는 과당 2인산이 피루브산으로 분해되는 과정에서 ATP가 생성되며, 생성된 ATP를 소모하여 포도당이 과당 2인산으로 전환된다. 그 결과 ㉡에서 과당 2인산의 양과 이로부터 생성된 피루브산의 양이 ㉢에서와 같기 때문에 ㉢과 ㉡에서 알코올발효로 생성된 에탄올의 총량은 같다.

ㄱ

거친면소포체 30
경쟁적 억제제 71
고장액 41
골지체 31
광계 112
광인산화 113
광학 현미경 21
광합성 110
광합성색소 107
그라나 32, 105
기질 68
기질수준인산화 88
기질특이성 68
기초대사량 57

ㄴ

Na⁺-K⁺ 펌프 44
뉴클레오타이드 14
능동수송 44

ㄷ

다당류 9
단당류 9
단백질 15
단순확산 40
동화작용 56
등장액 41
DNA 14

ㄹ

라이보솜 30
라이소솜 31

ㅁ

마이트콘드리아 32, 85
막단백질 38
막사이공간 85
매끈면소포체 30
명반응 112
물질대사 55

ㅂ

바탕질 32, 85
반응중심색소 112
발효 96

보조색소 112
보조인자 68
비경쟁적 억제제 71
비순환적 전자흐름 112

ㅅ

산소호흡 96
산화적 인산화 92
삼투 40
삼투압 41
세포골격 33
세포내섭취 44
세포막 38
세포벽 33
세포분획법 25
세포외배출 44
세포호흡 87
소포체 30
순환적 전자흐름 113
스테로이드 10
스트로마 32, 105

ㅇ

RNA 14
아미노산 15
알코올발효 97
액포 33
ATP 61
ATP 합성효소 92, 113
FAD 91
FADH₂ 91
NAD⁺ 88
NADH 88
NADP⁺ 113
NADPH 113
엽록소 107
엽록체 32, 105
원핵세포 37
원형질분리 43
위상차 현미경 21
이당류 9
이중나선구조 14
이화작용 56
인지질 10

ㅈ

자기방사법 24
작용스펙트럼 107

저장액 41
전자전달계 92, 112
전효소 68
젓산발효 97
주사 전자 현미경(SEM) 24
주효소 68
중성지방 10
중심체 33
지질 10
진핵세포 37

ㅊ

촉진확산 40

ㅋ

카로티노이드 107
캘빈회로 115
크리스타 32, 85

ㅌ

타이라코이드 32, 105
탄소 고정반응 114
탄수화물 9
탈수소효소 68, 88
투과 전자 현미경(TEM) 24
TCA 회로 90

ㅍ

팽윤 43
펩타이드결합 15
피루브산 88

ㅎ

해당 88
핵 29
핵산 14
형광 현미경 21
호흡기질 95
화학삼투 92, 113
확산 40
활동대사량 57
활성부위 68
활성화에너지 67
효소 67
효소가질복합체 68
효소억제제 71
흡수스펙트럼 107

차례

- ▶ 4 쪽(식물): 셔터스톡

I 세포

- ▶ 21 쪽(형광 현미경으로 관찰한 짙신벌레), 24 쪽(주사 전자 현미경(SEM)으로 관찰한 난자), 29 쪽(핵, 샷말), 30 쪽(라이보솜, 소포체), 31 쪽(골지체, 라이소솜), 32 쪽(마이트콘드리아), 33 쪽(액포), 37 쪽(원핵세포, 진핵세포): 게티이미지코리아
- ▶ 9 쪽(포도, 설탕, 고구마), 13 쪽(스마트 기기 화면), 21 쪽(일반적인 광학 현미경으로 관찰한 짙신벌레), 24 쪽(투과 전자 현미경(TEM)), 25 쪽(원심분리기), 48 쪽(건전지, 공장, 달리는 사람, 근육): 셔터스톡
- ▶ 21 쪽(위상차 현미경으로 관찰한 짙신벌레), 24 쪽(투과 전자 현미경(TEM)으로 관찰한 난자), 32 쪽(엽록체), 33 쪽(세포벽, 중심체), 41 쪽(등장액에 넣은 적혈구, 고장액에 넣은 적혈구, 저장액에 넣은 적혈구), 49 쪽(엽록체): 이미지코리아

II 물질대사와 에너지

- ▶ 76 쪽(된장과 고추장, 바이오연료): 게티이미지코리아
- ▶ 60 쪽(벼, 하늘, 국그릇), 75 쪽(텔레비전, 사과, 사과즙, 사과주스), 76 쪽(해바라기, 치약, 인슐린, 혈당 측정기, 종이), 79 쪽(과일): 셔터스톡
- ▶ 58 쪽(식품안전나라 누리집 화면 1), 64 쪽(식품안전나라 누리집 화면 2): www.foodsafetykorea.go.kr, 2023.

III 세포호흡과 광합성

- ▶ 97 쪽(젓산균, 효모), 105 쪽(엽록체): 게티이미지코리아
- ▶ 101 쪽(김치, 의약품, 빵), 102 쪽(종이 배경), 119 쪽(과학사 연대표), 124 쪽(식물, 소책자, 나뭇잎 공예): 셔터스톡
- ▶ 85 쪽(마이트콘드리아): 이미지코리아

참고 자료

- ▶ 9 쪽(생명체(세균)의 구성 물질): Alberts 외, 『Essential Cell Biology』 5th, W. W. Norton & Company, 2019.
- ▶ 43 쪽(삼투에 의한 식물세포의 압력 변화): Nečesný, 『Kinetics of Secondary Change in Living Xylem. Pt. II. Some Biophysical Aspects』, Holzforschung, 1973.

- ▶ 44 쪽(사람의 세포에서 세포 안과 밖의 이온 농도): Melkikh 외, 『Model of Active Transport of Ions in Cardiac Cell』, Journal of Theoretical Biology, 2008.
- ▶ 57 쪽(우리 몸의 에너지 소비량), 59 쪽(활동별 에너지 소비량): 허재욱 외, 『기초 영양학』 3판, 수확사, 2021.
- ▶ 57 쪽(나이와 성별에 따른 기초대사량): Smith 외, 『Exercise Physiology』 6th, Wolters Kluwer, 2022.
- ▶ 70 쪽(효소의 종류): Ochs, 『Biochemistry』 2nd, CRC Press, 2022.
- ▶ 71 쪽(온도에 따른 효소의 활성 그래프), 107 쪽(흡수스펙트럼과 작용스펙트럼): 전상학 외 역, 『생명과학』 12판, 바이오사이언스 출판, 2022.
- ▶ 71 쪽(pH에 따른 효소의 활성 그래프): Fox 외, 『Human Physiology』 15th, McGraw-Hill Education, 2019.

※ 집필진의 직접 집필인 경우 출처를 밝히지 않았음.
※ 출처 표시를 안 한 사진 및 삽화는 저자 및 발행사에서 저작권을 가지고 있는 경우임.

URL 목록

- ▶ 2 쪽(QR 코드 콘텐츠 목록): <https://qr.mirae-n.com/c/w60mv673r9>
- ▶ 10 쪽(실험 영상): <https://qr.mirae-n.com/v/8k1sni3671>
- ▶ 13 쪽, 15 쪽(미국 국립생물공학정보센터(NCBI)): <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
- ▶ 16 쪽(실험 영상): <https://qr.mirae-n.com/v/721rz82662>
- ▶ 22 쪽(실험 영상): <https://qr.mirae-n.com/v/9y280ro2pj>
- ▶ 26 쪽(실험 영상): <https://qr.mirae-n.com/v/96d5h4a1pe>
- ▶ 42 쪽(실험 영상): <https://qr.mirae-n.com/v/82vb466eep>
- ▶ 46 쪽(커리어넷): <http://www.career.go.kr>
- ▶ 58 쪽, 64 쪽(식품안전나라): <http://www.foodsafetykorea.go.kr>
- ▶ 62 쪽(실험 영상): <https://qr.mirae-n.com/v/5o42g36xs0>
- ▶ 72 쪽(실험 영상): <https://qr.mirae-n.com/v/05q1sgf9or>
- ▶ 98 쪽(실험 영상): <https://qr.mirae-n.com/v/h340xd03x5>
- ▶ 108 쪽(실험 영상): <https://qr.mirae-n.com/v/hx7v2x853t>
- ▶ 122 쪽(워크넷): <http://www.work.go.kr>

연구 위원

오현선(서울고등학교)*

강희정(세종과학고등학교)

* 대표 연구 위원

집필 위원

오현선(서울고등학교)*

강희정(세종과학고등학교)

정종우(이화여자대학교)

이일규(서울과학고등학교)

김대준(방산고등학교)

최종훈(서울사대부설여자중학교)

* 대표 집필 위원

심의 기관

대구광역시교육청

심의 위원

개발 책임	하남규
편집	오진경 하인희 소정신 문지혜
디자인 책임	손현지
디자인	김기욱 장병진 땡큐마더
삽화	김민선 김진호 임영택 전수교 조성호 황주리 모먼트시리즈
사진 촬영	필름피아
실험 기자재 협조	세원과학사

교육부장관의 위임을 받아 대구광역시교육감이 2024년 0월 00일 인정 승인을 하였음.

고등학교 세포와 물질대사

초판 발행	2025. 3. 1.	정가	원
지은이	오현선 외 5인		
발행인	(주)미래엔(서울특별시 서초구 신반포로 321)		
인쇄인	(주)미래엔(서울특별시 서초구 신반포로 321)		

이 교과서의 본문 용지는 우수 재활용 제품 인증을 받은 재활용 종이를 사용하였습니다.

교과서에 대한 문의 사항이나 의견이 있으신 분은 '교과서민원바로처리센터 (전화 1566-8572, www.textbook114.com 또는 www.교과서114.com)'에 문의하여 주시기 바랍니다.

이 도서에 게재된 저작물에 대한 보상금은 문화체육관광부 장관이 정하는 기준에 의거 사단법인 한국문학예술저작권협회(전화 02-2608-2800, www.kolaa.kr)에서 저작권자에게 지급합니다.

내용 관련 문의 (주)미래엔 과학팀 전화 1800-8890 전송 02-541-8150

개별 구입 문의 mall.mirae-n.com(미래엔 도서몰) 전화 1800-8890