출제예상주제: PCR

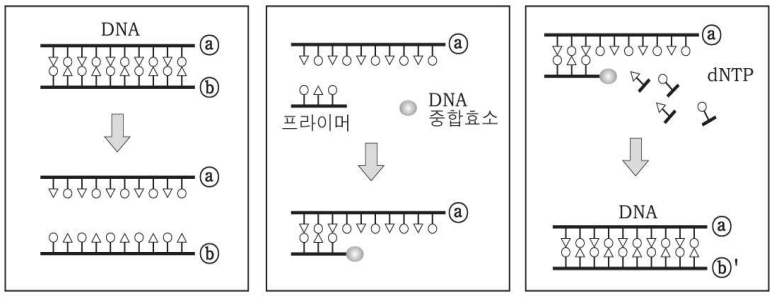
[47~50] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.[2011학년도 11월 고2 전국연합학력평가]

오늘날에는 소량의 혈액이나 머리카락 하나로도 친자를 구별하고 범인을 잡을 수 있게 되었다. 그것은 사람마다 타인과 구별되는 유전자 지문을 가지고 있기 때문이다. 그런데, 소량의 혈액이나 머리카락 하나에 담긴 DNA의 양은 매우 적으므로 유전자 지문을 분석하기가 어렵다. 이럴 경우 '중합효소 연쇄반응'을 이용하면 필요한 DNA를 다량으로 얻을 수 있다. 중합효소 연쇄반응이란 'DNA 중합효소'라는 촉매*를 통해 DNA를 짧은 시간에 다량으로 복제하는 방법이다.

DNA는 두 개의 긴 가닥이 사다리모양으로 얽혀있는 구조로 되어 있는데, 그 내부에는 '아데닌, 구아닌, 시토신, 티민'의 네 종류 염기들이 짝을 이루어 결합되어 있다. 이 때 아데닌은 구아닌과, 시토신은 티민과만 결합하는데 이러한 염기의 결합을 상보적 결합이라고 한다. 중합효소 연쇄반응은 이러한 결합의 속성을 활용하여 DNA를 복제하는 것이다.

중합효소 연쇄반응을 위해서는 미리 ㉠'프라이머'와 많은 양의 ㉡'dNTP'를 준비해야 한다. 프라이머란 '복제하고자 하는 DNA'의 일부와 상보적 염기서열을 가진 짧은 DNA 조각인데, 중합효소 연쇄반응 시 복제하고자 하는 DNA와 결합하여 DNA 복제의 시작점이 된다. 또한 dNTP는 염기를 포함하고 있으며 DNA를 구성할 수 있는 재료가 되어, 짧은 조각에 불과했던 프라이머에 순차적으로 붙어서 한 가닥 DNA가 된다.

중합효소 연쇄반응을 시작하려면 먼저 복제하고자 하는 DNA와 프라이머, dNTP, DNA 중합효소 등을 시험관에 담는다. 이후의 과정은 아래의 그림과 같이 3단계로 진행된다.



[1단계] [2단계] [3단계]

1단계에서는 시험관에 95~97℃의 열을 가하여 복제하고자 하는 DNA를 두 가닥으로 분리한다. 2단계에서는 온도를 50~60℃로 낮추어 1단계에서 분리된 한 쪽의 DNA 가닥(ⓐ)이 이것의 일부와 상보적인 염기서열을 가진 프라이머와 결합하도록 한다. 이어서 DNA 중합효소가 프라이머에 붙으면서 DNA 복제를 준비한다. 3단계에서는 온도를 다시 70~72℃ 정도로 높여 ㉢DNA 중합효소를 활성화시킨다. DNA 중합효소는 복제하고자 하는 DNA의 염기서열을 읽은 후, 이와 상보적인 염기를 지닌 dNTP와 프라이머의 결합을 촉진시킨다. 이를 통해 프라이머의 끝부분에서부터 dNTP의 결합이 순차적으로 ㉮일어나 또 하나의 DNA 가닥(ⓑ')이 만들어짐으로써 DNA의 복제가 완성된다. 이와 같은 과정이 반복될 때마다 복제하고자 하는 한 개의 DNA는 2^1, 2^2, 2^3……2^n개가 되므로 다량의 DNA를 손쉽게 얻을 수 있게 되는 것이다.

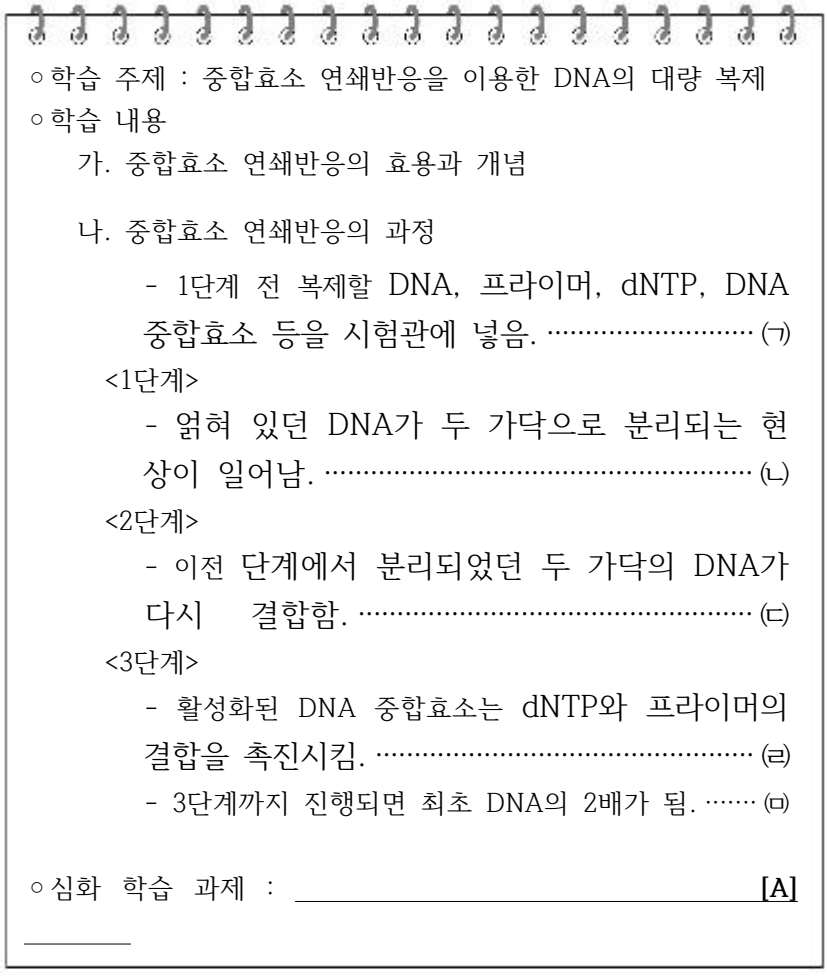
이와 같이 필요한 DNA를 짧은 시간에 다량으로 복제할 수 있는 중합효소 연쇄반응은 의료, 범죄 수사, 분자 생물학 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

* 촉매 : 다른 물질의 화학 반응을 매개하여 반응 속도를 빠르게 하는 물질.

47. ㉠~㉢에 대한 설명으로 적절한 것은?

	㉠	㉡	㉢
①	복제의 대상	복제의 시작점	반응 촉진 물질
②	복제의 대상	DNA의 재료	복제의 완결점
③	복제의 시작점	DNA의 재료	반응 촉진 물질
④	복제의 시작점	반응 촉진 물질	복제의 완결점
⑤	복제의 완결점	복제의 대상	DNA의 재료

[48 ~ 49] 위 글을 읽은 학생이 다음과 같이 과학 노트를 정리하였다. 48번과 49번의 두 물음에 답하시오.



○학습 주제 : 중합효소 연쇄반응을 이용한 DNA의 대량 복제
○학습 내용
가. 중합효소 연쇄반응의 효용과 개념

나. 중합효소 연쇄반응의 과정

- 1단계 전 복제할 DNA, 프라이머, dNTP, DNA 중합효소 등을 시험관에 넣음. ····· ㈀

<1단계>

- 얽혀 있던 DNA가 두 가닥으로 분리되는 현상이 일어남. ····· ㈁

<2단계>

- 이전 단계에서 분리되었던 두 가닥의 DNA가 다시 결합함. ····· ㈂

<3단계>

- 활성화된 DNA 중합효소는 dNTP와 프라이머의 결합을 촉진시킴. ····· ㈃
- 3단계까지 진행되면 최초 DNA의 2배가 됨. ····· ㈄

○심화 학습 과제 : _____ **[A]**

48. ㈀~㈄ 중 적절하지 않은 것은?
① ㈀ ② ㈁ ③ ㈂ ④ ㈃ ⑤ ㈄

출제예상주제: PCR

49. [A]에 들어갈 내용으로 적절한 것은?
① DNA의 아데닌은 어떤 염기와 결합할까?
② DNA의 내부는 몇 종류의 염기로 구성되어 있을까?
③ DNA 중합효소를 활성화시키기 위한 온도는 몇 도 정도일까?
④ 중합효소 연쇄반응에 걸리는 시간은 구체적으로 얼마나 될까?
⑤ 분리된 한 쪽의 DNA 가닥과 프라이머 중 길이가 긴 것은 무엇일까?

50. ㉮와 유사한 의미로 사용된 것은? [1점]
① 그녀는 어제 아침 일찍 일어났다.
② 그는 일 년이 지나서야 병상에서 일어났다.
③ 그녀는 화가 나서 의자를 박차고 일어났다.
④ 그 증상은 불규칙한 생활로 인해 일어났다.
⑤ 아버지 대에 이르러 그의 집은 크게 일어났다.

[20~21] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오. 2015학년도 9월 고1 전국연합학력평가

질병 진단을 위하여 혈액에서 얻은 소량의 DNA, 박테리아나 바이러스 DNA 등의 분석을 위해서는 DNA의 양을 증폭시킬 필요가 있다. 이와 같은 목적으로 DNA 양을 증폭시키는 방법이 PCR(중합 효소 연쇄 반응)이다. 캐리 멀리스에 의해 처음 이론적으로 완성된 이 방법은 3단계로 정리될 수 있다.

우선 첫째 단계는 이중나선 구조가 풀리는 단계로 이 단계를 위해서는 섭씨 95도 정도의 높은 온도를 이용한다. DNA 이중나선 구조는 단순히 온도만 올림으로써 풀어지는데, 이를 DNA의 변성이라고 부른다.

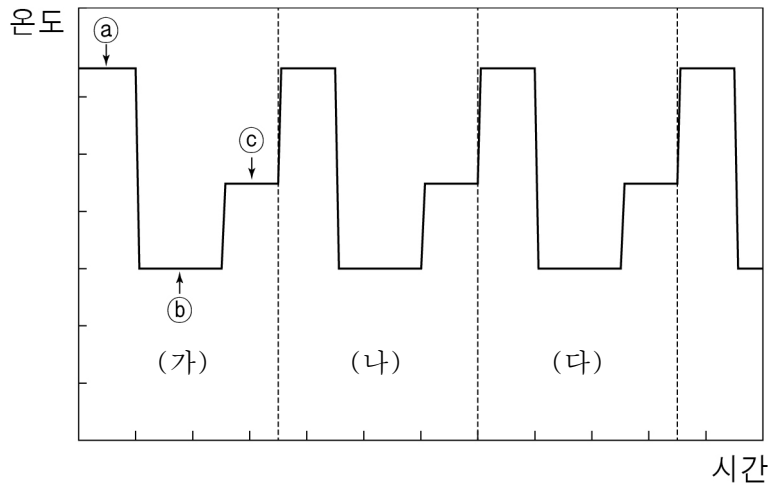
둘째 단계는 원본 가닥에 프라이머*가 붙는 단계로 이 단계를 위해서는 시발체인 프라이머 가닥들을 첨가하고 온도를 섭씨 54도 정도로 낮춘다. 프라이머 가닥들은 원본 DNA 가닥 끝에 결합하도록 염기 서열을 디자인하여 실험 전에 미리 제조하여 놓았기 때문에, 단순히 온도만 낮춰도 원본 DNA 가닥의 끝 부분에 가서 붙게 된다.

셋째 단계는 DNA 중합 효소가 염기들을 원본 가닥에 붙여 나가는 단계인데, 이 단계를 위해서는 DNA 중합 효소와 DNA의 4가지 구성 요소(A, T, G, C)가 포함된 뉴클레오티드 용액을 첨가하고, DNA 중합 효소가 염기들을 원본 DNA 가닥에 붙여 나가기에 적합하도록 온도를 섭씨 74도 정도로 올린다.

이와 같이 온도를 올리고 내리고 다시 올리는 3단계를 한 주기로 반복하도록 고안한 방법이 PCR이다. 이와 같은 과정을 거치면서 DNA 가닥의 수는 매 주기마다 두 배씩 증폭하게 된다.

*프라이머: 어느 종(種)이 효소 반응에서 반응 개시의 계기를 만드는 작용이 있는 물질

<보 기>



[PCR 증폭 단계]

20. 윗글을 바탕으로 <보기>의 ⓐ~ⓒ에 대해 이해한 것으로 적절하지 않은 것은?

① ⓐ는 DNA 이중나선 구조가 풀어지는 단계로 온도는 섭씨 95도가 되겠군.
② ⓑ에서 사용하게 될 시발체는 실험을 시작하기 전에 미리 만들어 놓아야겠군.
③ ⓑ에서 온도를 섭씨 54도로 낮추는 이유는 프라이머 가닥들이 원본 DNA 가닥 끝에 결합하게 하기 위해서군.
④ ⓒ에서는 ⓑ가 끝난 후 어떤 물질도 첨가하지 않고 온도를 높여주면 DNA 복제가 자연스럽게 일어나겠군.
⑤ ⓐ→ⓑ→ⓒ가 완료되는 것이 중합 효소 연쇄 반응의 한 주기로군.

21. 윗글을 참고할 때 <보기>의 (가)에서 (다)까지의 과정이 모두 완료되었다면, DNA 가닥 수는 몇 배로 증폭되는가?

① 2 ② 6 ③ 8 ④ 12 ⑤ 16

출제예상주제: PCR

[교육청 해설]

47. [출제의도] 글의 중요 개념 이해하기
3문단에서 프라이머가 중합효소 연쇄반응 시 복제하고자하는 DNA와 결합하여 DNA복제의 시작점이 된다는 내용, 4문단에서 dNTP는 염기를 포함하고 있으며 DNA를 구성할 수 있는 재료가 된다는 내용, 5문단에서 DNA 중합효소는 DNA의 염기서열을 읽은 후, 이와 상보적인 염기를 지닌 dNTP와 프라이머의 결합을 촉진시킨다는 내용을 통해 ㉠은 '복제의 시작점', ㉡은 'DNA의 재료', ㉢은 '반응 촉진 물질'임을 확인할 수 있다.

48. [출제의도] 글의 세부 내용 파악하기
2단계에서는 이전 단계에서 분리된 한 가닥 DNA와 프라이머가 결합한 후 DNA 중합효소가 프라이머에 붙으면서 복제를 준비한다. 이전 단계에서 분리되었던 두 가닥의 DNA가 다시 결합한다는 진술은 적절하지 않다.

49. [출제의도] 심화 과제 설정하기
중합효소 연쇄반응이란 DNA 중합효소라는 촉매를 통해 DNA를 짧은 시간에 다량으로 복제하는 방법이라고 했으나, 얼마나 짧은 시간인지 구체적으로 제시되어 있지 않으므로 중합효소 연쇄반응에 걸리는 구체적인 시간을 알아보는 것은 심화학습 과제로 적절하다고 할 수 있다. ① 2문단에서 아데닌은 구아닌과 결합함을 알 수 있다. ② 2문단에서 네 가지의 염기가 DNA 내부를 구성하고 있음을 알 수 있다. ③ 5문단에서 DNA 중합효소를 활성화시키기 위한 온도는 70~72℃임을 알 수 있다. ⑤ 3문단과 5문단의 내용을 통해 프라이머에 dNTP가 결합하여 또 하나의 DNA 가닥을 완성하게 됨을 알 수 있다. 따라서 프라이머의 길이는 복제 대상 DNA의 길이보다 짧다는 것을 파악할 수 있다.

50. [출제의도] 단어의 의미 파악하기
㉮는 '자연이나 인간 따위에게 어떤 현상이 발생하다.'라는 의미로 사용되었고, '그 증상은 불규칙한 생활로 인해 일어났다.'의 '일어났다' 역시 불규칙한 생활이 원인이 되어 어떤 증상이 발생했다는 의미이므로 ㉮의 의미와 가장 유사하다.

20. [출제의도] 도식화 자료를 통해 이해하기
ⓒ는 PCR 증폭 단계의 셋째 단계로, DNA 중합 효소와 뉴클레오티드 용액을 첨가하고 온도를 섭씨 74도 정도로 올려야 한다. 그런데 선택지에서는 어떤 물질도 첨가하지 않는다고 했으므로 잘못된 설명이다.

21. [출제의도] 핵심 내용 적용하기
지문의 마지막 단락에서 DNA 가닥의 수는 매 주기마다 두 배씩 증폭된다고 했으므로 3번의 주기가 반복되면 DNA 가닥 수는 8배로 증폭된다.