

## DNA-RNA 단백질 합성 실험키트 (KS-K72-8)

### [ 제품구성 ]

- 총 8 세트 (각 세트는 다음 내용물 포함)
- 검정색 디옥시리보오스 당 36개
  - 보라색 리보오스 당 9개
  - 흰색 튜브 36개
  - 하얀색 수소 결합 18개
  - 오렌지색 아데닌 튜브 10개
  - 초록색 티민 튜브 10개
  - 보라색 우라실 튜브 5개
  - 파란색 시토신 튜브 8개
  - 노란색 구아닌 튜브 8개
  - 보라색 tRNA 3개
  - R 그룹을 가진 아미노산 3개
  - 회색 펩티드 결합 튜브 2개
  - 리보솜 1개

학생용 실험보고서 1장  
교사용 지도서 1장

1950년대까지 과학자들은 염색체의 단백질 안에 유전 코드가 들어 있을 것으로 믿었다. 미국의 분자생물학자 제임스 왓슨(James Dewey Watson)은 1953년 F. H. 크릭과 공동 연구로 DNA의 구조에 관하여 2중나선모형을 발표하였다. 단백질은 아미노산으로 이루어져 있듯이 DNA는 일련의 작은 분자로 구성된 하나의 실줄기로 이루어져 있다. DNA는 다양한 뉴클레오티드(Nucleotides)로 구성된다. 뉴클레오티드들은 4가지의 화학 그룹인 아데닌(A), 시토신(C), 구아닌(G), 티민(T)을 실어 나른다. 이 네 종류의 염기로 유전정보를 구성하고 필요한 단백질을 만들어 낸다.

DNA(deoxyribonucleic acid)는 자연에 존재하는 2종류의 핵산 중에서 디옥시리보오스를 가지고 있는 핵산으로 유전자의 본체를 이루며 디옥시리보핵산이라고도 한다. 영국의 세균학자 그리피스가 S형 폐렴균은 생쥐에 폐렴을 일으키고 R형 폐렴균은 감염성을 잃어버린다는 것을 밝혀냈다. 열을 가해 죽인 S형 폐렴균은 생쥐에 주입하였을 경우 감염성이 없었으나, 살아 있는 R형과 열을 가해 죽인 S형 폐렴균을 섞어서 쥐에 주입하였을 경우 폐렴에 감염된다는 것을 발견하여 죽인 S형의 어떤 물질, 즉 '형질전환 물질'이 R형을 S형으로 형질전환시켜서 생쥐가 폐렴에 감염된다는 것을 밝혀냈다.

DNA가 유전정보의 매개체로 작용한다고 하는 실험은 1944년 미국의 에이버리 등에 의해 수행되었다. 에이버리 등은 이러한 그리피스의 실험을 기초로 하여 S형의 DNA가 비감염성 R형의 DNA에 전이되어 감염성

S형으로 형질전환이 된다는 것을 확인하였다.

1950년에 허시와 체이스는 대장균에 감염하는 박테리오파지를 이용한 실험을 통하여 DNA가 유전물질임을 결정적으로 밝혀지게 되었다. 파지는 DNA와 단백질로 이루어진 바이러스로 숙주인 대장균을 감염시켜서 새로운 파지들을 만들어낸다. 이러한 사실을 기초로 허시와 체이스는 2가지 종류의 파지를 준비했다. 한 종류는 방사선 동위원소로 파지의 단백질을 표지하고 다른 종류는 파지의 DNA를 표지했다. 이들 파지를 각각 대장균에 감염시킨 후 방사선 동위원소의 위치를 확인한 결과, 숙주의 체내로 들어가서 새로운 파지를 만드는 유전물질은 DNA임을 확인하였다.

DNA는 거의 모든 생물의 유전물질이지만, 레트로바이러스와 같은 여러 종류의 바이러스들은 유전물질로 DNA 대신 RNA를 갖고 있다.

이 실험키트의 목적은 뉴클레오티드로부터 double helix에 이르기까지 DNA의 구조를 확인하는데 있다. RNA를 다루기 전에 복제, 뉴클레오티드, 단백질 복합의 개념에 대해 학습한다.

DNA를 원본으로 사용하여 RNA를 만드는 과정인 전사(transcription) 과정에 대해서도 학습한다. 전사 과정은 DNA와 RNA 모두 4종류의 염기의 배열로 구성되어 있는데 DNA의 염기 배열을 본 떠 RNA의 염기 배열을 만든다.

### 실험과정

**학생들은 모형을 빌들어 이중 헬릭스를 만든다.**

DNA 복제

뉴클레오티드 18개를 만들고 DNA 사다리를 푼다. 새로운 뉴클레오티드를 채워 오래된 기존의 염기를 대체한다. 그 작업이 끝나면 정확성을 확인하고 새로 만든 뉴클레오티드로부터 단순한 복제 사다리를 만들면 안 된다. 그리고 학생들에게 어떤 사다리가 오래된 사다리인지 묻는다. 학생들이 반반씩 섞여 있기 때문에 어느 것도 오래된 사다리가 아니라고 답변한다면 올바르게 복제한 것이라고 볼 수 있다.

단백질 합성 (파트 2, 학생용 실험보고서 2페이지 참조)

DNA에서 사용되는 당은 디옥시리보오스이다. 그러나 RNA 뉴클레오티드에 들어있는 당은 리보오스이다. 단백질 합성은 각 RNA와 관련된 두 단계로 이루어져 발생한다.

첫 번째 단계는 DNA를 원본으로 사용하여 RNA를 만드는 과정인 전사(transcription)이다. mRNA 뉴클레오티드와 DNA 반 사다리가 결합해 메신저 RNA (mRNA) 분자가 만들어지는데 이것은 복제되어 단백질을 만드는데 사용된다.

리보솜은 단백질 합성이 일어나는 곳이다. 진핵세포(eukaryotic cell, 眞核細胞)에서 mRNA는 "편집과정"을

거친다. 이 과정에서 불필요한 뉴클레오티드(인트론)를 잘라내고 기능을 수행하는 뉴클레오티드(exon)만이 리보솜에 도달한다.

**복제와 전사 과정에는 폴리머라고 불리는 효소가 필요하다.**

mRNA 기초 전이는 특정 단백질 구성에 대한 메시지이다. 이 코드는 세 개의 뉴클레오티드에서 작용한다. mRNA의 3염기 조합은 다른 형태의 RNA (transfer RNA)와 그에 딸린 안티코돈을 끌어들이다. 이 tRNA는 한 개의 특정 아미노를 mRNA가 위치한 장소까지 이끈다.

DNA 3염기조합 생성된 아미노산의 예

DNA 3염기	아미노산
CGA, CCG, CGC	Alanine
GTT, GTC	Glutamine
GTA, GTG	Histadine
TTT, TTC	Lysine
TAC	Methionine or initiation
ACC	Tryptophan
CAA, CAG, CAT	Valine
ATT, ATC, ACT	Termination

이 아미노산은 단백질을 포함하고 있는 음식으로부터 소화 및 흡수 된 후 세포질에서 발견된다.

20가지 기본 아미노산은 각각 아미노 그룹과 산 그룹을 지니고 있다. 가변 구역은 R-그룹이라고 부른다. R-그룹은 단백질 합성 과정에서 tRNA에 붙는다.

아미노산의 예

단백질 합성 번역 (Translation Protein Synthesis)

**실험과정**

mRNA이 리보솜과 결합하면 폴리펩타이드 체인이 생성되기 시작한다. 이들의 변동성에 의해 tRNA 분자는 특정 아미노산의 R-그룹에 붙는다.

학생들은 tRNA 아미노산 복합 구조를 mRNA 위치로 가져간다. 이 과정을 다른 복합구조에 대해서도 반복한다. 학생들은 다음으로 펩타이드 (공유) 결합 (회색 튜브)를 인근의 아미노산 사이에 형성한다. 이것을 탈수합성반응이라고 부른다. 아미노 그룹의 H+와 산 그룹의 OH-가 결합하면 물 분자를 만들어낸다. 새로운 공유 결합 (펩티드 링크)은 아미노 그룹의 N과 산 그룹의 C 사이에 형성된다.

**주의사항**

1. DNA 모형 및 복제에 한 시간, 그리고 RNA - 전사(TRANSCRIPTION) - 번역 (TRANSLATION)에 한 시간을 할애한다.
2. 학생은 단독 또는 2인 1조로 실험 활동한다.
3. 학생들의 책상에 분필로 표시 하는 등의 방법으로 핵이 있는 세포로 의미를 부여하고 실험할 수 있다.

책상 두 개를 한데로 붙이면 하나는 핵이 되고 다른 하나는 리보솜이 들어 있는 세포질이 된다.

4. DNA 모형 : 학생들이 2개의 사다리를 만들어 염기에 꽃지 말고 첫 번째 단계에서 만들어진 뉴클레오티드를 사용한다.
5. 학생들의 DNA 모형을 확인할 때 학생들이 최소한 한 개의 A를 가지고 있게 하여 학생들이 mRNA에서 티민을 우라실로 교체할 수 있도록 한다. 태아가 형성될 때 유전자는 각 부모의 염색체(각 23개)에서 오는데 이것이 조화가 이루어지지 않거나 인산염이 초과된다면 유산이 일어날 수 있다는 것을 알게 된다.
6. DNA 및 mRNA의 모든 코돈 리스트 및 아미노산을 다른 도서들을 참조한다. 아미노산과 그 분자 구조를 수록한 책도 있다.
7. 인접한 아미노산의 결합이 일어나는 과정에서의 탈수합성반응에 대해 강조하고 싶다면 아미노 그룹의 H+가 인접한 산의 OH 과 결합하면서 만들어지는 물 분자를 단추나 동전 등을 이용해 나타낼 수 있다. 지방이나 당류 같은 것들 또한 탈수합성반응에 의해 작은 분자로부터 합성된다는 것을 나타낼 수 있다.

예) 글리세롤 1개 + 지방산 3개 = 지방 분자 1개 + 물 분자 3개

8. 질문 등을 통해 강조할 내용들

- 1) 모태가 되는 DNA 가닥은 단백질 합성 코드로 사용된다. 맞은편 가닥은 새로운 가닥을 복제하는 과정에서 중요한 역할을 한다.
- 2) DNA 가닥 및 mRNA의 코돈은 다른 형태로 동일한 역할을 수행한다.
- 3) RNA에서 발견되는 아데닌과 우라실은 서로 붙게 된다.
- 4) 아미노산은 단백질 음식으로부터 온다. 예) 햄버거의 "소 단백질"은 소화에 의해서 아미노산으로 분해되고 (가수분해 = 물을 넣어 분해함) 번역에 의해 "사람 단백질"이 된다. (탈수합성반응 = 물을 잃어 만들어냄) 만일 학생들이 단백질의 근원으로서 상추나 사과를 제안한다면 세포막과 세포핵에 있는 적은 양의 단백질은 탄수화물이나 음식의 물 속에 들어있는 양에 비교하면 매우 미미하다는 것을 알려준다.

**주요 개념 요약**

1. 생물에 있어서 단백질 합성은 매우 중요한 과정이다.
2. DNA 코드는 3염기라고 불리는 세 개의 뉴클레오티드가 나열되어 표시된다.
3. 전사(transcription)는 메신저 RNA (mRNA)에 코드를 보낸다.
4. mRNA는 세포질에 있는 리보솜에 그 코드를 운반한다.
5. mRNA는 단백질 생산을 위한 형판 또는 패턴으로 작용한다.
6. tRNA는 리보솜의 mRNA 상호보완되는 부위로 아미노산을 운반한다. tRNA 분자에 붙은 아미노산은 자리를 잡게 된다.
7. mRNA가 리보솜을 따라 움직이기 때문에 다음 코돈이 리보솜과 접촉한다. 다음 tRNA는 그 아미노산과 함께 그 자리를 잡는다. 인접한 아미노산들은 펩타이드 결합에 의해 결합된다.
8. 적합한 자리에 있는 아미노산은 단백질 분자를 만들어낸다.

위의 내용을 도식화하면 다음과 같다.



## 질문에 대한 답변

## 1. DNA, RNA의 인산염, 당, 그리고 염기를 구분하라.

- 인산염 - 동일
- 당 - DNA에서는 디옥시리보오스가 발견되며, RNA에서는 리보오스가 발견된다.
- 염기 - DNA에서는 티민이 발견되며, RNA에서는 우라실이 발견된다.

## 2. DNA 분자와 RNA 메신저 분자의 모습을 비교하라.

- DNA는 뉴클레오티드 두 가닥이 사다리 모양을 이룬다.
- mRNA는 뉴클레오티드 한 가닥으로 DNA에 비해 훨씬 짧다.

## 3. 전사 과정에서 무엇이 생산되는가?

메신저 RNA

## 4. 번역 과정에서 무엇이 생산되는가?

단백질 분자 (또는 아미노산 체인이나 폴리펩타이드)

## 5. DNA 3염기 코드가 TAC라면 mRNA의 코드는 무엇인가?

AUG

## 6. mRNA의 코돈이 AUG, GGU, CAG라면 운반 RNA의 3염기 코드는 어디에 붙겠는가?

UAC, CCA, GUC

## 7. 공장과 세포를 비유로 든다면, DNA가 감독관이고 mRNA는 조립 라인(리보솜)에 내리는 주문서라면

tRNA의 역할은 무엇인가?

조립공정에 필요한 운반인력, 조립인력을 동원하는 것이다.

## 8. 세포질의 아미노산은 어디에서 나오는 것인가?

우유, 계란, 고기 등과 같은 음식에서 나온다.

## 9. DNA 분석 결과 20%의 아데닌 염기를 보였다면 티민, 시토신, 구아닌, 우라실의 백분율은 무엇인가?

T = 20%      G = 30%

C = 30%      U = 0% (DNA에는 우라실이 없다)

## 10. 다음을 크기에 따라 정렬하라.

유전자, 세포, 크로모좀, 원자, 핵, 염기하부단위(base subunit), 뉴클레오티드

atom, base subunit, nucleotide, gene, chromosome, nucleus, cell

## 11. 생물체에서 단백질의 주요한 두 가지 쓰임새는 무엇인가?

- 털, 세포막과 같은 구조적 성분
- 효소, 호르몬과 같은 기능성 분자

## 12. CAC가 CTC가 되는 것처럼 세 쌍 염기의 돌연변이는 어떤 결과를 가져오는가?

- 다른 아미노산은 단백질로 만들어지고 번역된 구조나 기능을 야기시킬 수 있다. 이것이 겸상적혈구빈혈증 (sickle-cell anemia, 鎌狀赤血球貧血)에서 번역된 헤모글로빈을 만들어내는 돌연변이다.

이 실험서는 (주)한국과학에 의해 작성되었으며 저작권법에 의해 보호를 받습니다. 무단복제를 금하며, 무단 복제 및 배포 시 저작권법에 의해 처벌 받을 수 있습니다.