

¹1993년 노벨 화학상은 중합 효소 연쇄 반응(PCR)을 개발한 멀리스에게 수여된다. ²염기 서열을 아는 DNA가 한 분자라도 있으면 이를 다량으로 증폭할 수 있는 길을 열었기 때문이다. ³PCR는 주형 DNA, 프라이머, DNA 중합 효소, 4종의 뉴클레오타이드가 필요하다. ⁴주형 DNA란 시료로부터 추출하여 PCR에서 DNA 증폭의 바탕이 되는 이중 가닥 DNA를 말하며, 주형 DNA에서 증폭하고자 하는 부위를 표적 DNA라 한다. ⁵프라이머는 표적 DNA의 일부분과 동일한 염기 서열로 이루어진 짧은 단일 가닥 DNA로, 2종의 프라이머가 표적 DNA의 시작과 끝에 각각 결합한다. ⁶DNA 중합 효소는 DNA를 복제하는데, 단일 가닥 DNA의 각 염기 서열에 대응하는 뉴클레오타이드를 순서대로 결합시켜 이중 가닥 DNA를 생성한다.

⁷PCR 과정은 우선 열을 가해 이중 가닥의 DNA를 2개의 단일 가닥으로 분리하는 것으로 시작한다. ⁸이후 각각의 단일 가닥 DNA에 프라이머가 결합하면, DNA 중합 효소에 의해 복제되어 2개의 이중 가닥 DNA가 생긴다. ⁹일정한 시간 동안 진행되는 이러한 DNA 복제 과정이 한 사이클을 이루며, 사이클마다 표적 DNA의 양은 2배씩 증가한다. ¹⁰그리고 DNA의 양이 더 이상 증폭되지 않을 정도로 충분히 사이클을 수행한 후 PCR를 종료한다. ¹¹전통적인 PCR는 PCR의 최종 산물에 형광 물질을 결합시켜 발색을 통해 표적 DNA의 증폭 여부를 확인한다.

¹²PCR는 시료의 표적 DNA 양도 알 수 있는 실시간 PCR라는 획기적인 개발로 이어졌다. ¹³실시간 PCR는 전통적인 PCR와 동일하게 PCR를 실시하지만, 사이클마다 발색 반응이 일어나도록 하여 누적되는 발색을 통해 표적 DNA의 증폭을 실시간으로 확인할 수 있다. ¹⁴이를 위해 실시간 PCR에서는 PCR 과정에 발색 물질이 추가로 필요한데, ‘이중 가닥 DNA 특이 염료’ 또는 ‘형광 표식 탐침’이 이에 이용된다. ¹⁵㉠ 이중 가닥 DNA 특이 염료는 이중 가닥 DNA에 결합하여 발색하는 형광 물질로, 새로 생성된 이중 가닥 표적 DNA에 결합하여 발색하므로 표적 DNA의 증폭을 알 수 있게 한다. ¹⁶다만, 이중 가닥 DNA 특이 염료는 모든 이중 가닥 DNA에 결합할 수 있기 때문에 2개의 프라이머끼리 결합하여 이중 가닥의 이합체(二合體)를 형성한 경우에는 이와 결합하여 의도치 않은 발색이 일어난다.

¹⁷㉡ 형광 표식 탐침은 형광 물질과 이 형광 물질을 억제하는 소광 물질이 붙어 있는 단일 가닥 DNA 단편으로, 표적 DNA에서 프라이머가 결합하지 않는 부위에 특이적으로 결합하도록 설계된다. ¹⁸PCR 과정에서 이중 가닥 DNA가 단일 가닥으로 되면, 형광 표식 탐침은 프라이머와 마찬가지로 표적 DNA에 결합한다. ¹⁹이후 DNA 중합 효소에 의해 이중 가닥 DNA가 형성되는 과정 중에 탐침은 표적 DNA와의 결합이 끊어지고 분해된다. ²⁰탐침이 분해되어 형광 물질과 소광 물질의 분리가 일어나면 비로소 형광 물질이 발색되며, 이로써 표적 DNA가 증폭되었음을 알 수 있

일단 지문을 딱 봐도 정보량이 만만치 않아 보였습니다. 용어들을 힐끗 보니 생물 지문인거 같기도 하고...일단 한번 심호흡하고 스타트!!! 과학 기술 지문의 기본은 잊지 마십시오.

- ① 전반부 < 후반부
- ② 비례 상관관계 문장들은 일단 선(先)check
- ③ 언어 반대쌍들은 놓치지 않기
- ④ 요즘 과학 기술에선 정보 병렬이 꽤 많으므로, 범주를 나누어주면 반드시 인식하기...



1단락

일단 지문에 밑줄 ㉠, ㉡이 있으므로 ㉠ vs ㉡인가? 라는 가설을 세우고 들어갑니다.

PCR 제시 : DNA 한 분자라도 있으면 증폭 어저구저저 구...

주형 DNA, 프라이머, DNA 중합 효소, 4종의 뉴클레오타이드가 필요하다고 제시한 후 차례대로 설명하고 있다.

1단락에서부터 정보량이 쏟아지고 있는데, 어차피 중요한 건 후반부라고 생각하고 쫓지 말고 가볍게 읽으면서 용어들의 위치 파악을 해줍니다. 그 와중에 제 눈에 띈 건 ‘단일 가닥 vs 이중 가닥’의 반복이어서 가볍게 분류하면서 읽었습니다.

주형 DNA에서 증폭하고자 하는 부위를 표적 DNA라 하고, 프라이머는 표적 DNA의 일부분과 동일합니다.

=> 표적 DNA < 주형 DNA, 프라이머 < 표적 DNA

단일 가닥 DNA	이중 가닥 DNA
프라이머	주형 DNA, 표적 DNA (<주형DNA)



2단락

당연히 ‘과정’이라는 용어가 눈에 띄었어야 합니다. 각각의 단계를 잘 체크할 수도 있었으나, 아직 전반부이므로 나중에 문제 풀 때 되돌아 올 생각으로 속도를 냈습니다.

열을 가한다...2개의 이중 가닥 DNA가 생긴다...사이클마다 표적 DNA의 양이 2배씩 증가...발색을 통해 표적 DNA의 증폭 여부를 확인한다...요 정도 내용은 가볍게 체크!

2단락에서 설명할 때 1단락에 등장한 개념어들이 사용되고 있는데, 중간중간 1단락으로 가서 눈으로 한 번씩 확인해 줘도 좋습니다. 그런데 이러면 시간이 많이 걸리죠ㅜㅜ

11번 문장에서 ‘전통적인 PCR’이라는 용어가 등장하는데, 뒤에서 최근 꺼와 대조되려나? 정도의 생각을 합니다.

1,2 단락에서 중요한 건 ① 일단 용어들에 쫓지 않기 + ② 단계 체크 + ③ 전통적 PCR 부분 유의하기 + ④ 아직은 전반부이므로 대범하게 가기..이 정도가 아닐까 싶습니다.



3단락

아니나 다를까 최근의 실시간 PCR이 등장...바로 전통적 PCR과의 차이점 체크에 들어갑니다. 『실시간 PCR vs 전통적인 PCR』

⇨ 차이점 → 사이클마다 발색 반응, 증폭 여부 확인을 하는 횟수가 다름.

⇨ 공통점 → PCR 과정(공통점 중요합니다!!)

14번 문장에서 실시간 PCR에서 추가적인 발색 물질이 필요하다는데 그게 공교롭게 두 개가 나옵니다. 이제 ㉠ vs ㉡이 거의 확실해졌으니 쫄지 말고 양자 간의 차이점을 잘 체크하겠다는 마음가짐으로 계속 독해합니다. 지금부터가 중요하죠.

『㉠ 이중 가닥 DNA 특이 염료 vs ㉡ 형광 표식 탐침』

㉠ 이중 가닥 DNA 특이 염료 = 형광물질
 결합 : 새로 생성된 이중 가닥 표적 DNA에 결합
 발색 : 결합하자마자 발색
 단점 : 표적 DNA가 아닌 이합체에 붙어 의도하지 않은 발색 (이합체, 수식어를 이용하여 정의하고 있는데.. 위치 체크 정도만)

※ 바로 위에 언급한 결합 / 발색 / 단점은 다음 4단락에서 제시되는 형광 표식 탐침 내용을 본 후 비교 포인트들을 정리한 것입니다.

실전에서 A vs B가 너무나 확실할 때 한번 가볍게 훑고 비교 대조 포인트들을 돌아와서 다시 체크해주는 것도 괜찮은 방법입니다.



4단락

㉡ 형광 표식 탐침 = 형광물질 + 단일 가닥 DNA(소광물질)
 결합 : 표적 DNA 중 프라이머가 결합하지 않는 부위
 발색 : 탐침이 분해되어 형광, 소광 물질이 분리되면 발색 (→ ㉠ : 결합하면서 발색 vs ㉡ : 분리되면서 발색..이건 절대 놓치지 않았습시다!)

=> 결합과 발색 타이밍을 PCR 과정과 연결 짓는 것도 특이한데, 시간 순서이니 염두는 해주시길.

장점 : 표적 DNA에 특이적으로 결합
 단점 : 비용 비쌘



5단락

과학 기술 지문일수록 후반부에 집중해야 하는데, [A]로 엮여져 있으니 당연히 긴장하고 들어갑니다.

일단 시작하자마자 비례·상관관계가 등장하므로 반드시 체크!

- ◆ 발색도 ∝ 증폭된 이중 가닥 표적 DNA 양
- ◆ 표적 DNA 초기 양이 일정 수준의 발색도 도달하는데 필요한 사이클을 결정
- ◆ 표적 DNA 검출 판단 가능할 정도 : Ct 값
- ◆ 미지 시료의 Ct 값과 표준 시료의 Ct값 비교 어찌고저 찌고...

뭔가 느낌이...독립된 것처럼 보이는 비례 · 상관 및 정의 문장을 몇 개 던져주면서 이들의 관계는 아무 설명도 없이 넘어갑니다. 문제로 100% 틀 것 같은데 약간 불안하기도 합니다. 일단 불안함은 접어두고 관련 문제 풀 때 되돌아오는 걸로 합시다.

(→ 2021학년도 수능 기술 지문의 36번 문항, 2019학년도 뉴턴지문 31번도 이와 맥을 같이 합니다. 저도 풀 때 아주 유사한 느낌이..)



6단락

실시간 PCR : 감염 여부 초기에 정확하고 빠르게 진단 가능

(∵ ‘실시간’이니까!) 이는 전통 PCR과의 차이점을 보여준다고 볼 수 있습니다.

다. ²¹형광 표식 탐침은 표적 DNA에 특이적으로 결합하는 장점을 지나 상대적으로 비용이 비싸다.

[A] ²²실시간 PCR에서 발색도는 증폭된 이중 가닥 표적 DNA의 양에 비례하며, 일정 수준의 발색도에 도달하는 데 필요한 사이클은 표적 DNA의 초기 양에 따라 달라진다. ²³사이클의 진행에 따른 발색도의 변화가 연속적인 선으로 표시되며, 표적 DNA를 검출했다고 판단하는 발색도에 도달하는 데 소요된 사이클을 Ct값이라 한다. ²⁴표적 DNA의 농도를 알지 못하는 미지 시료의 Ct값과 표적 DNA의 농도를 알고 있는 표준 시료의 Ct값을 비교하면 미지 시료에 포함된 표적 DNA의 농도를 계산할 수 있다.

²⁵PCR는 시료로부터 얻은 DNA를 가지고 유전자 복제, 유전병 진단, 친자 감별, 암 및 감염성 질병 진단 등에 광범위하게 활용된다. ²⁶특히 실시간 PCR를 이용하면 바이러스의 감염 여부를 초기에 정확하고 빠르게 진단할 수 있다.