

서울특별시교육청 수학·과학과 우수교사 위탁특별연수  
**개인 연구 보고서**

- 개발년도 2008년
- 과 목 생 물
- 제 목 미국 국립생물정보센터(National Center for Biotechnology Information) 사이트를 활용한 고등학교 심화 선택 생물 수업 모듈의 개발 및 적용(호소의 구조 관련 학습을 중심으로)
- 개발자 우 정 임 (수도여자고등학교)

이 자료는 서울대학교 교육종합연구원 과학교육연구소가 서울특별시교육청으로부터 위탁받아 진행하고 있는 「수학과학과 우수교사 위탁특별연수」 사업에서 개발되었습니다.



서울대학교 교육종합연구원 과학교육연구소

Seoul National University Center of Education Research Science Education Research Institute

2008학년도 수학·과학과 우수교사 위탁특별연수  
개인 연구 보고서



미국 국립생물정보센터(National Center for  
Biotechnology Information) 사이트를 활용한  
고등학교 심화 선택 생물 수업 모듈의 개발 및 적용  
(효소의 구조 관련 학습을 중심으로)



지도교수 이 준 규

2008년 8월

수도여자고등학교 우 정 임



2008학년도 수학·과학과 우수교사 위탁특별연수  
개인 연구 보고서



미국 국립생물정보센터(National Center for  
Biotechnology Information) 사이트를 활용한  
고등학교 심화 선택 생물 수업 모듈의 개발 및 적용  
(효소의 구조 관련 학습을 중심으로)

지도교수 이 준 규

2008년 8월



수도여자고등학교 우 정 임

지 도 교 수 이 준 규 (인)

서울대학교 과학교육연구소장 김 찬 종 (인)

서울대학교 교육종합연구소장 이 경 식 (인)





서울대학교  
교육종합연구원  
과학교육연구소

## <차 례>

I. 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구 문제	3
3. 연구의 제한점	3
4. 용어의 정의	4
II. 이론적 배경 및 선행 연구	6
1. 현대의 생명 현상을 규명하기 위한 방법과 유전체 사업	6
2. 미국 국립생물정보센터(NCBI)와 NCBI 활용 수업	9
3. 웹기반 교수-학습(Web-Based Instruction, WBI)	15
4. 효소의 구조에 대한 학생들의 개념	17
III. 연구 방법	19
1. 연구 대상	19
2. 연구 절차	19
3. 측정 도구	21
4. 자료 분석 방법	22
IV. 연구 결과 및 논의	23
1. NCBI를 활용할 수 있는 심화 선택 생물 학습 내용 분석	23
2. NCBI를 활용한 고등학교 심화 선택 생물 수업 모듈의 개발	33
3. NCBI를 활용한 고등학교 심화 선택 생물 수업 모듈의 적용 결과	40
V. 결론	51
VI. 참고 문헌	53
국문 요약	56
부록	58
약력	85



서울대학교  
교육종합연구원  
과학교육연구소



서울대학교  
교육종합연구원  
과학교육연구소



# I. 서론

## 1. 연구의 필요성 및 목적

현대 생물학의 발달은 생명 현상을 분자 수준까지 밝혀낼 수 있게 되었다. 특히 2003년에는 인간 유전체 서열 연구에 참가한 6개국에 의해서 인간의 유전체 서열이 밝혀졌다고 발표 되었고(Francis 외, 2003), 따라서 다른 생명체의 게놈분석도 쉽게 이루어져 DNA의 염기서열 정보뿐 아니라 생체를 구성하는 분자 수준 물질의 구조와 기능에 대해서 많은 정보를 가질 수 있게 되었다.

현대 생물학의 발달과 더불어 학교 교육과정에서도 분자 수준의 학습 내용을 많이 포함하게 되었다. 우리나라 인문계 고등학교에서는 생물Ⅱ 선택과정의 교과서에서 분자 수준의 학습 내용을 많이 다루고 있다(정화숙 외, 2004). 하지만 교과서에 포함된 분자생물학 관련 학습 내용은 빠르게 발전하는 생물학에 비해서 그 내용을 충분히 담고 있지 못하며 교과서에 포함되어 있는 내용도 학생들은 어려워하여 종종 과학적 개념을 획득하는데 실패하거나 심지어 생물 과목에 대한 흥미를 잃어버리기도 한다. 특히, 효소, 막단백질, 핵산 등 분자 수준의 생체 물질이 관여하는 생명 현상은 미시적이고 추상적인 개념으로서 학생들이 이해하지 못 하거나 잘 못 이해해서 종종 오개념을 형성하게 된다. 이러한 오개념을 개선하기 위해서는 탐구실험이 이루어지는 것이 효과적이나 간단한 분자생물학 실험을 하기에다 현실적이지 않은 너무 비싼 실험 기구, 복잡한 실험 기구의 활용 능력 부족, 대학 입시로 인한 시간적 부담감 등의 이유로 이루어지기 힘든 실정이다. 그래서 교사들은 비유와 모형을 이용하거나(이성조, 2002), 컴퓨터 코스웨어 자료 개발(이미숙, 2001) 등의 다양한 학습 자료를 통하여 오개념을 개선하고 정확한 과학적 개념 형성과 더불어 생물학에 대한 관심을 높이고자 노력하고 있다. 하지만 눈으로 볼 수 없는 분자 수준의 미시적인 현상을 언어적인 비유나 거시적인 다른 모형으로 학습하거나 교과서와 크게 다를 바 없는 실험 내용과 결과를 나열한 컴퓨터 프로그램(김일중과 김재현, 1998)으로 학습하는 것은 실제 일어나고 있는 생명 현상



에 대한 왜곡과 생명 현상에 대한 단순한 결과 위주의 이해만 이루어질 수밖에 없다.

미국 국립생물정보센터(National Center for Biotechnology Information, 이하 NCBI)는 학술 자료 및 연구 논문, 핵산 및 단백질 데이터베이스 등 생물학에 대한 다양한 정보가 담겨 있고 손쉽게 공유가 가능한 인터넷 사이트로서 많은 과학자들이 연구에 필요한 자료를 검색하는 곳이다. NCBI의 물질의 3D 영상, 단백질과 핵산의 데이터베이스, 유전자 지도, BLAST 프로그램 등으로 분자 수준의 물질을 실체에 가까운 모형으로 입체적이고 시각적으로 관찰하거나 간단한 프로그램을 이용하여 그 구성 물질을 분석하거나 비교할 수 있다. 미시적인 생체 물질을 확인할 수 없어서 생긴 학생들의 오개념은 실체에 가까운 모습을 관찰하거나 조사하는 학습 활동으로 개선이 이루어질 수 있을 것이다. 현재 학교에는 사양이 좋은 컴퓨터가 보급되어 교실에서 인터넷 접속이 원만하므로 NCBI를 수업에 활용하는 것은 그리 어려운 일이 아니다. 또한, 인터넷이 가능한 곳이면 시간과 공간에 제약을 받지 않고서 NCBI의 정보를 활용할 수 있으며 무엇보다 NCBI의 정보가 방대하여 학생들이 학습하기 원하는 내용을 자유롭게 찾아 볼 수 있으므로 자기주도적 학습의 활용도가 크다고 할 수 있다.

이에 본 연구자는 고등학교 심화 선택 과정 생물 수업에서 NCBI의 정보를 활용하는 것이 효과적인 것인가를 살피기 위해 NCBI의 데이터베이스와 프로그램을 활용하여 생물Ⅱ 과목의 효소의 구조와 관련된 수업 모듈을 개발하였으며, 개발한 수업 모듈을 인문계 고등학교 학생들에게 적용하여 과학적 개념의 변화, 생물에 대한 관심과 흥미의 변화, NCBI의 활용성과 효과에 대해서 살펴보았다.





## 2. 연구 문제

본 연구는 인문계 고등학교 심화 선택 과정의 생물 수업에서 분자 수준의 물질에 대한 개념을 설명하기 위하여 NCBI 인터넷 사이트의 정보가 활용될 수 있는지를 살피고자 하는 것이다.

본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 고등학교 생물 심화 선택 과정의 교과서를 분석하여 NCBI의 정보를 활용할 수 있는 학습 내용을 조사한다.

둘째, NCBI의 데이터베이스와 프로그램을 활용하여 효소의 구조와 관련된 개념을 학습할 수 있는 수업 모듈을 개발한다.

셋째, 개발한 수업자료를 고등학교 2학년 학생들에게 적용하여 학생들의 효소의 구조와 관련된 과학적 개념의 변화, 생물 과목과 생명 현상에 대한 관심과 흥미의 변화, NCBI의 활용성과 효과에 대해서 알아본다.



## 3. 연구의 제한점

본 연구는 연구 결과에 있어서 다음의 제한점을 갖는다.

1) NCBI의 정보를 활용할 수 있는 학습 내용을 살피기 위하여 분석한 교과서는 이상인 외 (2007) '고등학교 생물 I'과 '고등학교 생물 II'로서 검인된 생물 교과서 전체에 대한 내용으로 보기에 제한점이 있다.

2) 연구의 대상은 서울 소재 인문계 여자 고등학교 2학년 학생 37명으로서 전체 인문계 고등학교 생물 선택 과정 이수 학생에 대한 연구의 결과로 보기에 제한점이 있다.

3) 연구의 결과는 개발한 수업 모듈을 적용한 학생 37명에 대한 것으로 수업을 처치하지 않은 통제 그룹을 지정하지 않아 신뢰도에서 제한점이 있다.



## 4. 용어의 정의

본 연구에 사용한 대표적인 용어의 정의는 다음과 같다.

### (1) 활동지1, 활동지2

‘활동지1’은 ‘효소에 대해서 알아보자’의 주제 하에 효소의 활성 부위, 효소와 기질의 반응, 효소의 보조 인자, 효소의 저해제, 효소의 최적 온도와 최적 pH 등의 개념 획득을 학습 목표로 하는 것으로서 1차시(50분) 분량의 수업 자료이다. ‘활동지2’는 ‘효소와 효소의 전구체를 비교하자’의 주제 하에 효소와 효소의 전구체를 구성하는 아미노산의 수와 배열 비교, 활성 부위의 비교라는 활동을 통하여 전구체의 구조와 기능에 대한 개념을 학습하는 활동지이다. 1차시(50분) 분량의 수업 자료로서 ‘활동지1’의 다음 차시 수업에 사용하였다.

### (2) 효소의 구조와 관련된 과학적 개념

효소의 구조에 관한 과학적 개념은 효소의 활성 부위, 효소와 기질의 반응, 효소의 최적 온도, 효소의 최적 pH, 효소의 저해제와 보조 인자, 효소의 전구체, 단백질의 구조 등의 개념을 포함한다. 본 연구에서는 효소의 구조와 관련된 과학적 개념의 변화를 살피기 위하여 활동지1의 수업 전후에 효소·기질·보조 인자, 효소의 최적 온도, 효소의 저해제, 효소의 최적 pH의 개념에 대한 문항으로 구성된 사전·사후 검사지1을, 활동지2의 수업 전후에 펩신과 펩시노겐의 비교, 펩시노겐의 기능, 전구체 물질의 종류의 개념에 대한 문항으로 구성된 사전·사후 검사지2를 투여하였다. 사전·사후 검사지에 대한 학생들의 성취도를 SPSS11.5로 통계 처리하여 효소의 구조와 관련된 과학적 개념에 대한 변화로 분석하였다. 또한, 활동지1과 활동지2의 수업 후에 효소와 기질의 반응, 펩신과 펩시노겐의 차이의 개념에 대한 문항이 포함된 설문지1과 2를 각각 투여한 후 학생들의 응답 내용을 범주화하여 효소의 구조와 관련된 과학적 개념의 변화로서 살펴보았다.



### (3) 웹기반 교수-학습(Web-Based Instruction, WBI)

인터넷의 교육적 활용을 위해 인터넷의 많은 서비스 중 웹을 이용한 교수-학습을 일컫는다. WBI가 이루어지려면 네트워크가 설치된 컴퓨터가 필요하며 웹을 이용할 수 있는 브라우저, 뷰어와 응용 프로그램이 필요하다.

### (4) NCBI 활용 수업과 NCBI 모형

NCBI 사이트에 포함된 데이터베이스, 프로그램 등을 활용하여 교수-학습 활동을 하는 것이 NCBI 활용 수업이다.

활동지1은 NCBI에 처음 접하는 학생들을 위하여 학생들이 NCBI를 직접 이용하지 않고 교사가 수업에 필요한 자료를 미리 다운로드한 후 수업 시간에 자료를 제시하고 수업 후 안내지를 제공하여 가정에서 활용할 수 있게 하였다. 활동지1에서 활용한 NCBI의 정보는 웹진, 카탈라아제의 3D 영상과 단백질 정보이다.

활동지 2에서는 학생들이 직접 NCBI에 접속하여 데이터베이스와 프로그램을 활용할 수 있게 구성되었으며 각자가 원하는 학습 내용을 스스로 확인할 수 있도록 하였다. 활동지2에서 활용한 NCBI의 정보는 웹진과 웹시노겐의 단백질 정보, BLAST, 웹진과 웹시노겐의 3D 영상이다.

NCBI 모형은 NCBI 사이트의 3D 도메인이나 구조 메뉴를 통해서 볼 수 있는 생체 물질들의 입체적이고 시각적인 자료를 말한다.



### (6) 예비 적용

개발한 수업 모듈의 수정·보완을 위하여 고등학교 3학년 1학기 중간고사 생물 성적이 상위 15% 이내인 성적 우수 학생 6명을 선정하여 예비 적용하였다. 수업모듈의 각 단계에 필요한 시간, 활동지 구성의 적절성, 진행상의 문제점 등을 살핀 후 수정·보완하였다.

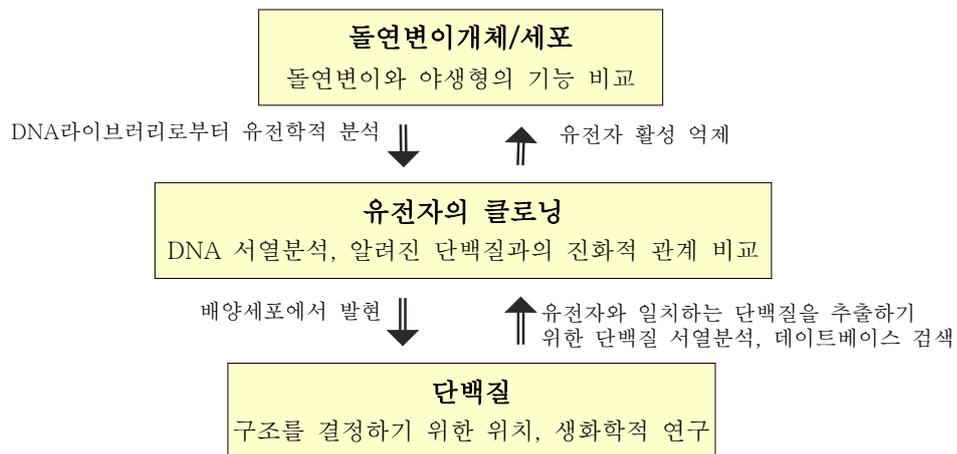


## II. 이론적 배경 및 선행 연구

### 1. 현대의 생명 현상을 규명하기 위한 방법과 유전체 사업

#### (1) 현대의 생명 현상을 규명하기 위한 두 가지 연구 방법

생물학자들은 새로운 단백질이 발견되면 이 단백질을 연구하기 위해 우선 단백질의 기능이 무엇이며, 어디에 위치하고 있으며, 어떤 구조를 가지고 있는지 관심을 가지게 된다. 이들을 찾기 위해서 주로 세 가지 도구를 사용하는데 즉, 단백질을 암호화하는 유전자, 이 단백질의 기능을 못하게 하는 유전자의 돌연변이 세포주 또는 개체, 그리고 이 단백질의 생화학적 연구를 위하여 순수하게 분리한 단백질 자체이다. 이 세 가지 도구를 모두 확보하기 위해서 다음의 두 가지 기본 전략이 있다(Lodish 외, 2008)(그림 1).



<그림 1> 생명 현상을 규명하기 위한 두 가지 연구 방법



두 가지 기본 전략은,

첫째, 고전유전학(Classical genetics)이라고 불리는 전략으로 과정에 이상이 생긴 돌연변이를 먼저 분리한다. 유전학적 방법을 이용하여 영향을 주는 유전자를 동정하고 적합한 DNA 라이브러리(어떤 한 개체의 게놈 전부 또는 부분을 대표하는 DNA 절편들의 커다란 모임)로부터 유전자를 분리한다. 분리된 유전자는 조각되어 생화학적 실험들을 할 수 있을 정도의 많은 양의 단백질 생산할 수 있게 되고 그 단백질이 언제 어디서 생산되는 지 연구할 수 있도록 탐침(probe)으로 디자인되어질 수도 있게 된다.

둘째, 고전유전학과 근본적으로 다르지 않지만 접근 방법이 반대로서 단백질의 분리 또는 한 개체의 게놈 서열에 기본을 둔 유전자의 동정에서부터 시작한다. 일단 유전자가 특정 DNA 라이브러리로부터 동정되면, 그 유전자를 변형시킨 후 한 개체에 다시 형질 전환을 통하여 삽입시킨다. 그 후 그 개체에서의 변형된 유전자의 효과를 관찰하면 정상적인 단백질의 기능을 추론할 수 있게 된다.

이러한 두 가지 접근 방법 모두 생명 현상의 규명을 위해서는 유전자의 클로닝 및 구조 분석을 필요로 한다. 과거에는 개별 연구자가 각자 관심이 있는 생명 현상을 연구하며, 필요에 따라 각기 유전자를 클로닝하고 그 구조를 분석하였는데, 이러한 일에는 많은 시간과 인력이 소모되었으며, 따라서 유전자 구조에 대한 정보가 미리 확보되어 있다면, 여러 연구자들이 각각 다양한 생명 현상을 연구하는데 있어 큰 도움이 될 수 있을 것이라는 필요성이 제기 되었다.



## (2) 유전체 사업과 생물정보학(Bioinformatics)

1980년대 이후 자동화된 DNA 염기서열분석기의 등장과 분자생물학 기술의 발달로 인해, 과거에는 불가능할 것으로 여겨졌던 생명체가 가진 유전체 전체 정보의 분석이 비록 많은 시간이 걸리기는 하지만 가능할 것으로 예측되었다. 또한 이러한 유전체 정보의 확보가 생명 과학의 기초 연구 및 응용 분야 발전에



크게 기여할 것으로 예상됨에 따라, 인간 유전체의 모든 유전자에 대한 유전 정보와 위치를 찾아내어 인류의 복지를 증진할 목적으로 1990년에 미국, 영국, 독일, 프랑스, 일본 및 중국의 6개국에서 다수의 연구기관이 참여하는 컨소시엄이 구성되어 인간유전체사업이 시작되었다. 그 결과 현재 인간을 비롯한 여러 생물종의 전체 유전체 염기서열이 확보되었다.

이 인간 유전체 사업을 통하여 쏟아져 나오는 유전자 서열 분석 결과를 효율적으로 정리하고 분석하기 위하여 생물정보학(Bioinformatics)이라는 새로운 생물학 분야가 생겨나기 시작하였으며, 통계 및 컴퓨터 전문가의 도움을 통해 유전체 정보를 담은 다양한 데이터베이스가 구축되었고, 또한 이들 염기 서열의 특성을 분석할 수 있는 다양한 소프트웨어들이 개발되었다. 이러한 노력의 결과 인간의 유전자 수가 기존의 많은 사람들이 예상했던 것보다 적은 약 30,000여 개 라는 것이 밝혀졌으며, 또한 인간 유전체 내의 단백질 암호화 부위가 전체 DNA의 약 1.5% 미만이라는 사실도 알게 되었다. 유전자의 염기 서열 또는 단백질의 아미노산 서열의 유사성이나, 기능적인 모티프의 존재 등을 통하여 단백질의 기능을 유추해 볼 수도 있으며, 또한 생명체나 단백질의 진화나 유연 관계 등을 유추해 볼 수도 있게 되었다. 또한 하나 혹은 몇 개의 유전자 또는 단백질을 대상으로 했던 기존의 연구와는 달리 개체 혹은 세포 내에서 발현되는 모든 유전자나 단백질을 대상으로 하는 마이크로어레이 분석을 통한 유전자 발현 분석 등과 같이 전체 유전체를 대상으로 하는 연구가 가능하게 되었다.

그러나 유전체 사업을 통해 모든 유전체 정보를 확보하고 있음에도 불구하고 현재까지 정확한 인간의 유전자 숫자도 알지 못하고, 기존의 염기 서열 분석이 소수의 인간 유전체를 대상으로 진행되었기 때문에 개체간의 변이에 대한 정보도 매우 제한되어 있으며, 또한 인간의 유전자 중 기능을 아는 유전자의 수가 반 정도 밖에 되지 않을 정도로 현재까지 우리가 인간 유전체에 관하여 알고 있는 정보는 매우 제한되어 있는 실정이다. 따라서 유전체 사업이 비록 생물학의 연구 분야에 획기적인 전환점을 마련하기는 하였지만 여전히 유전체에 관한 연구는 걸음마 단계에 있다 할 수 있으며, 생명의 신비를 밝히기 위해 지속적인 연구가 필요할 것이다.

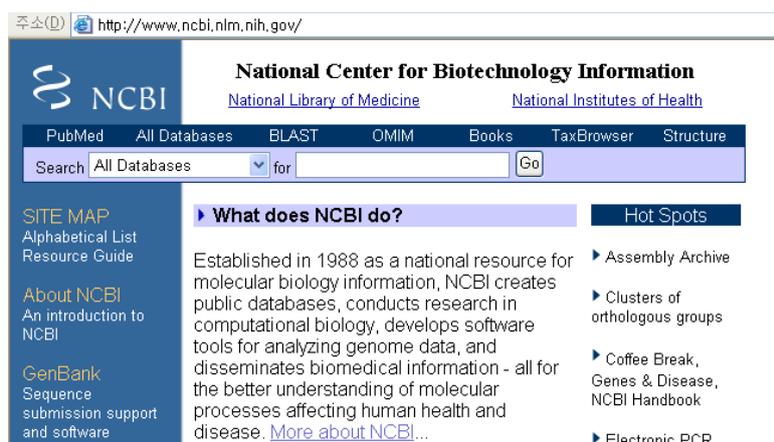


## 2. 미국 국립생물정보센터(NCBI)와 NCBI 활용 수업

NCBI는 미국의 상원의원인 고 Claude Pepper가 생화학적 연구 수행 결과 얻어진 많은 정보들을 데이터베이스화하는 것이 필요하다는 것을 인식하여 입법화를 후원하면서 미국의 국립보건원(National Institute of Health, NIH) 내 국립 의학 도서관(National Library of Medicine, NLM)의 한 분과로서 1988년 11월에 구축되었다. 1980년대 중반에 시작하여 2003년에 완성된 인간유전체사업(Human genome project)과 염기 서열 분석법, 유전자 조작 등 분자생물학 기술의 발달로 현재 인간을 비롯한 생물체들의 유전체 정보, 단백질 정보를 방대하게 가질 수 있게 되었으며 이러한 정보들은 데이터베이스화 되어 NCBI에 지속적으로 탑재되고 있다.

### (1) NCBI의 메뉴

NCBI의 홈페이지(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>)에 접속하면 상단 좌측에 National Library of Medicine, 상단 우측에 National Institute of Health가 링크되어 있다. 이는 NCBI가 NIH의 NLM의 한 부서임을 알려준다. 링크 아래에 7개의 메뉴가 NCBI에서 제공하는 주요 서비스들이다(그림 2).



<그림 2> NCBI의 홈페이지 화면

주요 메뉴들의 내용을 간략하게 소개하면 다음과 같다.

- ① Pubmed : 25개의 의·생명분야 학술지에 게재된 논문의 초록이 수록된 데이터베이스로서 900만 개의 논문을 찾을 수 있다.
- ② All databases : 통합적인 데이터베이스 검색 시스템(Entrez)으로서 다양한 종(160,000 종 이상)에서 얻어진 염기 서열 및 아미노산 서열 정보를 유전체상의 위치, 3D 구조, Pubmed 등과 같은 다른 데이터베이스 정보와 함께 제공한다.
- ③ BLAST(Basic Local Alignment Search Tool programs) : 염기 서열, 또는 단백질 서열의 유사성을 찾아주는 프로그램이다.
- ④ OMIM(Online Mendelian Inheritance in Man) : 계속 업데이트되는 인간 유전자 및 유전 질환에 대한 카탈로그, 참고 문헌, map, 염기 서열 기록 등의 관련 데이터베이스가 연결 가능하다.
- ⑤ Books : 의·생명분야의 도서들에 대한 데이터베이스이다.
- ⑥ TaxBrowser : NCBI의 분류학 데이터베이스 검색 시스템으로서 종 이름이나 분류군 이름으로 계통, 염기 서열, 단백질, 구조, 유전체 기록 등의 검색이 가능하다.
- ⑦ Structure: 생체 물질의 구조와 관련된 데이터베이스 검색 시스템으로서 MMDB(Molecular Modeling Database), 3D Domains database, CDD(Conserved Domain Database), PubChem 등을 검색할 수 있다.

- MMDB (Molecular Modeling Database) : X선 구조결정법이나 NMR 등의 방법으로 얻은 3차 입체 구조 데이터베이스
- 3D Domains Database : MMDB에서 확인된 도메인 구조 데이터베이스. 3D 구조 뷰어 프로그램인 인 Cn3D로 3차 구조의 입체적인 영상을 볼 수 있다.
- Conserved Domain Database (CDD) : 진화상 잘 보존된 도메인 데이터베이스.
- PubChem : 작은 유기 물질의 화학 구조 및 생물학적 기능 데이터베이스.

NCBI에 구축되어 있는 데이터베이스에는 기본적인 염기 서열 및 단백질 아미노산 서열 이외에도 dbEST, dbSTS, dbSNP, dbMHC등을 비롯한 다양한 데



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

이터베이스가 있으며 방대한 양의 정보를 활용할 수 있는 다양한 분석 도구 (Tools)도 제공하고 있다. 이러한 도구에는 염기 서열과 아미노산 서열 분석 (BLAST, ORF Finder 등), 단백질 비교(OMSSA, TaxPlot 등), 구조 비교 (VAST search, CD search 등), 생물의 유전체 분석(Map Viewer, COGs 등), 유전자 발현 조작(SAGEmap, UniGene DDD 등) 등으로 생물학 연구에 중요하게 사용되고 있다.

## (2) 생물 심화 선택 과정에서의 NCBI 활용

2003년 인간유전체사업이 완료되면서 현대의 생명 과학은 다른 과학 분야 보다 더 빠르게 발전했으며 그에 따라 생명 현상의 규명도 가속화되어 다양한 연구 결과물들이 쏟아져 나오고 있으며 생물학 정보들은 나날이 방대해지고 있다. 그러한 정보들은 컴퓨터생물이라는 새로운 학문의 형태인 생물정보학 (Bioinformatics)이 생겨났으며 생물체를 대상으로 직접적인 연구 활동 대신 기존의 정보와 자료를 활용하여 의·생명 분야에서 질병 치료, 신약 개발 등의 연구가 이루어질 수 있게 되었다. 이러한 현대생물학의 발전과 함께 교육 현장에 그러한 연구 결과들을 반영하는 것은 학생들의 생명 현상에 대한 관심을 흥미를 향상시킨다는 점에서 중요하며 우리나라에서도 교육과정에 반영하고 있다. 현재 제7차 교육과정에서 심화 선택 생물 교과목으로서의 ‘생물 I’은 시민으로 갖추어야 할 생물학에 대한 기초 소양의 함양을 기본 목적으로 하고 ‘생물 II’는 ‘생물 I’에서 다루지 않는 폭넓은 학문적 내용을 다루어 생물학에 관련된 전공과목을 이수하는 데 필요한 기초 지식과 탐구 방법을 익히는 과목 (교육부, 1997)으로 지정하여 현대 생물학의 내용을 반영하고자하는 의지를 담고 있다. 하지만 현대생물학의 연구가 이루어지고 있는 대학의 생물 내용과 고등학교의 심화 선택 과정의 생물 과목을 비교하여 보았을 때 그 연계성은 낮다고 할 수 있다(유주현, 2005). 박성환(2007)도 고등학교 과정에 사용되는 기본 용어를 점차 확대시켜 나가야 하며 고등학교 과정의 일부 영역이라도 수업의 깊이가 좀 더 심화시켜야 된다고 주장하고 있다. 하지만 심재호 외 (2006)의 제7차 생물 I 과 생물 II의 교육개정 방안 연구에 의하면 생물 II의





경우 내용이 어렵거나 너무 많은 개념이 나열식으로 제시된 경우 학생들의 이해도가 낮고 흥미를 상실하게 하는 원인이 되며, 물질대사 단원이 가장 어렵다고 응답 하였으나 중요도는 높게 나타났다고 보고한 바가 있어 중등학교 현장에서 대학의 전공과목과 연계될 수 있는 생물 개념의 학습에 대한 방안이 필요한 것을 알 수 있다.

학생들이 ‘생물Ⅱ’ 과목을 어려워하는 이유는 ‘생물Ⅰ’ 과목에 비해서 늘어난 학습량(심재호 외, 2006)과 주로 눈으로 관찰할 수 없거나 경험할 수 없는 분자 수준의 생명 현상을 다루기 때문이다. 이러한 분자 수준의 생명 현상 개념이 추상적이며 다른 과학 분야의 배경 지식이 관련되는 복잡한 개념이 다루어지기 때문에 오개념 형성이 잘 된다. 김미영 등(2007)은 생물학에서 학생들이 어려워하거나 오개념을 가지기 쉬운 부분은 자연선택, 확산, 유전, 물질대사 등과 같이 직접 눈으로 관찰하거나 경험할 수 없는 추상적 속성을 지닌다고 한 바 있다.

생물Ⅱ의 분자 수준의 개념은 탐구 실험을 통하여 개선될 수 있지만 고가의 실험 장비, 복잡한 실험 기구의 활용 능력 부족 등 간단한 분자생물학 실험을 하기에 부족한 실정이다. 많은 예산을 들여 실험이 이루어진다 해도 실험 과정에 대해서 전문적인 분자생물학적 지식이 필요하므로 일반 학생들은 학습을 기피하는 경우가 생길지도 모른다. 현재 학교에서의 생물Ⅱ 과목의 학습은 관찰 위주의 단순한 탐구 활동과 교과서에 나타난 그림을 통한 설명식 수업이 주로 이루어지고 있다. 학생들의 과학을 학습하는 특성상 볼 수 없는 것에 대한 현상은 자신의 경험이나 주관적 평가에 의한 피상적 개념을 형성하여 다른 개념에의 적용이 불가하고 교과서의 내용을 그대로 암기하거나, 단순 관찰을 통한 탐구 활동은 부분적 개념을 형성하므로(김미영, 2002) 정확한 개념을 형성하여 개념과의 맥락을 살피는 심층적 개념 형성을 위한 방안이 필요하다.

NCBI에는 과학자들의 연구 결과가 데이터베이스화 되어 방대한 양의 생물학 정보가 실려 있다. 그 중에서 단백질과 염기의 데이터베이스, 생체 물질의 3D 구조 영상, 유전자 지도, 분류, 아미노산과 염기 서열의 분석 프로그램 등은 추상적인 분자 수준 물질의 학습에 있어 대안이 될 수 있다.

우리나라에서 중등교육현장에 NCBI를 비롯한 생물정보학을 교수-학습에 활용한 연구 사례는 보고된 바 없으나 외국에서는 생물정보학을 수업에 활용



하여 연구한 예가 많으며 NCBI 외에도 교수-학습 활동에 활용할 수 있는 생물정보학 사이트가 다양하게 개발되고 있고 생물정보학의 특성상 인터넷을 통한 열린 학습 자료가 많이 소개되고 있다(Biology Student Workbench, <http://bsw-uiuc.net>). 미국의 생물 교육 기관인 ActionBioscience (<http://actionbioscience.org>)에서 Kathleen(2003)은 ‘생물 교실에서의 생물정보학’이라는 글을 통하여 생물정보학을 수업에 활용하는 것이 질문 기반 학습, 문제 해결에 대한 실제 정보 제공, 생물학적 개념의 통합적 연결, 과학 윤리의 학습에 도움이 된다고 하며 NCBI의 자료를 제시하고 있다. Ehichoya(2006)은 고등학생들과 과학교사들을 대상으로 단 한 개의 뉴클레오티드의 유전적 다형성이 형태적 변이를 가져오게 된 개념을 학습하기 위해서 NCBI의 뉴클레오티드 정보와 BLAST메뉴를 활용하여 수업한 결과를 보고한 바 있다. Seth Bordenstein은 NCBI의 메뉴에서 DNA 서열순서, 진화적 유연관계를 활용하여 생물을 분류하는 활동과 BLAST를 이용하여 불확실한 DNA 서열을 갖고 있는 곤충의 공생균을 동정하는 학습 활동 자료를 소개하고 있다 ([http://serc.carleton.edu/files/microlife/Bioinformatics\\_Lab.v6.doc](http://serc.carleton.edu/files/microlife/Bioinformatics_Lab.v6.doc)).

NCBI를 수업에 활용함으로써 분자 수준의 생체 물질의 과학적 개념 학습에 효과적인 것 외에 여러 가지의 장점들이 있다.

학생들이 과학적 개념을 학습하는 중에 종의 다양성을 인지하게 되는 점이 있다. 학교에서 어떤 생명 현상을 학습할 때 학생들은 그 생명 현상이 모든 생물체에 동일한 방법으로만 일어나는 줄 아는 경우가 흔하다. 종마다 유전적 차이가 있어 생성하는 생체 물질에도 차이가 있으며 같은 생명 현상이라도 다소 차이가 있다는 사실을 알지 못하여 획일화된 개념을 갖게 되는 것이다. 그러한 오개념을 없애기 위하여 특정 종에 대한 생명 현상이라고 제시하지만 학생들은 학습 내용을 이해하기에 급급하여 인지하지 못하게 된다. 인간유전체사업이 완성됨과 동시에 급격히 분자생물학 기술은 다양한 생물체의 게놈 정보, 단백질 정보를 얻을 수 있게 되었고 그러한 자료들은 NCBI에 그대로 지속적으로 탑재되고 있다. NCBI의 자료를 수업시간에 활용할 때 한 개념에 대해서 두 가지 이상의 예를 드는 그리 어려운 일이 아니다. 다양한 예를 제시하여 규칙성과 차이를 발견함으로써 오개념 형성을 예방하여 과학적 개념을 확인하고 동시에 생명 현상의 다양성에 대해서도 학습할 수 있게 되는 것이다.



생물학 분야의 통합적 개념을 형성하는 장점도 있다. 단백질 구조, 단백질 기능, 핵산, 유전학, 유전병, 진화, 세포 생물학, 식물학, 동물학 등의 생물학 주제들을 통합시킬 수 있다. 유전자 중심설의 학습을 예로 들면, DNA와 복제, RNA와 전사, 단백질과 번역을 학습한 후에 NCBI의 자료를 통하여 유전병, 진화, 생리학 등을 학습할 수 있으며, 단백질의 1차 구조를 설명하고 핵산에서 단백질로의 번역 과정을 학습한 후 NCBI의 DNA sequencing, 인간 유전체사업을 학습할 수 있게 된다(Kathleen, 2003).

현재 과학자들의 연구 과정을 체험하는 효과도 있다. DNA sequencing, 단백질에서의 아미노산의 기능, 유전병의 분자적 근거, 진화적 유연관계를 결정하는 단백질 서열 분석 등의 활동 등 현재 과학자들이 자주 사용하는 연구 방법을 직접 체험해 봄으로서 과학에 대한 흥미와 과학을 수행하는 방법과 태도를 익힐 수 있는 것이다.

NCBI를 활용하는 수업에서 교사는 주제 제시와 안내자의 역할만 하고 학생들이 스스로 자료를 검색하고 비교 분석하며 자신이 발견한 결과에 대해서 집중하는 경향이 있다. NCBI를 활용한 교수-학습은 현대 과학 교육의 주요 기조인 구성주의 학습 이론의 상호 작용, 학습자의 경험 세계에 대한 적응, 문제해결학습, 개념의 발달과 변화, 학습자의 학습에 대한 능동성과 주도성 등의 교육 이론(조희형 외, 2002)과 상충하는 것으로 학습자 스스로 탐구하고 발견하며 지식을 구성하고 직접 자신을 이해하는 수업인 것이다.



### 3. 웹기반 교수-학습(Web-Based Instruction, WBI)

현대의 컴퓨터와 정보통신 기술은 하루가 다르게 발전하고 있다. 현대인의 생활에서 컴퓨터와 정보통신 기술은 생활의 전반에 걸쳐 다양한 방법으로 활용되고 있으며 특히 인터넷을 통한 다양한 정보의 전달과 공유는 현대인의 필수 상식이 되고 있다. 특히, 인터넷에 접속할 수 있는 가장 쉬운 방법 중 하나인 월드와이드웹(World Wide Web)의 출현으로 시공을 초월하여 누구라도 손쉽게 방대한 양의 정보에 접할 수 있게 되었다. 교육 분야에 있어서도 인터넷을 통한 웹의 방대한 자원과 다양한 기능을 활용하여 학습자들에게 풍부한 학습 경험을 제공하는 교수-학습 방법이 다양하게 개발되어 전통적인 지식 전달 위주의 교수-학습 방법을 개선할 수 있게 되었다. 이렇게 인터넷을 교수-학습 방법에 활용하는 것을 웹기반 교수-학습(Web-Based Instruction, WBI)이라고 한다.

교수-학습에 웹을 활용한 생물교육 분야의 선행 연구로는 김현섭 외(1999)의 중고등학교 생물 분야 학습을 위한 멀티미디어 데이터베이스 개발 연구, 이옥희(2000)의 초중등 학생 과학 탐구 활동 안내를 위한 웹사이트 구축과 운영, 이현주(2001)의 고등학교 생물 분류 학습에 효과적인 웹기반 학습 자료의 구조화에 관한 연구, 서정희(2002)의 생물교육 활성화를 위한 생물교육 자료 및 정보 센터 웹사이트의 구축과 활용 분석 등이 있다.

이러한 웹기반 교수-학습은 현대 교육에서 중요한 기초를 이루고 있는 구성주의 학습 이론에서 언급하는 학습자 중심의 자기주도적 학습 이론과 상충하며 수업의 효과가 크다는 연구 결과(이재경, 2000)가 있다. 특히, 교실 수업과 같이 20~50명 대상으로 학습할 때 학습의 효과가 크고 고등학생 집단이 초등학생, 중학생, 대학생의 집단보다 학습의 효과가 크다(박성열 외, 2005)는 연구 결과가 있어 고등학교 교육과정에서 인터넷을 활용한 웹기반 교수-학습은 교실 수업 방법의 개선 효과가 클 것으로 기대가 된다.

웹기반 교수-학습은 교과서에 의존한 전통적인 수업에서 탈피하여 멀티미디어적이고, 상호 작용이 가능하며, 학습자 중심의 학습 형태로서 다양한 수준



의 학습을 시공을 초월하여 학습 내용을 다양한 형태로 제공하는 장점이 있다. 인터넷 환경이 잘 구비되어 있고 소프트웨어가 잘 갖추어져 있다면 고등 학생 수준에서 학생들의 문제해결력, 의사결정력, 자기주도적 학습 능력의 배양에 효과적이며 흥미와 관심을 고취시키는 효과도 있다.

하지만 심화 선택 생물 과목에서 다루는 분자 수준 생체 물질의 학습에 있어서 물질의 구조와 성분에 대한 구체적인 이해가 없는 상태에서 단순히 웹을 활용하는 형태의 학습은 현상에 대한 이해에 도움은 된다 하더라도 심층적 과학적 개념의 형성에는 어려움이 따른다. 교과서에 실린 내용을 그대로 나열하거나 실험이나 학습 내용을 구조적으로 정리하여 개념을 단순 확인시키는 내용을 싣고 있는 형태 특히, 교과서의 그림 등을 그대로 인터넷에 실어 단지 수업의 내용은 변하지 않고 수업의 형태만 인터넷을 활용하여 개별 학습의 형태를 띠는 것은 언어적인 비유로 개념을 확인하거나 단순한 관찰 확인 실험으로 간접적으로 생체 물질을 확인하는 것과 크게 다르지 않다고 볼 수 있다. 한인호(2005)는 눈으로 보이지 않는 미시적 세계의 과학적 개념을 상상하기 어려운 학생들에게 미시세계의 움직임을 나타낼 수 있는 애니메이션 자료가 컴퓨터를 통하여 제시될 때 학생들의 과학적 개념 형성과 학습 흥미 유발에 긍정적이라고 보고 한 바 있어 분자 수준 생체 물질 학습에서 3차원적인 모형은 구조에서 비롯된 기능과 관련된 학습에 효과적임을 알 수 있다. NCBI에는 헤모글로빈의 구조, 막 수송 단백질의 구조, 광계의 구성, 효소와 DNA의 구조 등 분자 수준 생체 물질의 3차원적인 구조와 단백질의 성분 확인, 유전자 지도, 염기 서열 확인 등의 자료가 방대하므로 생물 심화 선택 과정에서 다루어지고 있는 산소의 포화도 개념, 물질의 선택적 수송에 대한 개념, 활동 전위 개념, 명반응의 광분해 개념, 생체막의 전자전달계 개념, 효소의 작용 개념, ATP, 유전자 중심론 등 분자 수준 과학적 개념 학습에 도움이 될 것이다. 무엇보다 현재 과학자들이 주로 사용하고 있는 믿을만한 데이터베이스를 웹을 활용하여 자유자재로 접근할 수 있어 학습에 도움이 될 것이다.





#### 4. 효소의 구조에 대한 학생들의 개념

생물학에서 학생들이 어려워하거나 오개념을 많이 갖고 있는 분야의 대표적인 예로서 물질대사를 들 수 있다(김미영 외, 2007). 물질대사는 직접 눈으로 관찰하거나 경험하기 어려운 추상적 속성을 가지는 현상으로서 생물학 학습에서 중요도가 높지만 이해도는 낮게 나타난다(심재호 외, 2006). 물질대사 중 광합성과 호흡 개념에 대한 연구들은 많이 이루어져 있지만(박강훈, 1992) 물질대사에 관여하는 효소에 대한 개념 연구는 그리 많지 않다.

이원경(2008)은 제7차 교육과정에서 다루어지고 있는 효소의 개념이 7학년, 10학년의 과학 교과서와 생물 I 과 생물 II의 교과서에서 다루어지고 있고 효소의 개념을 ‘효소 역할’, ‘효소 구조와 작용’, ‘효소 행동과 작용’으로 나눈 바 있으며 학생들이 직접 눈으로 관찰하거나 경험할 수 없어 이해하기 어려운 과학 개념을 실생활에서 친숙한 비유물을 통한 체계적 비유 학습으로 학생들의 과학적 개념 형성에 효과적임을 밝힌 바 있다. 김윤희 외(2002)는 학생들이 효소의 일반적인 특징에 대한 성취도가 높은 점에 대해서 교과서의 ‘탐구 활동’에서 소화 효소에 대한 내용을 ‘자료 해석’이나 ‘실험’에서 온도와 pH에 대한 효소의 작용에 대해 비교적 많이 다루기 때문이라고 설명한 바 있다.

효소는 생물체의 물질대사를 조절하는 중요한 촉매 물질이며 주요 성분은 단백질로 된 분자 수준의 생체 물질이다. 효소의 크기가 아주 작아서 그 실체를 눈으로 직접 확인할 수는 없다. 고등학교 생물 과목의 교과서에는 효소에 대한 학습으로 생간, 감자 등을 이용한 물질의 분해 반응으로 효소의 존재를 간접적으로 확인하거나 비유나 모식화된 그림, 그래프 등으로 효소와 기질의 특이성, 최적 온도, 최적 pH의 개념을 단순히 설명하는 수업이 이루어지고 있다(이상인 외, 2007). 제7차 교육과정의 심화 선택 과정 생물 교과서에는 효소의 구조를 설명할 수 있는 선행 학습인 단백질의 구조에 대한 내용이 포함되어 있지 않다. 단백질의 구조에 대한 학습이 빠진 상태에서는 효소라는 특정 생체 물질이 기능을 띠게 되기 위해 효소의 폴리펩티드 사슬을 구성하는 아미노산의 정보, 단백질의 2차 구조, 효소의 독특한 형태가 결정되어 효소의 활성 부위가 노출되는 3차 구조, 4차 구조를 띠는 효소 등 효소가 가지는 특



특한 기능을 설명하기 위한 효소의 구조에 대한 개념 학습에 어려움이 있는 것이다. 이러한 상태에서 이루어지는 효소의 구조와 기능에 대한 학습은 효소가 기질과 반응하는 부위의 구조는 어떠한지, 언제, 어떻게 효소는 기질의 활성화 에너지를 낮추는지, 왜 효소는 온도와 pH에 영향을 받아서 변성이 되는지, 변성이 되면 효소의 구조 특히 어느 부위가 변하는지, 효소의 경쟁적 저해제는 기질과 어떻게 닮아 있는지, 효소의 보조 인자가 없으면 효소의 구조는 어떻게 형성이 되는지, 효소의 전구체는 효소와 어떤 점에서 차이가 있는지 등 효소의 구조와 관련된 개념에 있어서 대학 생물의 기본적인 효소 학습의 내용과 연계 될 수 없는 것이다. 효소의 구조, 효소의 활성 부위에 대한 정확한 제시가 없이 비유만으로 이루어지는 수업은 효소와 기질의 특이성, 효소의 변성 및 작용, 효소의 전구체에 대한 과학적 개념에 대해서 부분적이거나 추상적인 이해가 될 수 있다. 단순한 이해와 현상 관찰에 대한 확인만으로 과학적 개념의 형성 없이 단순히 암기 위주의 학습이 될 수밖에 없는 것이다.

생물 심화 선택 과정에서는 ‘효소의 구조가 변하여 기질과 반응할 수 없다’는 부분적인 개념을 얻는 것이 아니라 ‘효소의 활성 부위가 변하여 기질과 구조적으로 일치하지 않아 효소-기질 복합체를 형성하지 못한다’는 구체적 개념 형성이 이루어져야 한다. ‘효소의 전구체는 효소로 활성이 된다’는 추상적인 개념을 갖는 것이 아니라 ‘효소 전구체의 일부분이 잘려서 활성 부위가 노출될 수 있어 기질과 반응 할 수 있는 효소로 된다’의 과학적 개념이 형성되어야 하는 것이다.

눈으로 볼 수 없어서 생긴 오개념이라면 실체에 가까운 효소 모형을 제시함으로써 이러한 구조와 관련된 개념 학습이 효과적으로 이루어질 수 있을 것이다. NCBI에는 효소에 대한 정보가 많이 실려 있다. 다각도에서 효소의 입체 모형을 살펴 효소와 기질의 특이성, 효소의 보조 인자 확인, 효소와 저해제 등을 눈으로 확인할 수 있으며 효소의 구성 아미노산의 수와 배열순서 등을 확인할 수 있다. 수많은 효소의 3D 영상과 단백질 정보로서 효소의 구조와 관련된 개념 학습이 이루어질 수 있는 것이다.



### Ⅲ. 연구 방법



#### 1. 연구 대상

NCBI 사이트를 활용한 수업 모듈을 개발하여 효소의 구조와 관련된 과학적 개념의 변화, 생물 과목과 생명 현상에 대한 관심과 흥미의 변화, NCBI의 활용성과 효과를 살펴보기 위하여 다음과 같은 연구 대상을 선정하였다.

##### (1) 개발 모듈의 예비 적용

서울특별시 동작구 소재 인문계 여자고등학교 자연계열 3학년 여학생 98명 중 생물Ⅱ 중간고사 성적 우수학생 6명.



##### (2) 개발 모듈의 적용

서울특별시 동작구 소재 인문계 여자고등학교 자연계열 2학년 여학생 110명 중 37명.

#### 2. 연구 절차

본 연구는 다음과 같은 연구 절차를 거쳤다(표 1).





서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

<표 1> 연구 절차

절 차	내 용	기 간
이론 연구	연구의 설계/선행 연구/이론적 배경	2008. 05. 초순
교과서 분석 및 NCBI 메뉴 조사	제7차 교육과정 고등학교 생물 I/생물 II 교과서에 서 NCBI의 정보를 활용할 수 있는 학습 내용 조사	2008. 05. 중순
수업 모듈의 개발	학생용 활동지 1·2, 교사용 지도서, 참고 자료 개발	2008. 06. 초순
검사 도구 개발 및 타당도 검사	효소의 구조와 관련된 과학적 개념의 사전·사후 검사 문항, 설문지 문항 개발 및 수정·보완. 전문가와 현직 교사에 의한 타당도 검사.	2008. 06. 중순
개발 모듈의 예비 적용 및 수정·보완	고등학교 3학년 학생 6명을 대상으로 개발 모듈의 소요 시간, 활동지 내용의 적절성, 진행상의 문제 등을 수정·보완하기 위해 수업 실시/면담 조사	2008. 06. 24.
사전 검사1	효소의 구조 관련 과학적 개념 검사	2008. 07. 11.
효소의 구조 수업 실시	인문계 고등학교 2학년 여학생 37명 대상/활동지1 사용/1차시	2008. 07. 15.
사후 검사1 및 설문지 검사1	효소의 구조 관련 과학적 개념 검사/효소와 기질의 반응 및 생물과목, 생명 현상에 대한 관심·흥미 검사	2008. 07. 15.
사전 검사2	효소의 전구체에 관한 과학적 개념 검사	2008. 07. 18.
효소의 전구체 수업 실시	인문계 고등학교 2학년 여학생 37명 대상/활동지2 사용/1차시	2008. 07. 18.
사후 검사2 및 설문지 검사2	효소의 전구체에 관한 과학적 개념 검사/전구체에 대한 개념 변화 및 NCBI 활용성과 효과 검사/교사 대상 면담 조사	2008. 07. 18.
결과 처리 및 분석	효소의 구조 관련 과학적 개념 향상 분석(t-검정, spss11.5 이용). 효소의 구조 관련 과학적 개념 변화 결과 분석/NCBI 활용 후 생물 과목, 생명 현상에 대한 관심·흥미의 변화 분석/NCBI 활용성과 효과 분석.	2008. 07. 하순
개인연구보고서 작성	수업 모듈의 개발 및 적용에 관한 보고서 작성	2008. 07. 하순



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

### 3. 측정 도구

NCBI 사이트를 활용하여 개발한 수업 자료인 활동지1, 활동지2로 수업하였을 때 효소의 구조와 관련된 과학적 개념의 변화, 생물 과목과 생명 현상에 대한 흥미와 관심 변화 및 NCBI의 활용성과 효과를 분석하기 위하여 다음의 검사지를 개발하였다.

#### (1) 사전·사후 검사지

효소·기질·보조 인자, 효소의 최적 온도, 효소의 최적 pH, 효소의 저해제의 개념을 다룬 4개 문항의 사전 검사1, 사후 검사1을 개발 자료인 활동지1의 수업 전후에 투여하였다. 펩신과 펩시노겐의 비교, 펩시노겐의 기능, 전구체 물질의 개념을 다룬 3개 문항의 사전 검사2, 사후 검사2는 개발 자료인 활동지2의 수업 전후에 실시하였다. 사전·사후 검사지 문항의 난이도는 동일한 과학적 개념에 대하여 비슷한 수준으로 제작되었고 교육전문가 2인, 고등학교 생물 교사 2인, 대학원생 3인으로부터 문항의 타당도를 검증받았다. 검사에 소요된 시간은 각 10분으로 학생들이 검사 문항을 해결하는 데 충분하였다.

#### (2) 설문지

활동지1과 활동지2의 수업 후에 각각 설문지1, 설문지2를 투여하여 효소와 기질의 반응, 효소의 전구체에 대한 개념 변화, 생물 과목과 생명 현상에 대한 관심과 흥미, NCBI 활용성과 효과 등을 설문지로 조사하였다. 설문지는 학생들이 충분히 응답할 수 있는 환경을 제공하였다.

### (3) 면담 조사

NCBI를 활용한 수업 자료의 개발과 적용에 대한 효과를 살피기 위해 예비 적용 대상 학생 6명, 수업에 참관한 교사 3명과 대학원생 2명을 면접하여 의견을 조사하였다.

## 4. 자료 분석 방법

효소의 구조와 관련된 과학적 개념으로 구성되어 있는 사전·사후 검사에 대한 학생들의 성취도를 통계 프로그램인 SPSS(ver 11.5)를 이용하여 대응표본  $t$ -검정(paired samples  $t$ -test)으로 통계 처리하여 개발된 수업 모듈의 효과가 유의미한지를 분석하였다. 수업 처치 후에 실시한 설문지1·2의 학생들의 응답을 범주화하여 효소와 기질의 반응, 효소의 전구체에 대한 과학적 개념의 변화를 살펴보았으며 생물 과목과 생명 현상에 관심과 흥미의 변화 및 NCBI의 활용성에 대해서도 응답 결과를 범주화시켜 분석해 보았다.



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

## IV. 연구 결과 및 논의

### 1. NCBI를 활용할 수 있는 심화 선택 생물 학습 내용 분석

NCBI의 자료를 심화 선택 생물 수업에 활용할 수 있는지를 살펴보기 위하여 이상인 외 (2007)의 ‘생물 I’과 ‘생물 II’ 교과서를 분석하였다. 먼저 학습의 주요 개념을 찾은 후 NCBI의 자료를 활용할 수 있는지를 조사하였다.

‘생물 I’과 ‘생물 II’의 학습 내용에서 활용할 수 있는 NCBI의 주요 메뉴는 ‘Structure’ 에서 MMDB(Molecular Modeling Database)와 PubChem의 데이터베이스, ‘Protein’, ‘Nucleotide’, ‘TaxBrowser’, ‘BLAST’, ‘Human Genome Resources’, ‘Map Viewer’ 등이다.

NCBI를 활용할 수 있는 학습 내용은 <부록 1>과 <부록 2>에 첨부하였다.

#### (1) ‘생물 I’에서 NCBI 자료를 활용할 수 있는 학습 내용 분석

제7차 교육과정의 생물 심화 선택 과목인 ‘생물 I’은 이공계 진학을 위한 준비 과정 이라기보다는 현대 시민의 기초 소양 교육용의 성격이 강하다(교육부, 1997). 하지만 국민공통기본 교육과정의 ‘과학’ 과목이 생물 부분의 내용과 많이 중복되어 있어 개정의 필요성이 강조되고 있는 실정이다.

심재호 외 (2006)는 ‘생물 I’의 경우 학생들이 학습 내용을 다소 재미있어하고 내용의 수준도 적당하지만 ‘영양소와 소화’ 단원에서 영양소와 소화 효소의 작용이 많아서 기억하기 힘들고, ‘호흡’ 단원에서 헤모글로빈의 곡선을 어려워하며, ‘자극과 반응’ 단원에서 호르몬의 종류를 기억하기 힘들어하며, ‘생식과 발생’ 단원에 대한 관심과 흥미는 높지만 개념을 힘들어하고, ‘유전’ 단원에서는 염색체와 DNA에 대한 이해에 어려움을 겪는다고 하여 일부의 개념의 줄이거나 ‘생물 II’ 과목으로 옮길 필요가 있다고 보고하고 있다.

‘생물 I’에서 다루어지고 있는 내용 중에서 소화 기관의 pH에 따른 소화 효소의 작용, 숙취에 관여하는 ADH와 ALDH, 혈액응고인자의 활성화, 헤모글

로빈의 산소포화도, ATP의 작용, 막단백질이 관여하는 신경의 흥분, 호르몬의 작용, 염색체와 유전자의 관계, 사람의 돌연변이 등의 개념은 눈에 보이지 않는 생체 물질에 대한 근본적인 이해가 없이 이루어지면 현상을 암기하는 형태의 학습이 이루어져 피상적 개념이 형성이 되기 쉽다.

제7차 교육과정 ‘생물 I’ 과목의 주요 학습 내용은 <표 2>와 같다.

<표 2> 제7차 교육과정 ‘생물 I’ 과목의 주요 개념

대 단 원 명	주 요 개 념
I. 생명 현상의 특성	생물과 무생물, 생명 현상의 특성
II. 영양소와 소화	영양소 검출법, 탄수화물, 지질, 단백질, 펩티드 결합, 부영양소, 소화의 필요성, 기계적 소화, 입·위·소장에서 소화, 간의 기능, 영양소의 흡수, 알코올의 흡수와 분해, 음주의 영향
III. 순환	체액의 조성, 혈액의 조성, 적혈구, 백혈구, 혈소판, 혈장, 체순환, 폐순환, 조직액, 림프, 1차 방어, 면역, 항원과 항체, 백신, 혈액형, 응집원과 응집소, 심장의 구조, 혈관의 구조와 종류, 체순환, 폐순환, 동맥경화
IV. 호흡	사람의 호흡기관계, 호흡운동, 외호흡, 내호흡, 세포호흡, 산소의 결합과 해리, 보어 효과, 산소와 이산화탄소의 운반, ATP, 간접흡연, 담배의 해악
V. 배설	물질대사와 노폐물의 관계, 항상성, 신장의 구조, 여과, 재흡수, 분비, 체내 수분량 조절, ADH의 작용, 오줌의 성분, 땀샘의 기능, 당뇨병, 인공신장기, 신장 이식
VI. 자극과 반응	역치, 적합 자극, 실무울, 시각기 구조와 기능, 광화학 반응, 원근 조절과 명암조절, 청각기 구조와 기능, 코르티기관, 평형기, 후각기, 피부감각기, 뉴런, 시냅스, 분극, 탈분극, 재분극, 흥분의 전도와 전달, 신경계의 종류, 호르몬의 종류와 기능, 항상성조절, 피드백, 약물의 오·남용
VII. 생식과 발생	생식기관의 구조, 정자와 난자의 형성, 생식 주기와 호르몬, 수정과 임신, 태아의 발생, 출산, 피임, 인공수정
VIII. 유전	유전자설, 염색체설, 사람의 염색체, 대립 형질, 사람의 유전, 복대립 유전, 반성유전, 다인자 유전, 유전자돌연변이, 염색체의 비분리, 염색체 돌연변이, 가계도, 태아 검사
IX. 생명과학과 인간의 생활	생태계의 평형, 귀화 생물, 생물자원, 환경오염, 온실효과, 스모그 현상, 자정작용, BOD, 지표생물, 생물농축, 대기오염, 자연보존, 멸종, 진화론, 병원체의 발견, 유전학의 발달, 인간게놈프로젝트, 생물정보학, 유전자치료, 동물 복제, 유전자재조합체

‘생물 I’ 과목의 과학적 개념을 설명하기 위해 활용할 수 있는 NCBI의 데이터베이스와 프로그램의 예는 다음과 같다(표 3).

<표 3> NCBI의 메뉴를 활용할 수 있는 ‘생물 I’ 과목의 학습 개념

NCBI 메뉴*	학습 개념(소재)
MMDB	물질대사(효소), 항상성(인슐린, 글루카곤), 적응(멜라닌), 무기염류의 역할(호흡효소), 효소의 최적 온도와 최적 pH(펩신), 녹말분해효소(침아밀라아제와 이자아밀라아제), 위에서의 소화(펩신과 펩시노젠), 숙취의 원인(ADH, ALDH), 적혈구의 기능(헤모글로빈), 혈소판의 기능(트롬보키나아제), 혈액응고기작(트롬빈, 피브린), 동맥경화(LDL-콜레스테롤), 산소포화도(헤모글로빈, 태아헤모글로빈, 겸형적혈구의 헤모글로빈), 유기호흡결과생기는 물질(ATP), 오줌량조절호르몬(항이뇨호르몬, 알도스테론), 광화학반응(로돕신), 평형감각(이석), 신경전달물질(아세틸콜린), 흥분의 전도(나트륨채널, 칼륨채널, 나트륨/칼륨 펌프), 호르몬의 표적기관(호르몬과 호르몬수용체), 각성제(신경전달물질과 각성제), 에이즈(HIV), 겸형적혈구빈혈증(겸형적혈구헤모글로빈), DNA의 이중나선구조 발견(DNA)
Nucleotide	유전자의 개념(아밀라아제 유전자의 염기서열) 인간게놈프로젝트(인간의 염기서열)
Protein	아밀라아제가 입과 이자에서 분비되는 이유(침아밀라아제와 이자아밀라아제의 아미노산 정보 비교) 전구체의 기능(펩신과 펩시노겐의 아미노산 정보 비교) 전구체 물질(트롬빈과 프로트롬빈의 아미노산 정보 비교) 산소포화도(헤모글로빈과 태아헤모글로빈의 아미노산 정보 비교))
BLAST	녹말분해효소(침아밀라아제와 이자아밀라아제의 염기서열과 아미노산 배열), 전구체의 역할(펩신과 펩시노겐의 아미노산 배열), 혈액응고기작(트롬빈과 프로트롬빈의 아미노산 배열), 전구체의 기능(펩신과 펩시노겐의 아미노산 배열)
Map Viewer Human Genome Resources	선천성당뇨병(당뇨병유전자), 숙취물질(ALDH2), 유전자(아밀라아제), 생식세포(사람), 유전자돌연변이(겸형적혈구)
	유전자(펩신, 아밀라아제)

\* NCBI 메뉴 : MMDB(Molecule Modeling DataBase, 생체물질의 3차 구조 데이터베이스), Nucleotide(염기서열의 데이터베이스), Protein(단백질의 아미노산 수, 배열, 특징에 대한 데이터베이스), BLAST(Basic Local Alignment Search Tool : 염기서열과 아미노산 서열 비교 프로그램), Map Viewer(생물의 유전체 분석), Human Genome Resources(인간유전체 정보)

단원별로 정리하면 다음과 같다.

① ‘생명 현상의 특성’ 단원

- 물질대사 : 효소의 존재 학습을 위해 효소의 MMDB
- 항상성 : 인슐린, 글루카곤의 MMDB
- 적응 : 멜라닌 색소의 MMDB

② ‘영양소와 소화’ 단원

- 무기염류 역할 : 호흡효소의 MMDB
- 소화 효소의 최적 온도와 최적 pH : 효소의 활성 부위를 볼 수 있는 MMDB
- 녹말분해효소 : 침아밀라아제와 이자아밀라아제의 비교를 위해 Protein, BLAST, MMDB
- 펩신의 활성과 전구체의 역할 : 펩신과 펩시노겐의 비교를 위해 Protein, BLAST, MMDB
- 숙취 : ALDH2의 MMDB, ALDH2의 Map Viewer

③ ‘순환’ 단원

- 적혈구의 기능 : 헤모글로빈의 MMDB
- 혈소판의 기능 : 트롬보키나아제의 MMDB
- 혈액의 응고 : 트롬보키나아제의 MMDB, 프로트롬빈과 트롬빈의 Protein, BLAST, MMDB, 피브린의 MMDB
- 항체의 활용 : HIV의 단일 클론 항체의 MMDB
- AIDS : HIV의 MMDB

④ ‘호흡’ 단원

- 산소포화도 : 헴기를 볼 수 있는 헤모글로빈의 MMDB, 태아 헤모글로빈의 MMDB, Protein, BLAST, 겸형적혈구 빈혈증의 헤모글로빈 MMDB
- 세포 호흡 : ATP의 MMDB

⑤ ‘배설’ 단원

- 오줌의 조절 : 항이노호르몬과 알도스테론의 MMDB
- 당뇨병 : 당뇨병 유전자의 Map Viewer





⑥ ‘자극과 반응’ 단위

- 광화학반응 : 로돕신의 MMDB
- 전정기관 : 이석의 MMDB
- 신경전달물질 : 아세틸콜린의 MMDB
- 흥분전도 : 나트륨 채널, 칼륨 채널, 나트륨/칼륨 펌프의 MMDB
- 호르몬의 특성 : 호르몬과 호르몬 수용체의 MMDB
- 약물의 오·남용 : 각성제와 신경전달물질의 비교를 위한 MMDB

⑦ ‘생식과 발생’ 단위

- 생식세포 : 사람 염색체의 Map Viewer
- 에이즈 : HIV의 MMDB

⑧ ‘유전’ 단위

- 염색체 : 사람 염색체의 Map Viewer
- 유전자 : 사람 염색체의 Map Viewer, 사람 유전자의 Nucleotide와 Human Genome Resources
- 염색체 돌연변이 : 돌연변이의 Map Viewer
- 유전자 돌연변이 : 겸형적혈구의 헤모글로빈 MMDB, 돌연변이 유전자의 Map Viewer



⑨ ‘생명과과학과 인간의 생활’ 단위

- DNA의 구조 발견 : DNA의 MMDB
- 인간게놈프로젝트 : 사람 염기 서열의 Nucleotide와 Human Genome Resources

‘생물 I’ 과목의 학습 대상은 장차 ‘생물 II’ 과목을 이수하고자 하는 학생들이 많이 포함되어 있지만 ‘생물 I’은 분자 수준의 물질의 정보가 많이 필요한 과목은 아니다. 하지만 분자 수준의 물질의 존재를 확인함으로써 이러한 물질이 관여하는 생명 현상을 이해하는 것이 생물학적 개념을 형성하는데 효과적이다. NCBI의 자료를 ‘생물 I’ 과정에서 활용할 때 너무 많은 구체적인 설명은 피하고 단지 물질의 존재를 확인하는 것이 바람직하며 NCBI의 자료를 미리 다운로드 한 후 수업의 일부분으로 소개하는 것이 효과적일 것이다.





## (2) ‘생물Ⅱ’에서 NCBI 자료를 활용할 수 있는 학습 내용 분석 결과

제7차 교육과정의 생물 심화 선택 과정의 ‘생물Ⅱ’는 ‘생물Ⅰ’에서 다루지 않는 폭넓은 학문적 내용을 다루어 생물학에 관련된 전공과목을 이수하는데 필요한 기초 지식과 탐구 방법을 익혀서 장차 이공계 진학을 위한 준비의 성격이 강한 과목이다. ‘생물Ⅱ’는 분자 수준에서의 생명 현상까지 다루어 물리, 화학적 개념과 원리를 생명 현상의 탐구에 활용하며 탐구 대상을 자연계에 존재하는 다양한 생물로 확대하여 생명 현상을 폭넓게 종합적으로 이해함으로써 생물학과 인간의 미래를 올바르게 전망하도록 한다(교육부, 1997). ‘생물Ⅱ’는 중등학교 교육과정의 마지막 단계로서 전 단계에 어떠한 내용을 얼마만큼의 깊이로 학습하였는지 학습 내용을 파악하여 연계성 있는 교수를 하는 것이 중요하다(한진희 2004).

심재호 외 (2006)는 ‘생물Ⅱ’의 학습량이 ‘생물Ⅰ’에 비해 상대적으로 학습량이 많으며 탐구 활동(실험, 관찰 등)은 입시를 이유로 거의 수행하지 못하므로 실제 수행 가능한 실험 자료 개발의 필요성을 보고한 바 있다. 또한, 학생들이 ‘생물Ⅱ’ 교과서의 내용을 이해하는 정도가 ‘생물Ⅰ’보다 낮게 나타나서 학생들의 수준에 비해서 ‘생물Ⅱ’ 교과서의 수준이 어렵다고 보고하였다. 하지만 박성환(2007)은 현재의 ‘생물Ⅱ’의 분자 생물학 학습 내용이 대학과의 연계성이 낮아 고등학교 과정에서의 수업의 깊이가 더 심화되어야 한다고 밝히고 있어서 진로·진학에 대한 부담을 안고 있는 생물 심화 선택 과정을 가르치는 교사들은 어렵지만 습득해야 하는 과학적 개념의 지도에 부담을 가질 수밖에 없다.

또한 심재호 외 (2006)는 ‘생물Ⅱ’ 과목을 재미없어 하며 어려워하는 학생이 많으며 그 이유로 교과서 내용이 학생 수준에 비해 어렵고 이론적인 면에 치우쳐 있다고 설명하고 있으며 특히, ‘물질대사’, ‘생명의 연속성’ 단원의 학습에 어려움을 겪고 있다고 보고하면서 ‘물질대사’ 단원에서 용어나 영어 단어가 많고 화학적인 반응과 회로에 대한 이해가 어려워 암기 위주의 학습이 이루어지고 있으며 ‘생명의 연속성’ 단원에서는 유전 개념 자체가 어려워 오개념 형성이 쉬우며 유전자에서 단백질 형성까지의 과정을 이해하기 위한 추상적 사고가 어려워 학습에 어려움이 있다고 하였다. 두 단원 모두 추상적이고 복잡한 개념 구조를 가지고 있어서 과학적 개념이 구체화되기 힘든 단원이다.



제7차 교육과정 ‘생물Ⅱ’ 과목의 주요 학습 내용을 <표 4>에 정리하였다.

<표 4> 제7차 교육과정 ‘생물Ⅱ’ 과목의 주요 개념

대 단 원 명	주 요 학 습 개 념
I. 생물의 특성	세포내 소기관의 구조와 기능, 세포 연구 방법, 세포의 구조와 기능, 확산, 삼투, 능동수송, 내포·외포 작용, 효소의 중요성, 효소의 구조와 종류, 효소의 기능과 특성
II. 물질대사	엽록체의 구조, 광합성 색소, 광합성에 영향을 미치는 조건, 광포화점, 보상점, 명반응, 광계, 광인산화, 암반응, 호흡의 특성, 해당과정, TCA회로, 전자전달계, 호흡률, 무기호흡, ATP의 이용, 생활에너지, 근육 운동
III. 생명의 연속성	세포 주기, 염색체, 세포 분열, 연관과 교차, 교차율, 유전자 배열과 염색체 지도, 유전 물질의 실험적 증거, DNA 구조와 구성 성분, DNA 복제, 유전 정보의 전사와 번역, 유전자의 형질 발현, 트리플렛 코드, 단백질 합성, 유전자 발현의 조절, 오페론, 원시지구, 생명체의 출현과 진화, 진화의 증거, 진화론, 집단 유전과 진화, 유전자 풀의 변화 요인, 인류의 진화
IV. 생물의 다양성과 환경	분류의 목적과 필요성, 종과 분류 단계, 분류 기준과 분류 방법, 계통수, 분류의 실제, 5계 생물의 종류와 특징, 검색표, 생태계의 구성과 상호 작용, 개체군, 군집, 천이, 생태 분포, 생태계의 평형, 생태 피라미드, 에너지 효율, 물질의 순환과 에너지의 흐름
V. 생물학과 인간의 미래	생명 공학, 세포 융합, 핵치환, 유전자 조작, 조직 배양, 생명 공학의 문제점, 암의 치료, 에이즈의 치료, 유전병의 치료, 노화 억제, 환경 오염과 예방

‘생물Ⅱ’ 과목은 분자 수준의 학습 내용을 포함하고 있을 뿐만 아니라 장차 대학에서 전공을 하는 학생들을 대상으로 하고 있으므로 NCBI의 자료를 수업의 일부 혹은 전체 시간에 활용할 수 있다. 하지만 너무 상세하게 지도하지 않고 교사가 학습 주제에 맞는 안내서를 제작하여 학습 목표에 맞는 활동을 하는 것이 바람직하다.

‘생물Ⅱ’ 과목의 과학적 개념을 설명하기 위해 활용할 수 있는 NCBI의 데이터베이스와 프로그램의 예는 다음과 같다(표 5).



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

<표 5> NCBI의 메뉴를 활용할 수 있는 ‘생물Ⅱ’ 과목의 학습 개념

NCBI 메뉴*	학습 개념(소재)
MMDB	유동모자이크모델(막단백질), 확산과 삼투(나트륨채널, 칼륨채널), 능동수송(나트륨/칼륨 펌프), 효소의 구성(카탈라아제), 효소의 활성 부위(펩신), 효소의 저해제(펩신), 광계와 엽록소(광계와 엽록소), 안테나색소(안테나색소), 광포화점(광계), 광인산화반응(전자전달계효소, ATP합성효소), 암반응(RuBP카르복시라아제), C <sub>3</sub> 식물과 C <sub>4</sub> 식물의 차이(RuBP카르복시라아제), 에너지전달물질(ATP), 탈수소와 탈탄산작용과 TCA회로(NAD, 카르복시라아제), 광인산화와 산화적인산화(시토크롬효소, ATP합성효소), 근수축(미오신헤드), 박테리오파아지(박테리오파아지), DNA의 이중나선(DNA), DNA 복제(DNA, 헬리카아제, DNA중합효소, 리가아제), RNA전사(RNA와 RNA중합효소), 단백질의 번역(tRNA와 아미노아실전이효소, 리보솜), 단일클론항체(HIV의 단일클론항체), 유전자 재조합(제한효소와 DNA, 인슐린), 암의 치료(전사억제효소), 에이즈의 치료(HIV의 역전사효소), 노화의 원인(텔로머라아제)
PubChem	효소의 보조 인자(NAD), 탈수소 작용(NAD, NADP), ATP(ATP)
Nucleotide	유전자의 개념(아밀라아제 유전자의 염기 서열), 종의 개념(사람의 염기 서열, 특정 생체 물질의 유전자), 멸종(멸종 생물의 염기 서열), 인간게놈프로젝트(인간의 염기 서열)
Protein	효소의 활성 부위(펩신과 펩시노겐의 아미노산 정보), 뉴클레오솜(히스톤 단백질의 극성 아미노산),
Map Viewer	유전자(아밀라아제), 세포내 공생설(미토콘드리아 유전자),
BLAST	효소의 활성 부위(펩신과 펩시노겐의 아미노산 배열순서 비교), 종의 동정(미지의 종과 알려진 종의 염기 서열), 특정 단백질의 중간 차이(연어와 송어의 특정 단백질 아미노산 배열), 멸종(사람과 네안데르탈인의 염기 서열)
Human Genome Resources	염색체와 유전자(사람), 돌연변이(사람), 인간게놈프로젝트와 생물정보학(인간),
TaxBrowser	생물의 계통수 작성(다양한 생물)



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

\* NCBI 메뉴 : MMDB(Molecule Modeling DataBase, 생체물질의 3차 구조 데이터베이스), PubChem(화학물질 데이터베이스), Nucleotide(염기 서열의 데이터베이스), Protein(단백질의 아미노산 수, 배열, 특징에 대한 데이터베이스), BLAST(Basic Local Alignment Search Tool : 염기 서열과 아미노산 서열 비교 프로그램), Map Viewer(생물의 유전체 분석), Human Genome Resources(인간유전체 정보), TaxBrowser(분류학 데이터베이스)



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



단원별로 정리하면 다음과 같다.

① ‘생물의 특성’ 단원

- 유동모자이크모델 : 인지질에 함몰되어 있는 막단백질의 MMDB
- 효소의 구성 : 효소와 효소의 보조 인자의 MMDB와 PubChem
- 효소의 활성부위 : 효소와 전구체의 MMDB, 펩신과 펩시노겐의 Protein과 BLAST
- 효소의 경쟁적 저해제 : 효소의 활성 부위에 붙은 저해제의 MMDB
- 확산과 삼투 : 나트륨 채널과 칼륨 채널의 MMDB
- 능동수송 : 나트륨/칼륨 펌프에 붙은 ATP의 MMDB

② ‘물질대사’ 단원

- 엽록체의 구조 : 광계와 엽록소의 MMDB
- 광포화점 : 광계의 MMDB
- 명반응 : 광계의 3차 구조, 전자전달계 효소, ATP 합성효소, ATP의 MMDB
- 암반응 : RuBP카르복시라아제의 MMDB
- C<sub>3</sub>식물과 C<sub>4</sub>식물의 차이 : RuBP카르복시라아제의 MMDB
- 호흡의 특성 : ATP의 MMDB
- 탈수소와 탈탄산 작용 : NAD와 카르복시라아제의 MMDB와 PubChem
- 미토콘드리아의 전자전달계 : 시토크롬 효소의 MMDB와 PubChem
- 산화적 인산화 : ATP합성효소와 ATP의 MMDB
- 근 수축 기작 : 미오신헤드와 ATP의 MMDB

③ ‘생명의 연속성’ 단원

- 염색체와 유전자 : 사람의 염색체 정보의 Human Genome Resources
- 허시와 체이스의 실험 : 박테이로파아지의 MMDB
- DNA와 뉴클레오솜 : DNA의 MMDB, 히스톤 단백질의 Protein
- DNA 복제 : DNA와 DNA중합효소의 MMDB, DNA와 리가아제의 MMDB, DNA와 헬리카아제의 MMDB
- 유전자 : 아밀라아제의 Nucleotide, Map Viewer
- 유전정보의 전사 : RNA와 RNA중합효소의 MMDB
- 단백질의 번역 : tRNA와 아미노아실전이효소의 MMDB, 리보솜의



MMDB

- 세포내 공생설 : 미토콘드리아 DNA의 Map Viewer

④ ‘생물의 다양성과 환경’ 단원

- 종 : 특정 종 유전자의 Nucleotide, 특정 종간 염기 서열이나 특정 생체 물질의 종간 아미노산 정보 비교 BLAST
- 동정 : 특정 종의 Nucleotide, 임의 생물과의 Nucleotide와 BLAST
- 진화적 유연 관계 : 유사한 특징을 갖는 종의 BLAST
- 멸종 : 멸종 생물의 Nucleotide, 사람과 네안데르탈인의 BLAST
- 계통수 : Taxonomy 메뉴에서 종간의 계통수 확인
- 바이러스 : 바이러스의 MMDB

⑤ ‘생물학과 인간의 미래’ 단원

- 단일 클론 항체 : HIV 단일 클론 항체의 MMDB
- 유전자 재조합 : 제한 효소와 DNA의 MMDB, 인슐린의 MMDB
- 암의 치료 : 항암제의 전사 억제 효소 MMDB
- 에이즈 : HIV와 역전사효소의 MMDB
- 노화 : 텔로머라아제의 MMDB
- 생물정보학 : Human Genome Resources, NCBI





## 2. NCBI를 활용한 고등학교 심화 선택 생물 수업 모듈의 개발

조희형, 최경희(2002)는 구성주의와 과학교육에 관한 연구에서 학습은 능동적으로 의미를 구성하는 과정으로 상호 작용을 통해서 일어나며 선행 지식과 같은 내적 요인, 학습 환경과 같은 외적 요인, 선행 경험 등이 영향을 미치고 학습은 개념 구조의 발달 과정이라고 조사한 바 있다. 또한, 학생의 자율성과 주도권을 인정한 개념의 분화와 발달에 기초한 순환 학습 모형이 교수-학습 모형으로 적절하다고 보고한 바 있다.

순환 학습 모형은 탐색, 개념 도입, 개념 응용의 세 단계가 서로 상호 작용하며 학습 개념을 발달시키는 데 적합한 모형이며 세 단계는 다음과 같다.

첫째, 탐색 단계로서 학생들에게 자료를 제공하거나 시범 실험을 보여 학습 상황을 조정하고 이해하기 어려운 문제를 파악하여 진술하게 한다.

둘째, 개념 도입 단계로서 학습 상황과 관련이 있는 핵심적 개념을 소개하고 설명한다.

셋째, 개념 응용 단계로서 새로 배운 내용을 학습 상황과 다른 상황에 적용한다.

이에 본 연구자는 구성주의 학습 이론에 기초하여 순환 학습 모형을 활용하여 효소의 구조와 관련한 2차시 분량의 수업 모듈을 개발하였다. 학생들이 현재의 자신의 개념을 확인하고 인지적 갈등을 유발하는 상황을 제시하여 새로운 개념의 발달과 변화가 있도록 수업의 구성 면에서 웹기반 교수-학습 자료인 NCBI를 일부 혹은 많은 부분으로 활용하였다.

수업 모듈은 인문계 고등학교 생물Ⅱ의 ‘I. 생물의 특성’ 단원에서 ‘효소의 구조와 기능’을 학습하기 위해 NCBI 자료를 활용하여 개발하였다. 2회 각 1차시 분량으로서 1차시는 ‘효소에 대해서 알아보자’(활동지1), 2차시는 ‘효소와 효소의 전구체를 비교해 보자’(활동지2)이다.





(1) ‘효소에 대해서 알아보자’(활동지1)

활동지1은 NCBI에 처음 접하는 학생들이 영어로 된 사이트에 대한 거부감을 피하고 활용의 예를 보여주기 위하여 수업에 활용할 자료를 미리 컴퓨터에 저장해 둔 후 수업 시간의 개념 도입 부분에 20분간 활용하였다. 활용한 자료를 검색하는 법이 간단한 문항과 함께 자세하게 안내되어 있는 활동지를 수업 후에 배부하여 집에서 과제로 활용할 수 있도록 하였다.

순환 학습 모형의 세 단계별로 살펴보면 다음과 같다.

① 탐색 단계 : 효소와 기질 반응에 대한 본시 학습 내용을 환기시키고 학습 목표를 인지시키고자 펩신의 달걀흰자 분해 반응을 시범 실험으로 제시하였다. 반응의 속도를 증가시키기 위해 삶은 달걀의 흰자를 믹서로 간 후 증류수로 희석하여 기질로 사용하였다. 펩신은 SIGMA사 제품(제품번호 P7000-25G)을 사용하였으며 돼지의 펩신이다. 펩신 분말 120mg (96,000units)에 50mL의 3차 증류수를 희석하여 사용하였다. 펩신의 활성이 최대가 되기 위해 펩신, 증류수, 달걀흰자 수용액에 10% 묽은 염산을 떨어트리며 pH 미터기(Corning Incorporated사, 제품번호 530)를 사용하여 pH2로 맞추었으며 용액을 혼합한 후 37℃ 항온 수조에서 계속 반응시켰다.



시범 실험은 대조 실험으로서 두 개의 시험관 중 대조군은 달걀흰자 수용액 25mL에 증류수 15mL를, 실험군은 달걀흰자 수용액 25mL에 펩신 수용액 15mL를 각각 섞어서 일정 시간이 경과한 후 달걀흰자가 사라져 투명해지는 정도를 살펴보고도록 하였다. 시범 실험의 내용은 다음과 같다(그림3).

- ㉠ 삶은 달걀의 흰자 부분만 믹서로 간 다음 증류수로 희석한 후 거즈로 걸러 낸다.
- ㉡ 두 개의 시험관 A, B에 흰자 용액을 각각 25mL씩 넣은 후 묽은 염산을 몇 방울 떨어뜨려 pH2를 유지시킨다.
- ㉢ 시험관 A에는 펩신 용액을, (B)에는 증류수를 각각 15mL씩 떨어트린다.
- ㉣ 반응 후 어느 시험관이 더 투명해지는 지를 비교한다.



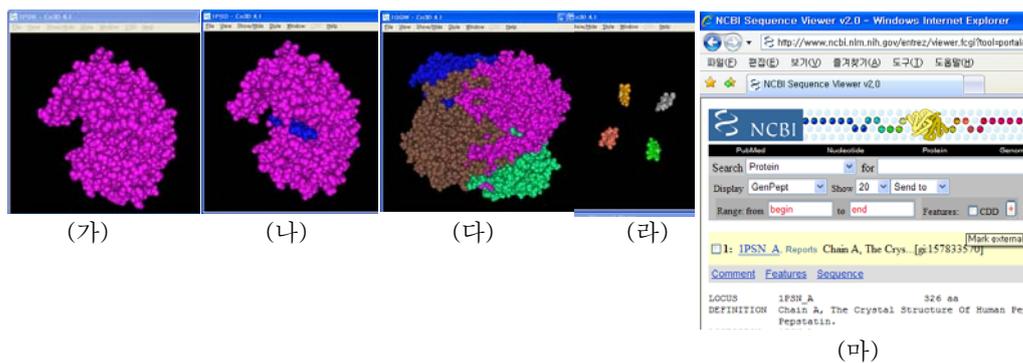


<그림 3> ‘효소에 대해서 알아보자’의 탐색 단계의 시범 실험

(가) 실험준비물 : 삶은 달걀흰자, 거즈, 묽은 염산 용액, 펩신 용액, 증류수, 50 mL 튜브 2개, (나) pH 미터기(Corning Incorporated사, 제품번호 530), (다) 실험전 : A, B 모두 희뿌옇다, (라) 실험후 : A는 맑아지고 B는 변화 없다.

시험관 A의 펩신과 달걀흰자 수용액의 반응 결과를 자세히 관찰하도록 하여 효소와 기질의 반응은 현상학적으로 관찰이 가능하지만 눈으로 볼 수 없는 화학반응이며 과연 효소와 기질은 어떻게 만나서 반응이 이루어지는지에 대해 관심을 갖도록 하였다.

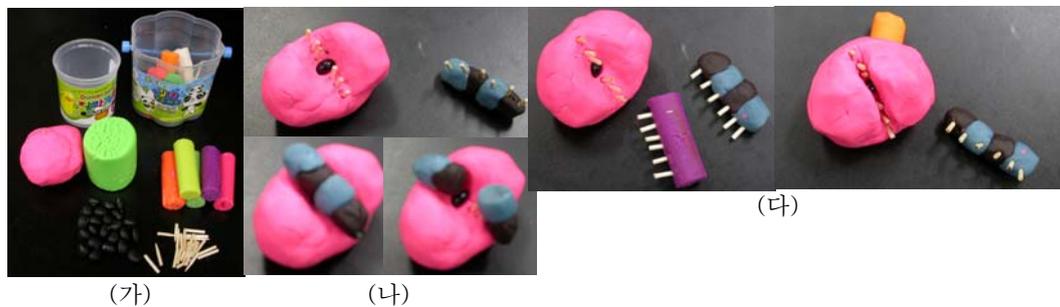
② 개념 도입 단계 : 과학자와 정보학자들이 눈으로 볼 수 없는 크기의 생체 물질에 대한 정보를 데이터베이스화한 NCBI 사이트를 소개하며 눈으로 관찰할 수 없는 기질의 분해 반응을 촉매한 펩신의 모형을 소개한다(그림 4).



<그림 4> ‘효소에 대해서 알아보자’의 개념 도입 단계에서 활용한 NCBI 자료  
 (가) 펩신 모형(IPSN) : 움푹 들어간 부위가 활성 부위이다. (나) 펩신 모형(IPSO) : 경쟁적 저해제(푸른색)가 붙은 부위가 펩신의 활성부위이다. (다) 카탈라아제(IDGF) : 4개의 3차 구조가 결합된 4차 구조로 되어 있다. (라) (다)에서 단백질 부분만 제거하면 카탈라아제의 보조 인자인 헴기를 관찰할 수 있다. (마) NCBI의 ‘Protein’ 메뉴 화면에서 펩신의 아미노산 정보를 확인할 수 있다.

미리 저장해 둔 펩신(MMDB번호 : 1PSN)과 저해제와 펩신이 결합한 모형(MMDB번호 : 1PSO)를 스크린에 함께 띄운 후 Cn3D 뷰어 프로그램을 활용하여 효소의 활성 부위의 구조를 관찰하도록 하면서 효소와 기질의 특이성, 효소의 최적 온도와 최적 pH, 효소의 저해제 개념을 설명한다. ‘Protein’ 메뉴에서 펩신의 정보를 검색하여 펩신의 주성분이 단백질이며 구성하는 아미노산이 모두 326개임을 확인시킨다. 카탈라아제(MMDB 번호 : 1DGF)모형을 띄운 후 카탈라아제의 단백질 부분을 제거한 것을 보여주어 효소의 보조 인자를 관찰할 수 있도록 하여 효소의 활성 부위와 연결시켜 설명한다(그림 4).

③ 개념 응용 단계 : 개념 도입 단계에서 학습한 내용을 확인, 응용하기 위하여 고무찰흙을 이용하여 효소와 기질의 반응을 표현하도록 하였다(그림 5). 다양한 색깔의 고무찰흙을 사용하여 반응 후 모습이 변하는 기질, 효소의 활성 부위, 효소의 저해제 등을 표현하도록 유도하였으며 효소의 보조 인자는 검은 콩을 사용하게 하였다. 효소와 기질의 수소 결합에 의한 결합은 1/4 도막난 이쑤시개를 효소의 활성부위에 여러 개 꽂은 후 결합하도록 하였다. 조별로 제작한 후 2개 조만 앞에 나와서 제작한 모형을 발표하도록 하여 학습 내용을 전체적으로 수렴하도록 하였다.



<그림 5> ‘효소에 대해서 알아보자’의 개념 응용 단계에서 활용한 고무찰흙 모형 제작

(가) 준비물: 다양한 색깔의 고무찰흙, 검은 콩, 도막난 이쑤시개 (나) 반응 전 모습 : 효소의 활성 부위는 안으로 들어가게 하고 콩은 보조 인자, 이쑤시개는 수소 결합. 기질은 다른 색깔의 찰흙을 여러 개 붙여 반응 후에 떨어지게 함. (아래 좌)효소-기질 복합체, (아래우) 반응 후 기질의 변화 (다) 효소와 저해제. (좌)경쟁적 저해제(보라색): 효소의 활성 부위에 부착하는 기질의 부위와 비슷하다. (우)비경쟁적저해제(황색): 효소의 다른자리입체자리에 부착하여 효소의 활성 부위를 변화시켜 기질이 부착하지 못하게 한다.

‘효소에 대해서 알아보자’(활동지1)의 수업 자료는 <부록 3>에 첨부하였다.

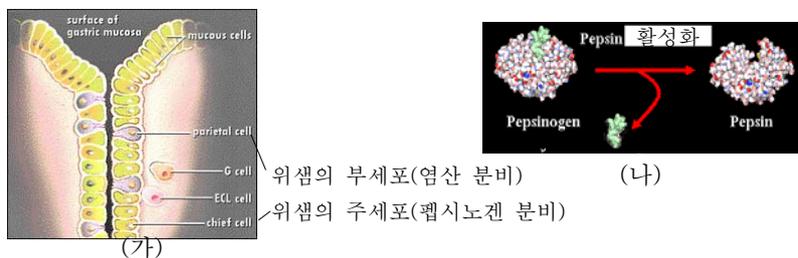
(2) ‘효소와 효소의 전구체를 비교해 보자’(활동지2)

활동지2는 활동지1의 후속 차시의 수업으로서 학생들이 직접 NCBI에 접속한 후 NCBI의 데이터베이스와 프로그램을 활용하여 학습 활동을 하는 내용으로 되어 있다. 이미 활동지1의 수업으로 NCBI의 정보에 대한 흥미가 고취되어 있어 학습 동기가 크며 학생들 스스로 학습 목표에 도달하기 위해서 NCBI를 활용하는 데 어려움이 없도록 자세하게 안내된 활동지로 배부하였다.

‘효소와 효소의 전구체를 비교해 보자’의 수업은 효소와 효소의 전구체를 직접 비교해 봄으로서 효소의 활성 부위에 대한 개념, 효소의 구조와 관련된 개념을 재확인하는 내용으로 구성되어 있다. 펩신과 펩신의 전구체인 펩시노젠을 비교하기 위하여 NCBI에서 활용한 메뉴는 첫째, 구성 성분인 아미노산의 정보를 비교하기 위하여 NCBI의 ‘Protein’, ‘BLAST’의 메뉴를 둘째, 두 물질의 활성 부위를 비교하기 위하여 ‘MMDB’ 메뉴를 활용하였다. 전체 50분의 수업 시간 중 탐색 단계 약 7분을 제외한 시간인 약 43분간 NCBI를 활용하여 학습자 중심의 활동이 이루어지도록 하였다.

순환 학습 모형의 세 단계별로 살펴보면 다음과 같다.

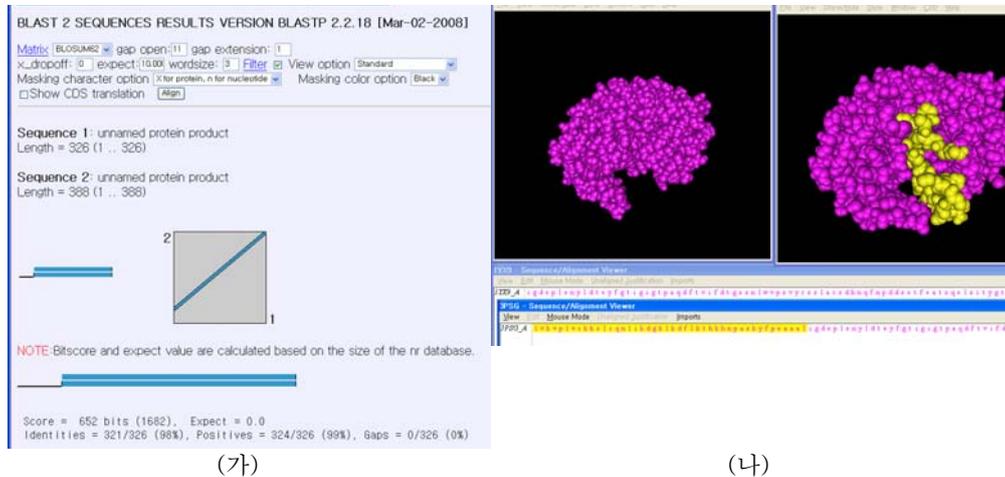
- ① 탐색 단계 : ‘생물 I’의 ‘영양소와 소화’ 단원 ‘위에서의 소화’에서 학습한 바 있는 내용을 탐색 자료로 제시하였다. 펩신과 펩시노젠을 비교하는 활동에 앞서 위샘에서 분비되는 불활성 펩시노젠과 염산에 의해 활성화된 펩신을 비교하는 자료를 통하여 펩신과 펩시노젠의 구조적 차이에 관심을 가질 수 있게 하였다. 우리 몸에서 펩시노젠으로 먼저 분비되어 펩신으로 활성화 되는 것이 어떤 점에서 유리한 지를 생각하게 하였다(그림 6).



<그림 6> ‘효소와 효소의 전구체를 비교해 보자’의 탐색 단계 제시 내용  
(가) 위 상피조직의 위샘구조, (나) 펩신의 활성화 (그림 출처 : <http://uhlpharma.com> , [www2.sat.psu.ac.th](http://www2.sat.psu.ac.th))

② 개념 도입 단계 : 학생들이 직접 NCBI에 직접 접속하여 NCBI의 데이터베이스와 프로그램을 활용하여 펩신과 펩시노젠을 비교하는 활동이 이루어지도록 하였으며 학습 목표 달성을 위해 활동지2는 자세하게 안내하는 내용으로 구성하였다.

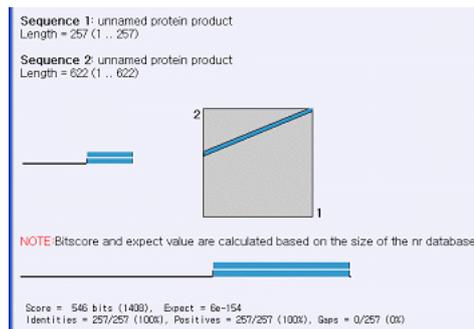
두 단계의 비교 활동이 이루어졌는데 첫째 단계는 효소의 주성분이 단백질이므로 두 물질의 아미노산을 비교하도록 하였다. ‘Protein’ 메뉴에서 구성하는 아미노산의 수와 배열을 확인하고 아미노산 배열을 복사하여 한글이나 메모장에 붙인 후 ‘BLAST’ 프로그램을 통하여 두 물질의 아미노산이 어느 부분에서 차이가 났는지 즉, 펩시노젠의 어느 부위가 잘려 나가서 펩신으로 활성이 되었는지를 확인할 수 있도록 하였다. 둘째 단계는 두 물질의 활성 부위를 비교하도록 하여 어느 물질이 기질과 잘 결합할 수 있는 활성화된 물질인지를 확인하도록 하였다. 돼지의 펩신(1YX9)과 펩시노젠(3PSG)의 ‘MMDB’를 컴퓨터 모니터에 모두 띄워서 3D 뷰어 프로그램으로 효소의 활성 부위를 관찰하게 하였으며 펩시노젠(3PSG)의 잘려나간 N말단 아미노산 부분만 블록으로 지정한 후 없앴다 붙였다 하면서 펩신과 비교하는 활동이 이루어지도록 하였다(그림 7). 활동지1의 수업 내용을 환기 시켜 효소의 활성 부위의 중요성을 강조하였다.



<그림 7> ‘효소와 효소의 전구체를 비교해 보자’의 개념 도입 단계에서 활용한 NCBI 자료

(가) 펩신과 펩시노젠의 아미노산을 ‘BLAST’ 결과. 펩시노젠의 N말단 아미노산의 일부가 잘려나갔음을 확인할 수 있다. (나) 펩신과 펩시노젠 MMDB모형의 활성 부위 비교. (좌)펩신, (우)펩시노젠. 우측의 펩시노젠에서 황색 부위가 잘리면 활성 부위가 노출된 펩신과 구조가 비슷해진다.

③ 개념 응용 단계 : 생체 단백질 중에서 전구체로 분비되는 다른 물질을 소개하여 전구체와 활성 물질과의 관계를 살펴보게 하였다. 혈액응고인자인 트롬빈과 전구체인 프로트롬빈을 BLAST 프로그램을 활용하여 펩신의 경우와 같은 방법으로 비교 분석하게 하였다(그림 8). 전구체와 활성 물질과의 차이를 NCBI의 자료를 통하여 설명함으로써 전구체의 기능인 생체 내 조절작용에 대해서도 자연스럽게 도입하였다.



<그림 8> ‘효소와 효소의 전구체를 비교해 보자’의 개념 응용 단계에서 활용한 NCBI 자료

‘효소와 효소의 전구체를 비교해 보자’(활동지2)의 수업 자료는 <부록4>에 첨부하였다.



### 3. NCBI를 활용한 고등학교 심화 선택 생물 수업 모듈의 적용 결과

NCBI를 활용하여 개발한 수업 자료인 활동지1·2를 인문계 고등학교 여학생 37명에게 각각 1차시씩 적용하여 개발 자료의 효과를 알아보았다.

개발한 수업 모듈은 생물Ⅱ의 ‘I. 생물의 특성’, ‘효소의 구조와 기능’ 단원의 학습 내용을 이미 학습한 6명의 학생들을 대상으로 예비 적용하여 내용을 수정·보완하였다.

연구 대상 37명의 수업 모듈 적용 전후에 사전·사후 검사를 각각 실시하였으며 검사 문항에 대한 학생들의 성취도를 분석하여 과학적 개념의 변화를 살펴보았다. 또한 설문지1·2를 수업 후에 각각 투여하여 과학적 개념의 변화, 생물 과목과 생명 현상에 대한 관심과 흥미의 변화, NCBI의 활용성과 효과를 조사하였고 그 답변들을 범주화시켜 보았다. 예비 적용 대상 학생 6명, 수업 참관 교사 3명과 대학원생 2명을 면담 조사하여 NCBI의 활용성과 효과에 대해서 조사하였다.

사전·사후 검사 문항의 성취도는 SPSS 11.5 프로그램을 이용하여 대응 표본 *t*-검정(paired sampled *t*-test)으로 분석하여 적용의 효과를 분석하였다.



#### (1) ‘활동지1’과 ‘활동지2’의 예비 적용 후 수업 모듈에 대한 면담 조사 결과

수업모듈의 각 단계에 필요한 시간, 활동지 구성의 적절성, 진행상의 문제점 등을 살피기 위하여 같은 학교 학생 6명을 대상으로 예비 적용해 보았다. 학생 6명은 3학년 1학기 ‘생물Ⅱ’ 과목의 성취도가 상위 15% 이내인 학생들로 구성되었다. 예비 적용으로 수정·보완한 내용은 활동지1·2의 문항의 배치와 내용 교정, NCBI의 모형 자료 수정·보완 등이다.

6명의 학생들을 대상으로 개발한 수업 모듈에 대한 면담 조사를 하였다. 면담 조사 결과는 다음과 같다.





① ‘활동지1’의 면담 조사 결과

교사 : ‘효소에 대해서 알아보자’ 수업의 장점과 단점, 소감을 이야기 해 주세요.

정연 : 책의 그림으로만 보는 것이 아니라 직접 효소 단백질의 3차원적인 구조를 볼 수 있어 좋았다. 이론으로 외우기만 하는 수업이 아닌 참여하는 수업이 좋은 것 같다.

서영 : 분자의 입체적인 모습을 볼 수 있도록 컴퓨터를 이용하는 것이 매우 좋다. 몸으로 느끼는 수업이 참 좋습니다. 기계적인 수업만 듣던 학생들은 정리되지 않는 기분을 느낄 수도 있다.

성은 : 막연히 효소-기질 반응이란 걸 듣는 것 보다 실제의 모습을 보면서 학습하는 것이 이해하기 쉽고 개념 정리가 잘 된다. 온도에 의해 효소의 모양이 변하는 것은 단백질의 성질을 알아야 될 것 같다.

민지 : 막연하게 효소와 기질의 구조를 칠판에 그려서 설명하는 것보다 실제 모습을 보니 개념을 이해하기 쉽다. 추상적이지 않고 구체적으로 알 수 있다.

아영 : 효소의 입체적인 모습을 볼 수 있어서 효소에 대한 추상적인 개념이 정확히 머리에 들어 올 수 있어서 좋았습니다.

예리 : 교과서의 이론으로 배우기만 했던 효소들을 실제 모형을 볼 수 있다는 것에 재미있었다.



② ‘활동지2’의 면담 조사 결과

교사 : ‘효소와 효소의 전구체를 비교해 보자’ 수업의 장점과 단점, 소감을 이야기 해 주세요.

정연 : 제가 딱 원하는 수업입니다. 직접 컴퓨터로 자료를 찾고 효소의 구조를 보게 되어서 친근감이 생깁니다. 펩신과 펩시노겐의 3차원적 구조 2개를 비교할 때 컴퓨터 창에 두 화면을 띄워 놓고 이 때 효소와 그 전구체에 대한 개념 설명을 들으면 좋겠다.

서영 : 문제 풀이 위주로 학교에서 기계적인 공부를 하는 것에 비해 흥미도 훨씬 많이 생기고 무엇보다 생물학에 대한 폭넓은 사고, 논리적인 사고를 할 수 있는 수업





인 것 같다. 생물을 단순한 암기과목으로 생각했는데 첨단 자료를 이용하면서 재미도 있고 사고도 할 수 있어 학습 효과가 높은 것 같다.

성은 : ‘펩신’이라고 듣는 것 보다 정확한 구조, 펩시노겐과의 비교를 통해 흠어진 개념이 잘 정리되었고 ‘활성 부위와 결합 한다’라는 문장을 보면 구조를 떠올려 확실히 생각할 수 있어 좋았다.

민지 : ‘펩신’과 ‘펩시노겐’의 개념 차이에 대해서 기계적으로 비교해둔 자료만 외워 수업했는데 내가 직접 자료를 찾아보고, 그 물질의 구조를 볼 수 있는 시간이었다. 선생님의 말로 하는 수업만 듣고 추상적 개념만 힘들게 이해하려 했는데 눈으로 직접 보니 쉽게 개념을 이해할 수 있었다.

아영 : 마지막의 활성 부위가 생겨나는 것을 직접 입체구조로 보니깐 어떻게 변화되는 것인지 쉽게 알 수 있어서 무척 좋았어요. 혼자 공부할 땐 너무 추상적이었던 개념이었는데 이렇게 실제 볼 수 있어서 공부할 때 무척 도움이 된 것 같아요.

예리 : 내가 컴퓨터를 잘하지 못하기 때문에 따라 하기 급급했다. 하지만 한 번 따라 연습하고 다시 한 번 하게 되면 이런 것들이 이런 의미구나 하는 것을 더 잘 느끼게 될 것 같다. NCBI 사이트를 알지 못했는데 알게 되어 좋았다.



학생들의 면담 결과 수업 시간에 설명만으로 형성할 수 없었던 효소의 구조와 관련된 개념들이 구체적으로 정립되었음을 알 수 있었다. 효소의 3차원적인 구조를 눈으로 확인하는 것만으로 효소의 구조와 관련된 개념인 효소의 활성 부위, 효소와 기질의 반응, 전구체와 효소의 차이 등의 과학적 개념 형성에 효과적이었음을 알 수 있었다. 하지만, 컴퓨터 활용 능력이 부족한 학생들에게는 NCBI 자료의 활용에 대한 자세한 안내가 필요한 것을 알 수 있었다. NCBI를 수업에 활용하는 것은 전체적으로 현재의 과학자들의 연구 결과인 NCBI 자료에 대한 신뢰를 바탕으로 생물학과 생명현상에 대한 관심을 높일 수 있을 뿐 아니라 눈에 보이지 않는 분자 수준 생체 물질의 과학적 개념 형성에 도움이 됨을 알 수 있었다. 김희백 등 (2002)은 유전 개념과 같은 추상적이고 역동적인 개념을 구체화할 수 있는 교수 학습 방법의 개발이 필요하다고 지적하고 있어 6명 학생의 면담 내용을 분석한 결과 NCBI의 자료를 활용한 수업이 분자 수준 생체 물질의 구조와 기능 학습 개선에 있어 대안이 될 수 있음을 알 수 있었다.





## (2) 효소의 구조 관련 과학적 개념의 변화 분석 결과

‘효소에 대해서 알아보자’(활동지1)와 ‘효소와 효소의 전구체를 비교해 보자’(활동지2)는 효소의 구조와 관련된 개념인 효소의 활성 부위, 효소와 기질의 특이성, 효소의 변성, 효소의 최적 온도와 최적 pH, 효소의 보조 인자, 효소의 저해제, 효소의 전구체 등의 개념을 학습하는 수업이다. 활동지1·2의 수업 전후에 각 4개의 객관식 문항으로 구성된 사전·사후 검사지1과 각 2개의 객관식문항과 1개의 주관식 문항으로 구성된 사전·사후 검사지2를 투여하였고 객관식 문항의 제한점을 보완하기 위해 효소의 구조와 관련된 개념의 주관식 문항이 들어 있는 설문지1·2를 투여하여 학생들의 과학적 개념의 변화를 살핀 후 응답을 범주화시켜 분석해 보았다. 사전·사후 검사지1과 2의 성취도는 SPSS11.5의 대응 표본 *t*-검정으로 통계 처리하여 수업의 효과가 유의미한지를 분석하였다. 사전·사후 검사지1과 2, 설문지1·2는 교육전문가 2인, 고등학교 생물 교사 2인, 대학원생 3인으로부터 타당성을 검증받았다.



### ① ‘효소에 대해서 알아보자’(활동지1)의 적용 결과

활동지1의 투여 전후에 실시한 사전·사후 검사에서 학생들이 획득한 과학적 개념의 성취도에 대한 대응 표본 *t*-검정 결과는 <표 6>과 같다.

사전·사후 검사지1은 동일한 난이도와 동일한 개념을 묻는 객관식 4개의 문항으로 구성되어 있으며 효소·기질·보조 인자, 최적 온도, 저해제, 최적 pH의 개념에 대한 내용을 포함하고 있다. 검사 결과 다른 문항과는 달리 저해제 개념 문항의 사후 평균이 사전 평균보다 비교할 만하게 높게 나타났으며 *p*값도 .00(<.05)으로서 매우 유의미하게 나타났다. 이는 개발한 자료에서 NCBI의 효소의 3차원적 구조가 제시되었을 때 효소의 활성 부위를 뚜렷이 관찰할 수 있도록 되어 있어 효소의 활성 부위에 기질과 경쟁적으로 결합하는 저해제의 설명이 학생들에게 개념을 구체화시킨 결과임을 추론할 수 있다. 즉, 효소의 활성 부위와 관련된 과학적 개념이 선행되면 효소의 저해제 개념 학습에 도움이 될 것이다.





서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

<표 6> 효소의 구조 관련 과학적 개념의 변화1

차시	과학적 개념	검사	학생수 (명)	평균 (점/1점)	표준 편차	표준 오차	t	df	p
1	효소·기질· 보조 인자	사전	37	.84	.37	.06	-1.43	36	.16
		사후	37	.89	.32	.05			
	최적 온도	사전	37	.89	.32	.52	.37	36	.71
		사후	37	.87	.35	.57			
	저해제	사전	37	.43	.50	.08	-3.60	36	.00*
		사후	37	.81	.40	.07			
	최적 pH	사전	37	.84	.37	.06	-.70	36	.49
		사후	37	.89	.32	.05			

\* p<.05

효소·기질·보조 인자, 최적 온도, 최적 pH에 대한 과학적 개념은 사전과 사후의 평균값은 모두 .80점(1점 만점)이상으로 큰 차이가 없고 p값도 모두 p>.05로서 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 이것은 이러한 개념들이 국민공통교육과정인 ‘과학’의 ‘물질대사와 효소’ 단원과 선택 과정인 ‘생물 I’의 ‘영양소와 소화’ 단원에서 동일한 개념을 여러 번 학습하였으므로 학습 기회의 증가에 따른 결과로 보여 진다. 김윤희 외 (2002)도 학생들이 효소의 일반적인 특징에 대해서 잘 이해하고 있는 이유로 교과서의 ‘탐구 활동’에서 소화 효소에 대한 내용을 ‘자료 해석’이나 ‘실험’에서 온도와 pH에 대한 효소의 작용에 대해 비교적 많이 다루기 때문이라고 언급한 바 있다.

하지만 설문지1에서 NCBI 모형을 보기 전에 학생들이 생각한 효소와 기질의 반응은 어떠했는가에 대한 답변으로서 단순히 책이나 문제집에 자주 등장하는 요철(凹凸) 그림처럼 결합일 것이라는 응답이 21명(56.8%), 아무 생각이 없다가 7명(18.9%), 효소 안에 기질이 통과한다고 4명(10.8%) 등으로 나타났다. 이는 효소의 활성 부위와 기질의 모양이 같다(1명, 2.7%)처럼 효소의 활성 부위와 기질의 반응 부위가 구조적으로 일치하여 효소가 기질 특이적 반응을 한다는 과학적 개념은 형성되지 않은 것으로 보인다. 효소의 최적 온도와



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



최적 pH에 대한 개념도 효소가 단백질로 되어 있어 온도와 pH에 의해 변성이 일어날 수가 있는 것은 이해할 수 있으나 효소가 변성되면 효소의 활성 부위가 변형되어 기질과 결합할 수 없음을 이해하는지에 대한 조사가 필요하다.

분석 결과, NCBI 모형에서 효소의 활성 부위를 직접 눈으로 관찰하면서 학습하는 것이 효소의 활성 부위와 관련된 과학적 개념 설명에 효과적이었음을 알 수 있다. 효소의 활성 부위와 연관시켜 효소와 기질의 반응, 효소의 보조 인자와 저해제, 효소의 최적 온도와 최적 pH, 효소의 변성 등의 과학적 개념을 설명하면 학습의 효과가 향상될 수 있으며 특히, 본 학습 단원에서 새로 학습하게 되는 효소의 보조 인자, 효소의 저해제의 개념 중 효소의 저해제에 대한 성취도가 학습 후에 현저히 높아졌음을 알 수 있다.

② ‘효소와 효소의 전구체를 비교해 보자’(활동지2)의 적용 결과

활동지2의 투여 전후에 실시한 사전·사후 검사에서 획득한 학생들의 성취도에 대한 대응 표본 t-검정 결과는 <표 7>과 같다.



<표 7> 효소의 구조 관련 과학적 개념 변화2

차시	과학적 개념	검사	학생수 (명)	평균 (점/1점)	표준 편차	표준 오차	t	df	p
2	효소와 효소의 전구체 비교	사전	37	.76	.44	.07	-2.23	36	.03*
		사후	37	.92	.28	.46			
	전구체의 기능	사전	37	.65	.48	.08	-2.94	36	.01*
		사후	37	.92	.28	.05			
	전구체 물질의 종류	사전	37	.73	.45	.07	-1.54	36	.13
		사후	37	.87	.35	.06			

\* p<.05





사전·사후 검사지2는 동일한 난이도와 동일한 개념을 묻는 객관식 2개의 문항과 주관식 1개의 문항으로 구성되어 있으며 효소와 효소의 전구체 비교, 전구체의 기능, 전구체의 종류에 대한 내용을 포함하고 있다.

검사 결과, 3개 문항의 사후 성취도 평균은 모두 향상되었으며 특히 효소와 전구체의 차이점과 전구체의 기능을 묻는 문항의  $p$ 값은 각각 .03과 .01로서 모두  $p < .05$ 로 유의미하게 나타났다. 이는 펩신과 펩시노젠을 구성하는 아미노산의 수와 배열을 학생들 스스로 NCBI 데이터베이스와 프로그램을 활용하여 비교, 분석하는 활동, 두 물질의 활성 부위를 3차원적인 영상 프로그램으로 직접 확인해 보는 학습 활동이 효과적이었음을 나타내는 결과이다.

단순히 전구체 물질의 종류를 묻는 문항의 사후 검사의 평균은 사전 검사의 평균보다 조금 높게 나타났으나  $p$ 값은 .13( $p > .05$ )으로 유의미하지 않게 나타났다. 이는 전구체 물질 중 1가지만 개념의 적용 단계에서 학습 활동을 하였으므로 다른 전구체들도 학습 활동에 포함시켰다면 결과가 달라질 것이라 예상할 수 있다. 즉, 경험하지 않은 부분에 대해서는 무조건 암기로 이해하였음을 알 수 있다.

설문지2의 결과 효소와 효소의 전구체의 차이에 대한 인식 정도에 대한 응답은 모르고 있었다 22명(60.0%), 활성화의 차이 6명(16.2%), 전구체가 효소로 된다 5명(13.5%), 이름만 외우고 있었다 1명(0.27%) 등으로 전구체의 존재를 아예 모르고 있거나 알더라도 단순히 암기 위주의 지식을 가지고 있었음을 알 수 있다. 효소의 전구체가 어떻게 활성을 띠어 효소로서의 기능을 갖게 되었는지를 학습하는 활동은 효소의 구조와 관련된 개념을 구체화 시킬 수 있다. NCBI의 정보를 활용하여 효소와 전구체의 성분과 활성 부위의 차이를 직접 관찰하는 활동은 눈으로 확인 할 수 없는 생체 물질인 효소에 대한 개념 학습에 효과적이며 전구체의 존재를 확인함으로써 생체 내 조절방법으로서 전구체의 역할을 간단하게 설명할 수 있어 효과적이다.

①, ②의 분석은 NCBI를 활용한 수업 자료를 투입한 37명의 학생들을 대상으로 사전·사후 검사와 설문지 검사를 분석한 내용으로서 NCBI를 활용하지 않고 동일한 학습 내용을 실시한 통제반이 없어 제한점이 있다. 통제반의 수업 후 두 집단의 결과들을 비교한다면 연구의 신뢰도가 커질 것이다.



(2) 생물 과목과 생명 현상에 대한 관심과 흥미의 변화

NCBI를 활용하여 개발한 수업 자료인 활동지1·2를 인문계 고등학교 여학생 37명에게 적용한 후 생물 과목과 생명 현상에 대한 관심과 흥미의 변화에 대한 설문 조사를 하였다.

생물 과목에 대한 관심과 흥미의 변화에 대한 학생들의 응답은 <표 8>과 같다.

<표 8> NCBI 활용 수업 후 생물 과목에 대한 관심과 흥미의 변화

	매우 높아졌다	조금 높아졌다	보통이다	별로 높아지지 않았다	전혀 높아지지 않았다
NCBI 활용 수업 후 생물 과목에 대한 관심과 흥미의 변화	5(13.5%)	14(37.8%)	16(43.3%)	2(5.4%)	0(0%)

단위 : 명(%), N=37

NCBI를 활용한 수업 후 생물 과목에 대한 관심과 흥미의 변화에 대한 응답이 매우 높아졌다 5명(13.5%), 조금 높아졌다 14명(37.8%), 보통이다 16명(43.3%), 별로 높아지지 않았다 2명(5.4%), 전혀 높아지지 않았다 무응답으로서 모두 51.3%이상의 학생이 높아졌다고 응답하였으며 높아지지 않았다는 부정적인 응답은 2명(5.4%)로 나타났다. 이는 NCBI를 활용한 학습 활동이 학생들의 생물 수업에 대한 흥미를 고취시켜 학습 동기 유발에 적합한 활동임을 나타내는 결과이다.

학생들은 생물 과목에 대한 관심과 흥미가 있는 이유로서 신기하고 재밌다 24명(64.9%), 우리 몸에서 일어나서 6명(16.2%), 점수가 잘 나와서 2명(5.4%), 기타 2명(5.4%)로 응답하였으며 대부분의 학생이 생물 수업에 흥미를 가지고 있다는 것을 알 수 있었다.

생명 현상에 대한 관심과 흥미의 변화에 대한 학생들의 응답 결과는 <표 9>와 같다.

<표 9> NCBI 활용 수업 후 생명 현상에 대한 관심과 흥미의 변화

	매우 높아졌다	조금 높아졌다	보통이다	별로 높아지지 않았다	전혀 높아지지 않았다
NCBI 활용 수업 후 생명 현상에 대한 관심과 흥미의 변화	7(18.9%)	14(37.8%)	13(35.2%)	3(8.1%)	0(0%)

단위 : 명(%), N=37

NCBI를 활용한 수업 후 생명 현상에 대한 관심과 흥미의 변화에 대한 응답이 매우 높아졌다 7명(18.9%), 조금 높아졌다 14명(37.8%), 보통이다 13명(35.2%), 별로 높아지지 않았다 3명(8.1%), 전혀 높아지지 않았다 무응답으로서 모두 56.7%이상의 학생이 높아졌다고 응답하였으며 높아지지 않았다는 부정적인 응답은 3명(8.1%)으로 나타났다. 이는 생물 과목이 우리 몸에서 일어나는(6명, 16.2%) 신기하고 재밌는(24명, 64.9%) 생명 현상을 학습하는 것임을 볼 때 NCBI를 활용하는 학습 활동이 학생들의 생명 현상에 대한 호기심과 욕구를 충족시키는 것이 될 수 있음을 보여주는 결과이다.

위의 분석 결과를 바탕으로 볼 때 NCBI를 활용하여 이루어지는 교수-학습은 현재 과학자들의 연구하고 있는 신뢰가 높은 실제의 결과를 사용하여 과학자처럼 학습 활동을 함으로 굳이 탐구 실험을 통하지 않더라도 추상적 개념을 구체화시킬 뿐만 아니라 생물에 대한 관심과 흥미를 높일 수 있는 한 방법이 될 수 있음을 제시한다.

### (3) NCBI 활용성과 효과에 대한 답변 분석

NCBI를 활용한 수업 처치 후 설문지 검사를 통하여 NCBI의 활용성을 조사하였다. 설문지 문항은 ‘수업 외의 시간에 NCBI의 자료를 활용하여 생물 정보를 검색하는 숙제를 내주었을 때 숙제하기가 힘들까요?’이었으며 그 결과는 <표 10>과 같다.

<표 10> 수업 시간 외 NCBI의 활용성

	매우 힘들 것이다	조금 힘들 것이다	보통일 것이다	별로 힘들지 않을 것이다	쉬울 것이다
NCBI의 자료를 활용하여 생물 정보를 검색하는 숙제를 내주었을 때 숙제하기가 힘들까요?	4(10.8%)	8(21.6%)	11(29.8%)	10(27.0%)	4(10.8%)

단위 : 명(%), N=37

NCBI에 접속하여 생물 정보를 검색하는 숙제에 대해서 매우 힘들 것이다 4명(10.8%), 조금 힘들 것이다 8명(21.6%), 보통일 것이다 11명(29.8%), 별로 힘들지 않을 것이다 10명(27.0%), 쉬울 것이다 4명(10.8%)로 응답하였다. 보통일 것이다 이상으로 쉬울 것이라는 응답이 67.6%이며 심지어 쉬울 것이라고 응답한 학생도 10.8%나 되었다. 숙제를 할 수 있으면 활용성이 증가한다고 볼 수 있으므로 NCBI에 대한 활용성은 큰 편이라고 해석할 수 있다. 무엇보다 직접 NCBI에 접속하는 학습 활동을 한 활동지2의 수업에 대한 장점으로 시각적인 자료 14명(37.8%), 직접 컴퓨터로 작업이 가능하다 11명(29.8%), 새로운 프로그램 5명(13.5%), 정확한 모형 2명(5.4%) 등으로 응답하고 있어 학생들의 자기주도적 학습 욕구와 학습 동기 유발에 NCBI의 자료가 효과적임을 알 수 있다. 하지만 숙제하기 힘들다 이하의 응답도 32.4%나 되었다. 숙제하기 힘든 이유로 영어로 되어 있는 사이트 13명(35.1%), 하는 법을 안내해줘야 한다 6명(16.2%)으로 등으로 응답하고 있어서 교사가 학습 주제에 맞추어 NCBI의 메뉴를 활용하는 데 어려움이 없도록 자세한 안내지를 개발할 필요가 있음을 알 수 있다. 또한, 활동지2의 수업에서 인터넷 속도가 수업에 장애 요인이 된다고 답한 학생도 14명(37.8%)이나 되어 한 번에 많은



컴퓨터가 NCBI에 접속하였을 때 인터넷의 속도가 수업의 중요한 환경 요인이 될 수 있음을 알 수 있었다. 하지만, 생체 물질의 3차 구조를 관찰하는 활동인 경우 NCBI 사이트로부터 학생별 컴퓨터에 자료를 저장한 후에 관찰하면 개선이 될 것으로 본다.

수업에 참관한 교사 2명과 대학원생 2명을 대상으로 NCBI를 활용한 수업에 대한 의견을 조사하여 보았다. 면담 조사의 결과는 다음과 같다.

수업교사 : NCBI를 활용한 수업에 대해서 의견을 말해 주세요.

교사1(화학 전공, 20년 경력) : 활동지1의 수업은 분자 수준 물질을 직접 볼 수 있어서 학생들이 그동안 추상적으로 생각했던 것을 구체적으로 생각할 수 있을 것 같다. 활동지2의 수업은 안내가 자세하게 되어 있어 학생들이 활동지의 순서에 따라 학습하다 보면 원하는 학습 내용을 찾을 수 있는 것 같다.

교사2(생물 전공, 3년 경력) : 그동안 경험할 수 없었던 내용을 학생들이 좋아하는 컴퓨터를 활용하여 수업할 수 있어서 좋았습니다. NCBI의 3차 모형들이 인상적이었습니다.

교사3(교감, 지리전공, 20년 경력) : 컴퓨터를 활용한 훌륭한 수업이었습니다. 수고했습니다. 인터넷 속도는 아마 학기말이어서 전 교실에서 컴퓨터를 사용하고 있기 때문인 듯합니다.

대학원생1(석사과정) : (활동지1의 수업 참관 후)생각보다 시간이 많이 소요되지 않는 것 같고 학생들이 효소의 입체적인 구조에 매우 관심 있게 보는 것이 인상적이다.

대학원생 2(박사과정) : (활동지2의 수업 참관 후)80~90%의 학생이 따라간다. 인터넷 환경만 좋았으며 모든 학생들이 따라 할 수 있을 것 같다. 아미노산, 유전자, 단백질, 활성 부위, 구조, 기타 기본 생물 용어에 대한 지식이 필요하다.

개발한 수업 모듈을 적용한 학교는 정보화 시대에 맞추어 많은 예산을 들여서 한 학급의 학생이 인터넷을 사용할 수 있는 컴퓨터실이 2개가 있으며 각 학년 교실마다 인터넷을 접속할 수 있는 컴퓨터, 대형 스크린과 대형 TV, 빔프로젝트 등이 갖추어져 있다. NCBI를 비롯한 생물정보학 사이트를 활용하여 수업하기에는 매우 좋은 환경이다. 하지만 이러한 시설이 없는 경우 NCBI의 활용성과 수업의 효과는 제한적일 수 있다.



## V. 결론

최근 들어 현대의 분자생물학은 급격히 발전하고 있다. 1980년대 중반부터 시작하여 2003년에 마무리된 인간유전체사업은 인간의 DNA 서열순서를 대부분 밝혔을 뿐 아니라 다른 생물의 유전체 정보까지 알 수 있게 되었다. 나날이 발전하는 분자생물학 연구 기술은 생물의 유전체 정보뿐 아니라 생명 현상에서 중요한 역할을 하는 다양한 단백질의 정보까지 다량 확보 할 수 있게 되었다. 컴퓨터 기술도 나날이 발전하여 폭발적으로 증가하는 생체 물질에 대한 정보들을 데이터베이스화하였으며 이로서 생물정보학이라는 새로운 생물학 분야가 생기게 되었다. 생물정보학은 유전병, 암, 병원체에 의한 질병 등을 근본적으로 치료할 수 있는 방법들을 연구하는 학문이며 전 세계의 생물학자들이 연구에 앞서 인터넷 사이트를 통하여 다양한 생체 정보를 공유할 수 있게 해 주었으므로 생물학은 가히 폭발적으로 발전하고 있다고 할 수 있겠다.

학교의 생물교육은 이러한 발전하는 생물학을 반영하여야 한다. 외국에서는 이미 인터넷을 통하여 접한 다양한 생체 정보들을 수업 시간에 활용할 수 있는 자료들을 개발하거나 직접 교육적인 생물정보학 사이트를 개설하기도 하는 등 그동안 복잡한 분자 생물학 실험 실습만으로 설명하기 어려웠던 이론 수업에 적극적으로 활용하고 있는 추세이다.

최근 우리나라에서 전 국민적으로 공론화되고 있는 것 중에는 생물학과 관련된 내용이 많다. 배아복제, 조류독감, 과학수사, 광우병 등의 문제들은 국민들이 그 내용을 정확하게 알고 있지 않아서 개인적 판단과 더불어 사회적 판단을 주저하게 되어 자칫 일부 학자들의 의견을 그대로 수용하게 되는 사태가 되기도 한다. 중등학교에서 심화 과목으로서 생물을 이수한 학생들조차 그러한 생물학적 문제들이 어떤 현상들인지 정확히 알지 못한다. 장차 이공계 대학으로 진학하고자 하는 학생들은 학교에서 배우는 심화 선택 과정으로서의 생물 과목을 입시 과목 중 하나로 인식하여 이해되지 않은 개념은 그냥 암기하려고만 한다. 이러한 형태의 학습은 현대생물학의 연구가 그대로 이루어지고 있는 대학에 진학하면 개념의 차이가 심각하게 벌어지게 되는 것이다.

현재 중등학교 심화 선택 과정 생물 교실에서 분자 수준의 생체물질이 관여



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

하는 생명 현상에 대한 학습은 주로 이론식 설명으로만 이루어지고 있다. 분자생물학 관련 실험 실습을 하기에는 어려운 학교의 환경에서 대학 입시에의 부담감을 가지고 추상적인 분자 수준에 대한 개념들을 나열식 설명에 의존할 수밖에 없다. 학생들은 경험하지 못한 생명 현상에 대한 개념을 어려워하고 이해가 되지 않으면 무조건 암기하거나 심지어 포기해버리는 경우도 생긴다.

본 연구자는 현재 학교의 심화 선택 과정 생물 수업 방법 개선의 대안을 찾고자 생물정보학의 중요한 보고인 NCBI 인터넷 사이트의 자료들을 활용하여 학생들의 과학적 개념 형성에 도움을 주고 생명 현상에 대한 흥미를 진작시키고자 하였다. 현재의 '생물 I'과 '생물 II'의 학습 내용 중 NCBI의 자료를 활용할 수 있는 학습 내용을 분석하고 그 중에서 효소의 구조와 관련된 수업 모듈을 개발하였다. 개발한 수업 모듈은 2회 각 1차시 분량이며 NCBI의 자료 중 입체적이고 시각적인 3차 구조에 대한 영상, 단백질 정보, 비교 분석 프로그램 등을 수업 시간의 일부 혹은 대부분에 활용하였다. 개발한 수업 모듈을 심화 선택 과정을 이수하고 있는 인문계 고등학생들에게 적용하였으며 통계 처리, 면담 조사 등으로 분석하여 개발한 수업 모듈의 효과를 살펴보았다. 그 결과, 분자 수준 생체 물질과 관련된 과학적 개념 향상에 도움이 되었으며 학생들의 생물 과목과 생명 현상에 대한 관심과 흥미도 높아졌다는 결과가 나타나서 NCBI를 심화 선택 과정의 수업에 활용하는 것이 효과적임을 알 수 있었다. 하지만, NCBI의 자료는 손쉽게 접근할 수 있어 활용도는 커지만 방대한 정보와 영어로 된 사이트이므로 교사가 자세한 안내지를 개발할 필요가 있으며 현재 대부분의 학교는 정보화가 이루어져 학교의 인터넷 환경도 우수한 편이지만 NCBI 접속과 활용에 지장이 없는 교실 환경이 필요함을 알 수 있었다.



## VI. 참고 문헌

- 교육부(1997). 과학과 교육과정. 교육부고시. 15.
- 김미영(2002). 생식과 유전 개념 학습에서 고등학생의 개념생태 분석, 석사학위논문. 한국교원대학교. 충북청원군.
- 김미영, 김희백(2007). 모형 기반 수업을 통한 혈액 순환 개념의 다차원적 분석. 한국생물교육학회지, 35(3), 407-424.
- 김영수(2007). 컴퓨터를 활용한 생물 교재(컴퓨터 접속 장치를 이용한 생물 실험 지도). 서울: 서울대학교 사범대학 생물교육과.
- 김윤희, 문두호(2002). 공통과학 중 생물 분야에 대한 일반계 고등학생들의 오개념 연구. 과학교육연구원, 29, 7-31.
- 김일중, 김재현(1998). 중학교 과학교육을 위한 멀티미디어 학습자료 개발 연구. 과학교육연구, 29(1), 143-156.
- 김재호 역 (2001). 생물화학 제3판. 서울: 청문각.
- 김현섭 외 (1999). 중 고등학교 생물분야 학습을 위한 멀티미디어 데이터베이스 개발 연구. 한국생물교육학회지, 27(1), 11-24.
- 김희백, 이성조, 김형련, 이선경, 강경미, 김성하(2002). 유전 개념의 이해를 위한 염색체 모형 이용 수업의 효과. 한국생물교육학회지, 30(3), 282-288.
- 박강훈(2002). 중등학교 학생들의 호흡에 관한 개념 조사. 석사학위논문. 서울대학교. 서울.
- 박상대 외 역 (2007). 필수세포생물학. 서울: 교보문고.
- 박성열, 유병민, 최종일(2005). 웹 기반 교수-학습 관련 변인이 학습 효과에 미치는 영향에 대한 메타 분석. 한국교육공학, 21(2), 127-152.
- 박성환(2007). 고등학교의 생물학과 대학에서의 분자생물학 교육의 연계성에 관한 연구. 석사학위논문. 한남대학교. 대전.
- 서정희(2002). 생물교육 활성화를 위한 생물교육 자료 및 정보 센터 웹사이트의 구축과 활용 분석. 박사학위논문. 서울대학교. 서울.
- 심재호, 정은영, 김주훈(2006). 제7차 생물 I 과 생물 II 교육과정 개정 방안



서울대학교  
교육종합연구원  
과학교육연구소



서울대학교  
교육종합연구원  
과학교육연구소



서울대학교  
교육종합연구원  
과학교육연구소

- 연구. 한국생물교육학회지, 34(4), 508-519.
- 양재섭 외 역 (2007). 왓슨 분자생물학 제5판. 서울: 월드 사이언스.
- 우수명(2002). 마우스로 잡는 SPSS10.0. 서울: 인간과 복지.
- 유주현(2005). 고등학교 생물교과서와 대학교 일반생물 교재의 비교분석. 석사학위논문. 경희대학교. 서울.
- 이문원 외 (2007). 고등학교 과학. 서울: (주)금성출판사.
- 이미숙(2001). 멘델 유전 학습을 위한 웹 기반 시뮬레이션형 코스웨어 개발. 석사학위논문. 한국교원대학교. 충북청원군.
- 이상인, 신영준, 동효관, 백승용(2007). 고등학교 생물 I. 서울: (주)지학사.
- 이상인, 신영준, 동효관, 백승용(2007). 고등학교 생물 II. 서울: (주)지학사.
- 이성조(2002). 비유와 모형을 이용한 생물 수업이 고등학생들의 학업성취도와 학습태도에 미치는 효과. 석사학위논문. 한국교원대학교. 충북청원군.
- 이옥희(2000). 초·중등학생 과학탐구 활동 안내를 위한 웹사이트 구축과 운영. 석사학위논문. 서울대학교. 서울.
- 이원경(2008). 실험 결과 해석 과정에서 체계적 비유가 효소 개념 변화에 미치는 영향. 박사학위논문. 서울대학교. 서울.
- 이재경(2000). 웹 기반 자기주도적 학습 모형의 개발 및 적용에 관한 연구. 교육공학연구, 16(2), 83-106.
- 이현주(2001). 고등학교 생물 분류 학습에 효과적인 웹기반 학습 자료의 구조화에 관한 연구. 박사학위논문. 서울대학교. 서울.
- 정화숙, 조희형, 허 명, 김희백, 정영란, 조정일(2004). 생물 교재연구 및 지도법. 서울: 교육과학사.
- 조희형, 최경희(2002). 과학교육 총론. 서울: 교육과학사.
- 조희형, 최경희(2002). 구성주의와 과학교육. 한국과학교육학회지, 22(4), 820-836.
- 한인호(2005). 중학교 1학년 과학의 상태 변화와 에너지 단원에 대한 애니메이션 자료 개발과 컴퓨터 활용 수업의 효과. 석사학위논문. 한국교원대학교. 충북청원군.
- David L. Nelson, Michael M. Cox(2004). *Lehninger Principles of Biochemistry. (3rd ed.)*. Worth.



Ehichoya Amenkhienan(2006). A web-based genetic polymorphism learning approach for high school students and science teachers. *Biochemistry molecular biology education*, 34(1), 30-33.

Francis S. Collins, et al. (2003). The human genome project: lessons from large-scale biology. *Science*. 300(5617), 286-290.

Lodish et al. (2008). *Molecular Cellular Biology*. (6th ed.). Freeman.

Kathleen M. Gabric(2003). Bioinformatics in the Biology classroom. *ActionBioscience*.

Seth Bordenstein. Bioinformatics Lab. *Marine Biological Laboratory*.

인터넷 사이트 :

<http://actionbioscience.org>

<http://bsw-uiuc.net>

<http://cgland.inha.ac.kr/bbs/bchem/bc01-10.htm>.

<http://fig.cox.miami.edu>

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>

<http://images1.clinicaltools.com>

<http://uhlpharma.com>

<http://www2.sat.psu.ac.th>



서울대학교  
교육종합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육종합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육종합연구소  
과학교육연구소

## 국문 요약

### 미국 국립생물정보센터(National Center for Biotechnology Information) 사이트를 활용한 고등학교 심화 선택 생물 수업 모듈의 개발 및 적용 (효소의 구조 관련 학습을 중심으로)

최근의 분자생물학 발달로 인해 유전체, 단백질 등과 같은 다양한 생체 물질의 구조와 기능에 관한 분자 수준의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이러한 연구 결과 축적된 다양한 정보들은 데이터베이스화되어 누구나 그 정보를 공유할 수 있게 되었다. 그 중에서도 미국의 국립생물정보센터(National Center for Biotechnology Information)에는 유전체 서열, 단백질의 아미노산 서열, 단백질의 입체 구조 등과 같은 다양한 정보가 저장되어 있으며, 웹사이트를 통해 아무런 제약 없이 누구나 이 정보를 사용할 수 있다. 이러한 정보는 생물학 연구자 뿐 만 아니라 중등 생물 교육 현장에서도 활용 가치가 매우 큰 것으로 여겨지며, 따라서 본 연구에서는 NCBI에 저장된 정보를 활용하여 중등 교육현장에서의 생물 개념 학습의 대안이 되고자 수업 모듈을 개발하였다. 개발한 수업 모듈은 NCBI의 분자 수준의 모습을 관찰할 수 있는 3D 영상, 아미노산의 수와 배열 정보, BLAST(아미노산이나 핵산의 정보 비교) 등을 활용하여 효소의 구조와 관련된 학습이 이루어지도록 하였다. 실제의 모습에 가까운 효소의 구조, 특히 효소의 활성 부위를 관찰하거나 효소의 성분을 분석함으로써 추상적이던 효소 개념들이 구체화 될 수 있도록 제작되었다. 수업 모듈은 2회 각 1차시 분량의 내용을 포함하고 있으며 서울 소재 인문계 여자고등학교 2학년 학생에게 적용하여 그 효과를 검증해 보았다. 수업 전·후에 사전·사후 검사를 실시하여 효소의 구조와 관련된 과학적 개념의 변화를 살펴보았으며 수업 후 설문지 검사를 통하여 효소와 기질의 반응, 효소와 전구체의 비교에 대한 과학적 개념의 변화, 생물에 대한 흥미와 관심, NCBI의 활용성과 효과에 대하여 조사하여 보았다. 그 결과 효소의 저해제, 효소의 전구체 개념 학습에 유의미한 것으로 나타났으며 효소와 기질의 반응, 효소의



전구체에 대한 효소의 구조와 관련된 과학적 개념이 암기 수준의 추상적인 것에서 구체적인 것으로 향상되었다. 또한, 생물 과목과 생명 현상에 대한 관심과 흥미가 높아졌다고 답한 학생이 각각 51.3%, 56.7%로 나타나 학생들의 생물 학습에 대한 동기 유발과 생명 현상에 대한 호기심을 불러일으키는데 효과적이었음을 알 수 있었다. 또한, NCBI의 활용성에 대해서 보통이상의 활용이 가능하다고 한 응답이 67.6%가 되어 자가 학습에의 활용성이 높은 것으로 나타났다. 본 연구로 눈에 보이지 않는 수준의 분자생물학적 개념의 이론적 설명에 NCBI의 정보를 활용하는 것이 학생들의 과학적 개념 형성과 생물학에 대한 흥미와 관심을 높이는데 효과적이며 그 활용성도 높은 것임을 알 수 있었다.



주요어 : NCBI, 분자생물학, 효소의 구조, 전구체, 과학적 개념, 심화 선택과정



## < 부 록 >

부록 1. NCBI 자료를 활용할 수 있는 ‘생물Ⅰ’의 학습 내용 .....	59
부록 2. NCBI 자료를 활용할 수 있는 ‘생물Ⅱ’의 학습 내용 .....	61
부록 3. ‘효소에 대해서 알아보자’(활동지1) .....	63
부록 4. ‘효소와 효소의 전구체를 비교해 보자’(활동지2) .....	67
부록 5. 사전 검사지1 .....	75
부록 6. 사후 검사지1 .....	77
부록 7. 사전 검사지2 .....	79
부록 8. 사후 검사지2 .....	80
부록 9. 설문지1 .....	81
부록 10. 설문지2 .....	83



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

<부록 1> NCBI의 자료를 활용할 수 있는 ‘생물 I’의 학습 내용

순	대단원명	중단원명	소단원명	활용할 개념	NCBI 소재	NCBI메뉴
1	I. 생명현상의 특성	생명현상의 특성	생물의 특성	물질대사	효소	MMDB
2	I. 생명현상의 특성	생명현상의 특성	생물의 특성	항상성	인슐린, 글루카곤	MMDB
3	I. 생명현상의 특성	생명현상의 특성	생물의 특성	적응	멜라닌	MMDB
4	II. 영양소와 소화	영양소의 종류와 기능	부영양소	무기염류의 역할	호흡효소	MMDB
5	II. 영양소와 소화	영양소의 소화와 흡수	화학적 소화	효소의 최적 온도와 최적 pH	펩신	MMDB
6	II. 영양소와 소화	영양소의 소화와 흡수	소화기관과 소화 작용	녹말분해효소	침 아밀라아제, 이자아밀라아제	Protein BLAST MMDB
7	II. 영양소와 소화	영양소의 소화와 흡수	소화기관과 소화 작용	위에서의 소화 전구체의 역할	펩시노겐과 펩신	Protein BLAST MMDB
8	II. 영양소와 소화	음주와 건강	음주	숙취의 원인	ADH, ALDH	MMDB MapViewer
9	III. 순환	체액의 조성	혈액의 구성 성분과 기능	적혈구의 기능	헤모글로빈	MMDB
10	III. 순환	체액의 조성	혈액의 구성 성분과 기능	혈소판	트롬보키나아제	MMDB
11	III. 순환	혈액의 방어 기능	혈액 응고	혈소판, 혈액 응고 기작, 전구체	트롬보키나아제, 트롬빈, 프로트롬빈, 피브리	Protein BLAST MMDB
12	III. 순환	순환기계통 질병	순환계 질환	동맥경화	LDL-콜레스테롤	MMDB
13	IV. 호흡	사람의 호흡기관의 구조와 기능	가스 운반	산소포화도	헤모글로빈, 태아 헤모글로빈, 겸형적혈구빈혈증의 헤모글로빈	MMDB Protein BLAST
14	IV. 호흡	세포호흡	유기호흡	ATP의 발생	ATP	MMDB
15	IV. 배설	배설기관의 구조와 기능	호르몬에 의한 오줌량 조절	오줌량 조절 호르몬	항이뇨호르몬, 알도스테론	MMDB



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

순	대단원명	중단원명	소단원명	활용할 개념	NCBI 소재	NCBI메뉴
16	V. 배설	배설과 건강	오줌과 건강	당뇨병	선천성 당뇨병	MapView
17	VI 자극과 반응	감각기관의 구조와 기능	시각기	광화학반응	로돕신	MMDB
18	VI 자극과 반응	감각기관의 구조와 기능	평형기	전정기관	이석(otolith)	MMDB
19	VI 자극과 반응	뉴런과 신경계	신경계의 구성	신경전달물질	아세틸콜린	MMDB
20	VI 자극과 반응	뉴런과 신경계	흥분의 전도	분극, 탈분극, 재분극	나트륨채널, 칼륨채널, 나트륨/칼륨 펌프	MMDB
21	VI 자극과 반응	호르몬	호르몬의 특성	호르몬의 표적기관	호르몬과 호르몬 수용체	MMDB
22	VI 자극과 반응	약물의 오남용과 건강	약물의 남용	각성제	각성제	MMDB
23	VII 생식과 발생	사람의 생식기관의 구조와 기능	생식세포의 형성	생식세포의 염색체 수	생식세포의 염색체	Map Viewer
24	VII 생식과 발생	수정과 발생	성병과 건강	에이즈	HIV	MMDB
25	VIII. 유전	염색체와 유전자	사람의 염색체	사람의 염색체	사람의 염색체	MapView
26	VIII. 유전	염색체와 유전자	유전형질의 전달	유전자	유전자	MapView Nucleotide HumanGenomeResources
27	VIII. 유전	염색체 이상과 유전병	유전자 돌연변이	겸형적혈구 빈혈증	겸형적혈구 헤모글로빈	MMDB
28	VIII. 유전	염색체 이상과 유전병	염색체 돌연변이	다운증후군, 모성증후군	사람의 염색체	MapView
29	IX. 생명과학과 인간의 생활	생물학과 인간의 생활	유전학의 발달	DNA의 이중나선구조의 발견	DNA	MMDB
30	IX. 생명과학과 인간의 생활	생물학과 인간의 생활	현대생물학	인간게놈프로젝트, 생물정보학	인간의 게놈정보	Nucleotide



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

<부록 2> NCBI의 자료를 활용할 수 있는 ‘생물Ⅱ’의 학습 내용

순	대단원명	중단원명	소단원명	활용할 개념	NCBI 소재	NCBI메뉴
1	I. 생물의 특성	세포의 구조와 기능	세포의 구조와 기능	유동모자이크 모델	막단백질	MMDB
2	I. 생물의 특성	세포의 구조와 기능	세포의 구조와 기능	엽록체의 특징	광계	MMDB
3	I. 생물의 특성	세포의 구조와 기능	세포의 구조와 기능	분비단백의 경로	효소	MMDB
4	I. 생물의 특성	세포막을 통한 물질 이동	수동적인 물질 이동	확산, 삼투	Na채널, K채널	MMDB
5	I. 생물의 특성	세포막을 통한 물질의 이동	능동적인 물질 이동	능동수송	나트륨/칼륨 펌프, ATP	MMDB
6	I. 생물의 특성	효소	효소의 구조와 종류	효소의 구성, 활성부위	펩신, 펩시노젠, 카탈라아제	MMDB Protein BLAST
7	I. 생물의 특성	효소	효소의 특성	효소의 변성, 효소의 저해제	펩신의 활성부위, 펩신과 경쟁적 저해제	MMDB
8	II. 물질대사	광합성	광합성 장소	엽록체	엽록소, 광계	MMDB
9	II. 물질대사	광합성	광합성에 영향을 미치는 조건	광포화점	광계	MMDB
10	II. 물질대사	광합성	명반응	광계의 안테나 색소, 전자전달계, 광인산화	광계, 안테나 색소, ATP합성효소, ATP	MMDB
11	II. 물질대사	광합성	암반응	이산화탄소의 고정	RuBPCarboxylase	MMDB
12	II. 물질대사	광합성	암반응	C <sub>3</sub> 식물과 C <sub>4</sub> 식물의 차이	RuBPCarboxylase	MMDB
13	II. 물질대사	호흡	호흡의 특성	ATP	ATP	MMDB
14	II. 물질대사	호흡	유기호흡	탈수소와 탈탄산작용, TCA 회로	NAD, 카르복시라아제	PubChem MMDB
15	II. 물질대사	호흡	유기호흡	전자전달계, 산화적 인산화	cytochrome ATP합성효소 ATP	PubChem MMDB



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

순	대단원명	중단원명	소단원명	활용할 개념	NCBI 소재	NCBI메뉴
16	II. 물질대사	호흡	생활에너지의 이용	ATP의 이용, 근육의 수축	미오신 헤드, ATP	MMDB
17	III. 생명의 연속성	염색체	염색체	염색체와 유전자	사람의 염색체, 유전자의 위치	Human Genome Resources
18	III. 생명의 연속성	유전자의 본질	유전자의 본질	허시와 체이스의 실험	박테리오파아지	MMDB
19	III. 생명의 연속성	유전자의 본질	DNA의 구조	DNA의 이중나선구조, 누클레오솜	DNA, 히스톤단백질	MMDB Protein
20	III. 생명의 연속성	유전자의 본질	DNA 복제	DNA의 자기복제	DNA중합효소, 리가아제, 헬리카아제	MMDB
21	III. 생명의 연속성	유전자와 형질발현	유전정보의 전달	유전자	아밀라아제	Nucleotide Map Viewer
22	III. 생명의 연속성	유전자와 형질발현	유전정보의 전달	유전정보의 전사	RNA와 RNA중합효소	MMDB
23	III. 생명의 연속성	유전자와 형질발현	유전정보의 전달	단백질 합성	tRNA와 아미노아실전이효소, 리보솜	MMDB
24	III. 생명의 연속성	생물의 진화	생명의 기원	세포내 공생설	미토콘드리아 DNA	Map Viewer
25	IV. 생물의 다양성과 환경	종의 개념과 계통수	분류의 개요	종의 개념, 동정, 멸종, 계통수	특정유전자, 특정생체물질, 미지의 유전자, 사람, 네안데르탈인	Nucleotide BLAST
26	V. 생물학과 인간의 미래	생명 공학	생명 공학 기술	단일 클론 항체	HIV의 단일 클론 항체	MMDB
27	V. 생물학과 인간의 미래	생명 공학	생명 공학 기술	유전자 재조합	제한효소와 DNA, 인슐린	MMDB
28	V. 생물학과 인간의 미래	생명 과학의 가능성	암의 치료	항암제	전사억제효소	MMDB
29	V. 생물학과 인간의 미래	생명 과학의 가능성	에이즈의 치료	에이즈	HIV의 역전사효소	MMDB
30	V. 생물학과 인간의 미래	생명 과학의 가능성	노화 억제	노화의 원인	텔로머라아제	MMDB



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

<부록 3> ‘효소에 대해서 알아보자’(활동지1)



## 효소에 대해서 알아보자

( )년 ( )월 ( )일 ( )학년 ( )반 ( )번 이름 ( )

(1) 생체 내에서는 생체 밖에서 일어나기 힘든 화학반응도 빠르게 일어납니다. 이것은 생체촉매인 효소의 도움이 있기 때문에 가능한 일입니다. 그렇다면 과연 효소는 어떤 구조를 가지고 있으며 기질과 어떻게 반응할까요?

### 1. 목표

#### (1) 지식

- 생체 촉매인 효소의 구성과 구조에 대해서 설명할 수 있다.
- 효소와 기질간의 결합에 대해서 설명할 수 있다.
- 효소의 저해제와 보조인자에 대해서 설명할 수 있다.

#### (2) 탐구 과정

- 제시한 현상에 대해서 원인과 결과 관계를 분석하고 자신의 의견을 발표할 수 있다.
- 제시한 현상에 대한 자신의 생각을 조작활동을 통하여 표현할 수 있다.
- 물질대사에서 효소의 역할을 구조와 관련지어서 생각할 수 있다.

#### (3) 태도

- 제시한 자료를 분석 후 자신의 생각을 수정할 것인지 유지할 것인지에 대해서 판단할 수 있다.
- 생체 내 물질의 구조와 기능에 대해서 관심을 가질 수 있다

### 2. 과정

 생물체의 물질대사는 생체 밖에서의 화학반응보다 낮은 온도에서도 반응이 빠르게 일어납니다. 이것은 효소가 반응물질인 기질의 활성화 에너지를 낮추어 촉매 반응을 일으킨 결과입니다. 효소와 기질은 어떻게 만나게 된 것일까요? 효소는 기질과 만나기 위해서 어떤 구조를 가지고 있는 것일까요? **(탐색)**

1. 효소와 기질의 반응을 살펴보고 토의해 봅시다.

- (1) 삶은 달걀의 흰자 부분만 믹서로 간 다음 증류수로 희석한 후 거즈로 걸러 낸다.
- (2) 두 개의 시험관 A, B에 흰자 용액을 각각 25mL씩 넣은 후 묽은 염산을 몇 방울 떨어뜨려 pH2를 유지시킨다.
- (3) 시험관 A에는 펩신 용액을, (B)에는 물을 각각 15mL씩 떨어뜨린다.
- (4) 반응 후 어느 시험관이 더 투명해지는 지를 비교한다.

1. 삶은 달걀의 흰자를 재료로 사용한 이유는 무엇이며 왜 믹서로 갈아서 사용 하였을까요?

2. (2)에서 pH2로 유지한 이유는 무엇일까요? 또, 반응시간을 단축시키려면 어떤 조건을 일정하게 해주어야 할까요?

3. 반응 후 어느 시험관이 더 투명해졌나요? 그리고, 그 이유는 무엇일까요?

4. 토의한 결과를 발표해 보고 다른 조와 비교 해 봅시다.

▶ 달걀흰자의 분해 반응을 생각해 볼 때 효소와 기질이 만나기 위해서는 효소는 어떤 구조를 가지고 있는지 살펴봅시다 (개념 소개).

하지만 효소와 기질은 분자수준의 물질이어서 눈으로 확인하기 어렵습니다. 그래서 과학자들과 정보학자들이 X-선 결정구조법 등의 기술을 이용하여 실제에 가까운 모형을 제작하여 NCBI에 정리해 두었습니다. NCBI(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)에서 효소를 찾아 효소의 구조, 효소의 구성 물질, 활성부위, 효소-기질 복합체 형성 등에 대해서 자세히 알아봅시다.



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

※ 지도상 유의점

수업의 도입부분으로 너무 많은 시간을 할애하지 않도록 한다.

※ 준비물과 유의점

1. 삶은 계란 흰자 용액, 증류수, 펩신용액, 묽은 염산, pH미터기
2. 삶은 흰자 용액은 너무 묽지 않게 한다.
3. 펩신은 SIGMA사 제품으로 제품번호는 P7000 -25G이다. 800~2500unit/mg의 펩신이 고형의 가루 상태로 되어 있다. 독극물로 분류되므로 장갑을 끼고 만져야 한다.
4. 펩신 용액은 120mg (96,000unit/mg)을 50ml의 증류수에 희석하여 사용한다.



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

※ 실험상 유의점

삶은 계란 흰자 용액, 펩신용액, 증류수는 pH미터기를 이용하여 pH2로 맞춘 후 사용한다.

※ 지도상 유의점

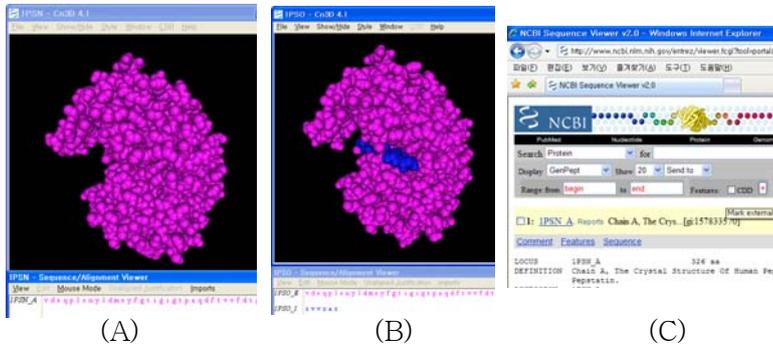
1. 1학년 때 학습한 효소, 기질, 효소-기질복합체, 효소의 활성부위, 활성화 에너지, 열쇠-자물쇠 모델 등의 개념을 상기하여 설명하도록 한다.
2. 학생의 선개념이 확인될 수 있도록 진행한다.



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



1. 효소의 구조에 대해서 알아보자. (A)는 펩신을, (B)는 펩신이 경쟁적 저해제와 결합한 것을, (C)는 펩신의 구성을 나타낸 그림이다.



(A) (B) (C)

지도상 유의점

1. 교사는 수업 전에 수업에 활용할 NCBI 모형들을 미리 다운로드하여 저장한다.
2. 저장된 모형들을 마우스로 회전시키며 다양한 모습이 보일 수 있도록 조작한다.
3. 기질과 반응하는 효소의 활성부위를 중심으로 설명한다.
4. 효소, 기질, 효소-기질과의 관계 등의 개념들이 이미 확인한 오개념들과 스스로 비교할 수 있도록 발문한다.
5. 저해제의 종류와 기능을 간략히 설명한다.

1. 펩신은 전체적으로 보았을 때 무엇과 닮아 있나요?

2. 펩신을 구성하는 물질은 무엇이며 그 구성은 어떠한가요?

3. 펩신의 경쟁적 저해제는 펩신의 어느 부위에 결합하였나요?

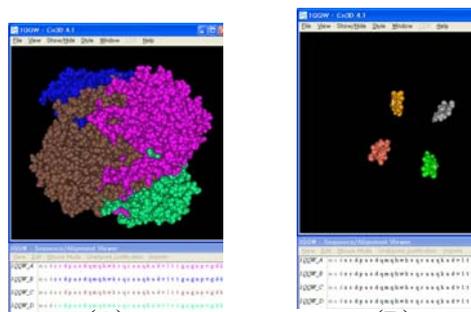
4. 효소의 저해제에는 비경쟁적 저해제도 있습니다. 비경쟁적 저해제는 어떤 방식으로 효소의 기능을 저해할까요?

참고

1. 펩신(pepsin)의 NCBI의 모형의 MMDB번호 :  
IPSN : 펩신만 보인다.  
IPSO : 펩신과 저해제가 결합되어 있다.
2. protein(단백질) 정보에 대해서는 아미노산의 수나 배열확인 등에 한하여 지도하며 너무 자세하게 하지 않도록 한다.
3. 카탈라아제(catalase)의 NCBI의 MMDB번호 :  
1DGF



2. 효소의 보조인자에 대해서 알아보시다. (A)는 4량체로 결합된 카탈라아제 전체를, (B)는 보조인자들을 나타낸 그림입니다.



(A) (B)

지도상 유의점

카탈라아제의 보조인자인 헴기에 대해서 간략히 소개한다.





➡ 1. 단백질 성분 이외에 카탈라아제를 구성하고 있는 것은 무엇 인가요?

➡ 2. 금속 인자 외에도 조효소 등도 효소를 구성하기도 합니다. 효소의 주성분인 단백질 외에 효소를 구성하는 조효소, 금속 인자들을 효소의 ( )라고 합니다. 빈 칸에 알맞은 용어를 채워 보세요.

🔍 NCBI모형을 생각하며 학습한 내용을 응용해 봅시다 (개념 응용).

다음의 질문에 답하며 효소와 기질의 반응을 고무찰흙으로 만들어봅시다. 효소의 저해제는 다른 색깔의 고무찰흙으로, 보조인자는 쿡으로 표현하여 효소-기질 복합체 모형에 결합하여 봅시다.

➡ 1. 반응 전후 물질의 상태가 변하는 것은 효소인가요? 기질인가요?

➡ 2. 효소의 활성부위는 효소의 입체 구조 안으로 들어가 있나요? 밖으로 돌출되어 있나요?

➡ 3. 최적 온도와 최적 pH가 아닌 환경에서 효소는 어떻게 변할지 생각해 봅시다. 특히, 효소의 어느 부위가 변하는 것일까요?

➡ 4. 효소의 활성부위에서 기질과 약한 수소결합이 형성됩니다. 수소결합은 약한 비공유 결합이지만 여러 개가 결합하면 강하게 결합합니다. 효소-기질 복합체는 여러 개의 수소결합으로 이루어지며 이 때, 효소는 기질의 **활성화 에너지를** 낮추어 반응을 촉매하게 됩니다.

효소와 기질의 구조가 어떤 모습일 때 효소-기질 복합체를 형성하기 유리한지 효소의 구조를 생각하며 그려 보세요.

준비물과 유의점

1. (조별) 색깔과 크기가 다른 고무찰흙, 조각난 이쑤시개, 쿡
2. 효소와 기질의 상대적 크기를 고려하여 제작하고 반응 후에 변할 물질은 다른 색깔의 찰흙으로 결합한 형태로 나타낸다.
3. 효소와 기질의 결합은 이쑤시개를 1/4로 잘라서 사용한다.
4. NCBI 모형을 상기시키며 조별 토의가 이루어진 후 제작하도록 한다.
5. E+S $\rightleftharpoons$ ES $\rightarrow$ E+P에서 E, ES, 반응 후의 E 상태에서의 효소의 활성부위를 상기시킨다.



참고

1. 1학년 때 배운 온도, pH, 기질의 농도에 따른 효소의 반응속도 그래프를 제시한다.
2. NCBI의 MMDB번호: 아밀라아제 :1B9Z 리파아제 : 5TGL



<부록 4> ‘효소와 효소의 전구체를 비교해 보자’(활동지2)



## 효소와 효소의 전구체를 비교해 보자.

( )년 ( )월 ( )일 ( )학년 ( )반 ( )번 이름 ( )

단백질 가수분해 반응의 촉매인 펩신은 위샘에서 전구체인 펩시노겐으로 분비되었다가 위에서 펩신으로 변한 후 소화효소로서의 활성을 갖게 됩니다. 펩신이 펩시노겐으로서 먼저 분비되는 이유는 무엇이며 펩신과 펩시노겐은 어떤 구조적 차이가 있을까요?

### 1. 목표

#### (1) 지식

- 펩신과 펩시노겐의 차이를 설명할 수 있다.
- 효소가 전구체 물질로 분비되면 무엇이 이로운지 설명할 수 있다.
- 생체 내에서 전구체로 분비되는 물질들을 말할 수 있다.

#### (2) 탐구 과정

- 데이터베이스를 활용하여 효소와 효소의 전구체의 차이를 설명하는 자료를 구할 수 있다.
- 조사한 자료를 분석하여 해석할 수 있다.

#### (3) 태도

- 제시된 자료를 근거로 자신의 생각을 수정할 것인지 유지할 것인지에 대해서 판단할 수 있다.
- 생물체내의 조절과정에 대해서 관심을 가질 수 있다.

### 2. 과정

 펩신은 위샘의 분비세포에서 펩시노겐으로 분비된 후 위속이 산성화되면 펩신으로 활성화되어 단백질로 된 영양소의 가수분해반응을 돕습니다. 펩신과 펩시노겐을 구성하는 아미노산은 어떤 차이가 있을까요? 펩신과 펩시노겐의 활성 부위는 구조상 어떤 차이가 있을까요? **(탐색)**.

#### ▶▶ 지도상 유의점

같은 종의 펩신, 펩시노겐을 검색하도록 한다.



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

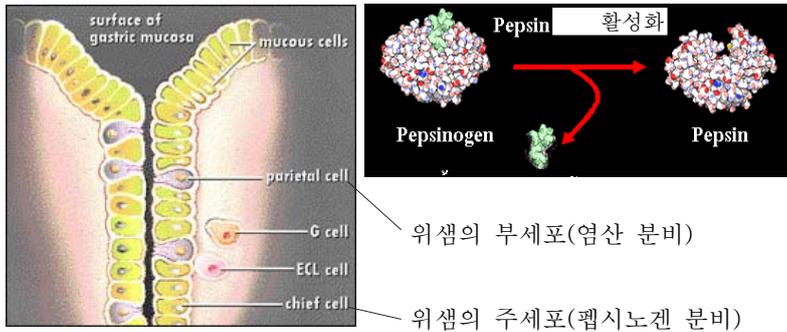
다음의 그림을 보고 펩신이 펩시노겐으로 분비된 후 위 속에서 염산에 의해 활성을 띠는 것이 어느 점에서 유리한지 생각해 봅시다.

참고

그림 출처 :

<http://uhlpharma.com>

<http://www2.sat.psu.ac.th>



위샘의 부세포(염산 분비)

위샘의 주세포(펩시노겐 분비)

직접 NCBI에 접속하여 펩신과 펩시노겐을 구성하는 아미노산을 찾아서 비교해봅시다. 그리고 펩신과 펩시노겐의 모형을 찾아서 활성부위를 비교해 봅시다(개념 도입).

지도상 유의점



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

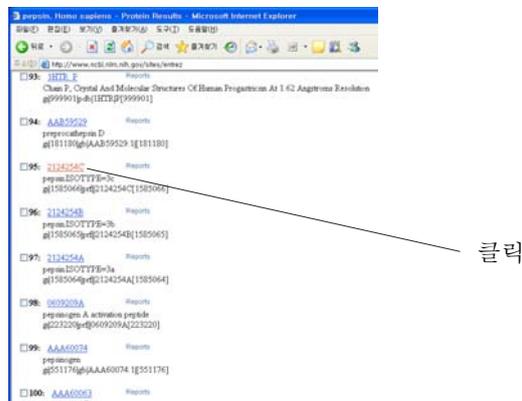
### 1. 아미노산 비교하기

NCBI에 접속해서 자주 사용하게 되는 영어를 칠판에 적어둔다.

단백질 : protein  
펩시노겐 : pepsinogen  
펩신 : pepsin  
사람(학명) : Homo sapiens  
아미노산 : aa(amino acids)

#### (1) 펩신을 구성하는 아미노산

1) NCBI 메인화면의 search검색창에 'protein', for검색창에 'pepsin, Homo sapiens'를 입력한다. 나타난 여러 item 중에서 5 page의 '2124254C'를 클릭한다.



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

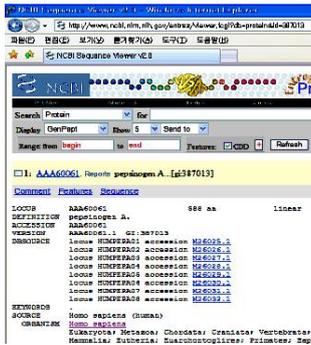




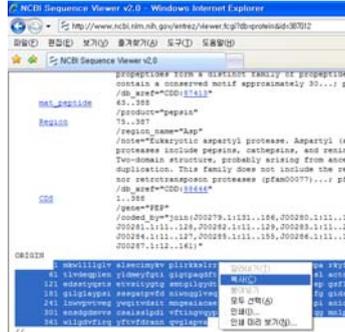
서울대학교  
교육중합연구원  
과학교육연구소

2) 펩시노젠은 모두 몇 개의 아미노산으로 되어 있으며 그 배열은 어떠한지 알아봅시다.

펩시노젠의 아미노산 수



펩시노젠의 아미노산 배열(복사해둔다)

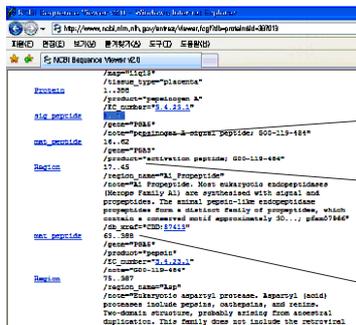


참고내용

1. 펩시노젠은 몇 개의 아미노산으로 되어 있나요? 개

2. 펩시노젠의 아미노산 배열을 복사해두자.

3) 펩시노젠의 아미노산은 어떻게 구성되어 있는지 알아봅시다.



아미노산 1~15

아미노산 16~62

아미노산 63~388

1. 폴리펩티드 사슬의 아미노산은 왼쪽이 아미노기(N-말단), 오른쪽이 카복실기(C-말단) 말단이며 아미노산의 번호는 왼쪽의 N말단 쪽부터 붙인다.

2. 신호서열 (signal peptide)은 리보솜에서 합성된 폴리펩티드 사슬 앞에 붙어서 소포체로 이동하기 위해 붙은 아미노산 서열이다. 앞 단원에서 학습한 분비물질의 분비 경로를 상기시킨다.

3. 펩시노젠은 염산이나 펩신에 의해서 폴리펩티드 사슬이 절단되어 펩신으로 활성화된다.

4. cDNA 등 데이터베이스에 나타나 있는 분자생물학적 수준이 높은 정보는 지도하지 않는다.

1. 아미노산 1~15는 펩시노젠의 신호서열입니다. 신호서열의 기능은 무엇인가요?

2. 아미노산 16~62는 펩시노젠을 활성화시키는 부위입니다. 이 부위가 잘리면 펩신으로 활성화됩니다. 펩시노젠의 아미노산이 몇 개 잘려 나간건가요?

3. 아미노산 63~388은 펩신으로 되는 부위입니다.



서울대학교  
교육중합연구원  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

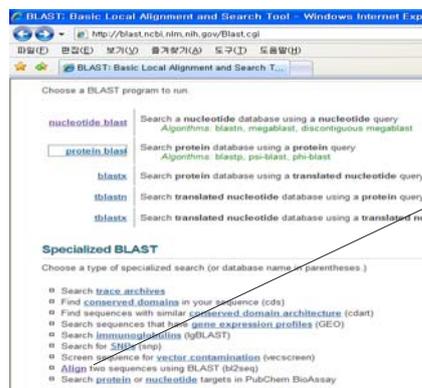
(3) 펩신과 펩시노겐의 아미노산의 배열은 어떤 차이가 있는지 비교해 보면서 효소와 효소의 전구체와의 관계를 살펴봅시다.

참고

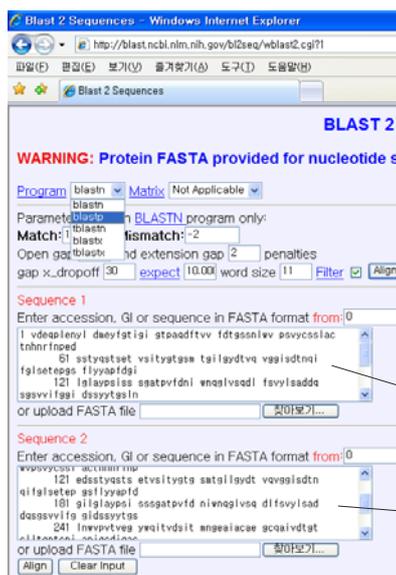
BLAST(Basic Local Alignment Search Tool) : DNA, 단백질 등의 일치 여부를 조사하는 방법

1) NCBI 메인 화면의 상단 메뉴에서 'BLAST'를 클릭하여 두 단백질의 아미노산 배열을 비교해 봅시다.

① 창이 나타나면 우측 스크롤바를 내려 하단의 Specialized BLAST란에서 'Align'을 클릭한다.



② 한글파일로 저장해 둔 펩신과 펩시노겐의 아미노산배열을 붙인 후 두 아미노산 배열이 어느 부위에서 어느 정도 일치하는지 살펴봅시다.



위쪽의 program검색창에서 'blastn'을 지정하고 아래쪽의 'Align'을 클릭하면 비교의 결과가 나타납니다(sequence1에는 저장해 놓은 펩신의 아미노산을 sequence 2에는 펩시노겐의 아미노산을 복사하여 붙인다).



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

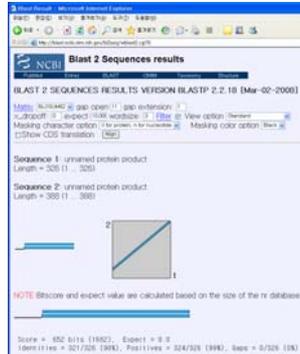


서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

(2) BLAST 결과를 분석해 봅시다.



참고

1. Positives : 극성, 소수성 등 구성하고 있는 아미노산의 성격을 고려한 일치도. 아미노산의 성격은 단백질의 접힘에 영향을 준다.
2. Gaps : 일치하지 않는 정도
3. 펩신과 펩시노겐의 선상 배열을 비교하여 어느 쪽이 절단되는지 알아본다.
4. '1YX9'와 '3PSG'은 펩신의 펩신과 펩시노겐 모형이다.

1. 펩신과 펩시노겐을 구성하는 아미노산 배열의 일치 정도를 분석해봅시다.

- ① sequence1(펩신)의 아미노산 수 :            개
- ② sequence2(펩시노겐)의 아미노산 수 :            개
- ③ Identities(일치도) :                                %
- ④ Positives(유사성) :                                 %
- ⑤ Gaps(간극도) :                                     %

2. 펩신과 펩시노겐은 어떤 차이가 있나요? 펩시노겐의 어느 쪽 말단의 아미노산이 얼마만큼 잘려서 펩신이 되었나요?

3. 펩신의 활성화는 이 차이에서 오는 것이라고 이야기할 수 있을까요?

2. 펩신과 펩시노겐의 활성화부위 비교하기

(1) 펩신과 펩시노겐 모형 찾기

- 1) NCBI 메인화면의 search검색창에 'structure', for검색창에 'pepsin'을 입력 후 클릭한다. '1YX9'를 클릭한다.
- 2) for검색창에 'pepsinogen'을 입력한 후 '3PSG'를 클릭한다.
- 3) pepsin과 pepsinogen의 3차구조가 있는 창이 나타나면, 각각 'style'메뉴에서 Rendering Shortcuts/Space fill, Coloring Shortcuts/Molecule를 클릭한다.



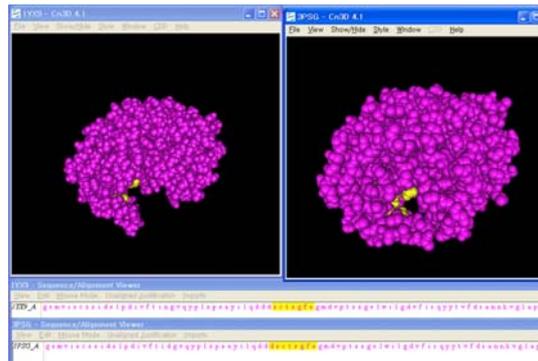
서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

(2) 펩신과 펩시노겐의 활성부위를 직접 비교해봅시다.

- 1) 펩신과 펩시노겐의 3차구조가 보이는 창 2개를 모두 띄운다.
- 2) 아래의 Sequence/Alignment Viewer를 이용하여 활성부위를 찾아보자.



지도상 유의점

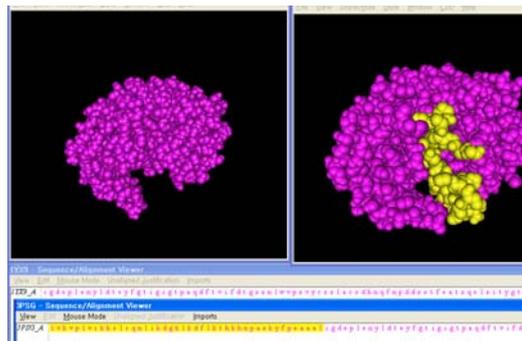
1. 펩시노겐을 구성하는 아미노산의 앞부분이 잘려서 펩신으로 활성화된 것을 확인하였으므로 Sequence/Alignment Viewer에서 뒷부분의 특정 아미노산 지역부터 각각 블록을 지정해서 앞으로 점차 가다보면 활성 부위에 노란색으로 나타나게 된다.
2. 효소의 기능을 나타내는 활성 부위를 중심으로 모형을 관찰한다.

👉 펩신과 펩시노겐 중 효소의 활성부위가 노출되어 기질이 접근하기 쉬운 것은 어느 것인가요?



서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

3) 펩시노겐 모형에서 잘려나간 아미노산부위만 블록으로 지정해 보자.



👉 펩시노겐 창에서 노란 부위를 없애면 펩신과 일치하는가요?

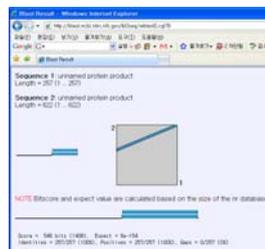


서울대학교  
교육중합연구소  
과학교육연구소

👉 생체 내 단백질 중에서 펩시노겐처럼 활성이 없는 전구체 상태로 만들어졌다가 다시 활성을 띠는 물질로 변하는 것은 어떤 것이 있는지 알아보시다 (**개념 응용**).

📌 1. 생체 내 단백질 중에서 전구체로 분비되는 것은 어떤 것들이 있을까요?

👉 1. 혈액응고에 관여하는 혈장단백질 중에서 트롬빈은 프로트롬빈으로 합성되었다가 혈관이 터진 후에 활성을 띠게 됩니다. 트롬빈과 프로트롬빈을 BLAST로 비교하여 봅시다.



👉 2. 트롬빈은 각각 어떤 조건에서 누구의 도움을 받아 활성을 띠게 되나요?

👉 3. 이 외에 전구체로 분비되는 물질은 어떤 것이 있을까요?

📌 2. 전구체 상태로 분비되었다가 다시 활성을 띠는 물질로 변하는 것은 생명현상에서 어떤 유리한 점이 있을까요?

📖 참고내용

트롬빈과 프로트롬빈  
BLAST하기

- 1) 트롬빈 아미노산 서열 구하기 : 'structure', for 검색란에 thrombin, Homo sapiens 클릭 후 2V3H 선택 (257aa)
- 2) 프로트롬빈 아미노산 서열 구하기 : 'protein' for 검색란에 prothrombin, Homo sapiens AAC63054 선택 (622aa)

📖 지도상 주의점

1. 혈장단백질에서 혈액응고인자는 피브리노겐, 프로트롬빈 등이 있다.
2. 프로트롬빈은 칼슘이온과 트로보키나제에 의해서 트롬빈으로, 피브리노겐은 트롬빈에 의해서 피브린으로 활성화된다.
3. 피브린은 적혈구, 백혈구 등 혈액의 고형 성분과 엉켜 혈병을 형성하여 혈액의 누출을 막는다.
4. 효소의 비가역적 조절 현상을 설명한다.

<부록 5> 사전 검사지1

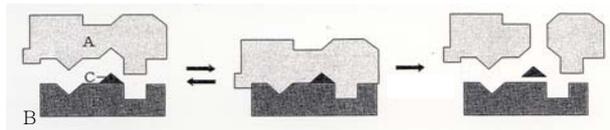
<과학 개념 검사지1>(사전)

제 ( )학년 ( )반 ( )번 이름 ( )



※ 다음 문제를 읽고 가장 적당한 답을 고르시오.

1. 다음은 생체내에서 일어나는 화학반응을 모식적으로 나타낸 것이다.

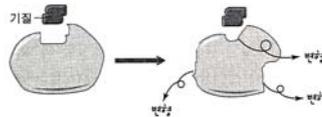


A, B, C에 해당하는 물질의 이름을 바르게 짝지은 것은?

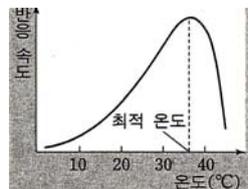
- |      |    |      |   |      |      |      |
|------|----|------|---|------|------|------|
| A    | B  | C    |   | A    | B    | C    |
| ① 효소 | 기질 | 보조인자 | ② | 기질   | 효소   | 보조인자 |
| ③    | 기질 | 보조인자 | ③ | 효소   | 보조인자 | 기질   |
| ④    | 효소 | 보조인자 | ④ | 보조인자 | 기질   | 효소   |
| ⑤    | 효소 | 보조인자 | ⑤ | 효소   | 보조인자 | 기질   |



2. 다음은 어떤 효소와 기질과의 반응을 나타낸 그림이다.



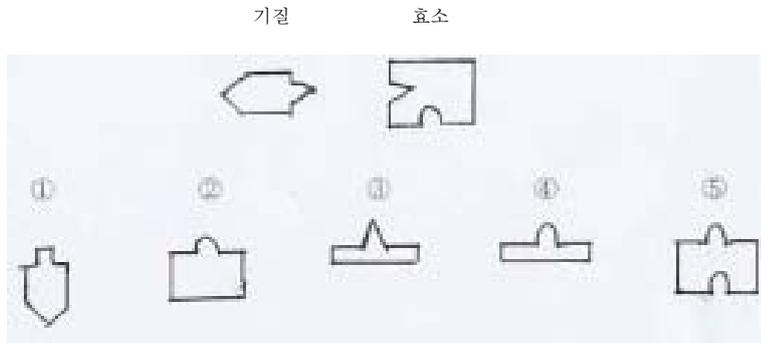
이 효소의 온도에 따른 반응 속도를 나타낸 다음의 그래프에서 위와 같은 현상이 일어나는 구간은 어느 것인가? (단, 효소의 최적온도는 37℃이며 기질의 양은 충분하다.)



- ① 0℃ 이하    ② 0~10℃    ③ 10~20℃    ④ 30~40℃    ⑤ 40℃ 이상



3. 다음은 어떤 효소 (가)를 나타낸 그림이다. 보기 ① ~ ⑤는 이 효소의 경쟁적 저해제로서 사용하기 위해 합성한 물질이다. 어느 것이 경쟁적 저해제로서의 기능을 할 수 있는 것인가?



4. 다음은 펩신의 활성을 알아보기 위한 실험 과정이다.

- (1) 삶은 달걀의 흰자 부분만 믹서기로 간 다음 증류수로 희석한 후 거즈로 걸러 낸다.
- (2) 두 개의 시험관 A, B에 흰자 용액을 각각 25mL씩 넣은 후 묽은 염산을 몇 방울 떨어뜨려 pH2를 유지시킨다.
- (3) 시험관 A에는 펩신 용액을, (B)에는 물을 각각 15mL씩 떨어뜨린다.
- (4) 반응 후 A는 투명해지고 B는 원래의 희뿌연 상태를 유지한다.

이 과정에서 pH2를 맞추는 이유를 가장 바르게 설명한 것은?

- ① 펩신은 pH2에서 삶은 달걀흰자의 아미노산 성분을 가장 잘 변화시킨다.
- ② 펩신은 pH2에서 삶은 달걀흰자를 가장 잘 분해할 수 있다.
- ③ 펩신은 pH2에서 가장 분자 운동 속도가 활발하다.
- ④ 펩신은 pH2에서 가장 효소의 양이 최대가 된다.
- ⑤ 모든 소화 효소는 pH2의 조건을 맞추어야 한다.

※ 문제 푸느라고 수고하셨습니다. 여러분의 수고가 생물 수업 방법 개선에 많은 도움이 될 것입니다. 감사합니다.

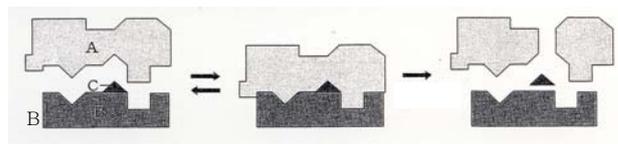
<부록 6> 사후 검사지1

<효소 과학 개념 검사지>(사후)

제 ( )학년 ( )반 ( )번 이름 ( )

※ 다음 문제를 읽고 가장 적당한 답을 고르시오.

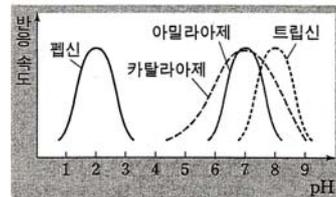
1. 다음은 생체 내에서 일어나는 화학반응을 모식적으로 나타낸 것이다. 바르게 설명한 것은?



- ① A는 기질로서 활성부위를 가진다.
- ② B는 효소로서 반응 후에는 모습이 변한다.
- ③ C는 저해제로서 효소-기질 반응을 저해한다.
- ④ A의 주성분은 모두 단백질이다.
- ⑤ C중에는 조효소, 금속 인자 등이 있다.

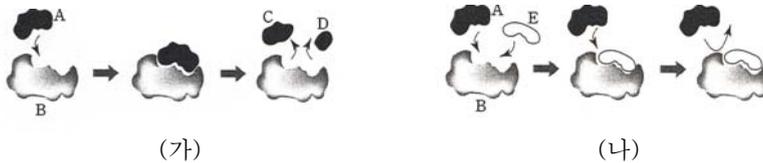
2. 다음은 pH에 따른 소화 효소의 반응 속도를 나타낸 그래프이다.

바르지 않게 설명한 것은?



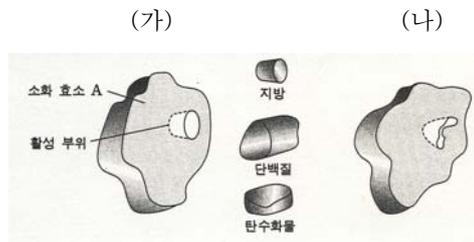
- ① 펩신은 pH4에서 활성을 잃는다.
- ② 단백질의 소화 효소는 pH2에서 활성이 모두 최대가 된다.
- ③ 카탈라아제의 아밀라아제의 최적 pH는 같다.
- ④ 입에서 아밀라아제의 활성은 최대가 된다.
- ⑤ 카탈라아제는 pH2에서 활성부위가 변한다.

3. 다음의 (가)는 어느 시험관 내에서 일어나고 있는 효소와 기질과의 반응을 나타내었고 (나)는 E를 넣은 후를 나타낸 것이다. E의 역할은 무엇인가?



- ① 기질
- ② 효소
- ③ 보조인자
- ④ 비경쟁적 저해제
- ⑤ 경쟁적 저해제

4. 그림 (가)는 사람의 소화 효소 A와 지방, 단백질, 탄수화물의 모양을 모식적으로 나타낸 것이고, 그림 (나)는 온도를 60℃로 높였을 때 소화 효소 A의 모양을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 소화 효소 A는 위에서 작용한다.
- ② 소화 효소를 가열하면 결합하는 기질의 종류가 달라진다.
- ③ 소화 효소 A의 기질 특이성은 활성 부위에 의해 결정된다.
- ④ (나)의 소화 효소 A는 40℃로 온도를 낮추면 기능을 회복한다.
- ⑤ 소화 효소 A는 pH에 상관없이 활성을 가진다.

※ 문제 푸느라고 수고하셨습니다. 여러분의 수고가 생물 수업 방법 개선에 많은 도움이 될 것입니다. 감사합니다.

<부록 7> 사전 검사지2



<전구체 개념 검사지>(사전)

제 2학년 ( )반 ( )번 이름 ( )

※ 다음 문제를 읽고 답하시오.

1. 다음의 펩신과 펩시노겐에 대한 설명 중 옳은 것은? ( )

- ① 펩신과 펩시노겐은 모두 단백질이다.
- ② 펩신과 펩시노겐 모두 활성을 갖고 있다.
- ③ 펩시노겐은 기질과 반응한다.
- ④ 펩신과 펩시노겐을 구성하는 아미노산 수는 같다.
- ⑤ 펩신과 펩시노겐의 크기는 같다.

2. 펩시노겐은 염산의 도움을 받아서 위에서 펩신으로 변환 후 단백질 소화를 돕습니다. 만약 처음부터 펩신으로 되어 있다면 어떤 현상이 생길까요?



3. 다음 중 생체 내에서 활성을 가지고 있는 물질은? ( )

- ① 펩시노겐    ② 프로인슐린    ③ 프로트롬빈    ④ 피브리린    ⑤ 프로콜라겐

※ 문제 푸느라고 수고하셨습니다. 여러분의 수고가 생물 수업 방법에 많은 도움이 될 것입니다. 감사합니다.







<설문지1>

제 ( )학년 ( )반 ( )번 이름 ( )

※ 아래의 질문에 맞는 자신의 생각을 한 개만 골라서 ( )안에 적으세요.

1. 생물 과목에 대한 관심과 흥미는 어느 정도입니까? ( )

- ① 전혀 없다.
- ② 별로 없다.
- ③ 조금 있다.
- ④ 크다.
- ⑤ 매우 크다

1-1 관심과 흥미가 없다면 그 이유는 ?

1-2 관심과 흥미가 있다면 그 이유는?



2. 효소의 구조와 기능의 개념을 이해하는데 있어 NCBI모형을 활용한 수업이 효과적이었나요?( )

- ① 매우 효과적이다.
- ② 조금 효과적이다.
- ③ 보통이다.
- ④ 별로 효과적이지 않다.
- ⑤ 전혀 효과적이지 않다.

3. NCBI를 활용한 수업 후 생명 현상에 대한 관심과 흥미가 높아졌나요?( )

- ① 매우 높아졌다.
- ② 조금 높아졌다.
- ③ 보통이다.
- ④ 별로 높아지지 않았다.
- ⑤ 전혀 높아지지 않았다.





4. NCBI를 활용한 수업 후 생물 과목에 대한 관심과 흥미가 높아졌나요?( )

- ① 매우 높아졌다.
- ② 조금 높아졌다.
- ③ 보통이다.
- ④ 별로 높아지지 않았다.
- ⑤ 전혀 높아지지 않았다.

5. NCBI 모형을 보기 전 효소는 어떤 구조를 하여 기질과 만날 것이라고 생각하였나요?

6. NCBI 모형을 보기 전에 고무 찰흙으로 효소와 기질의 반응을 나타내라고 하였다면 어떻게 해야 했을지 적어 보세요.



7. 이 수업을 통하여 수업 후에 알게 된 점, 이 수업의 장점과 개선할 점을 써 보세요.

1) 수업 후에 알게 된 점

2) 장점

3) 개선할 점

※ 설문지에 답하느라 수고하셨습니다. 여러분의 답변은 생물 수업 방법 개선에 많은 도움이 될 것입니다. 감사합니다.





<설문지2>

제 ( )학년 ( )반 ( )번 이름 ( )

※ 아래의 질문에 맞는 자신의 생각을 한 개만 골라서 ( )안에 적으세요.

1. NCBI에서 원하는 학습 자료를 찾아보는 것이 어려웠나요? ( )

- ① 매우 어렵다.
- ② 조금 어렵다.
- ③ 보통이다.
- ④ 별로 어렵지 않다.
- ⑤ 쉽다.

1-1 어려웠으면 어느 점이 어려웠나요?



2. 수업 시간 외에, NCBI를 활용하여 생물 정보를 검색하는 숙제를 내 준다면 숙제 하기가 힘들까요? ( )

- ① 매우 힘들 것이다.
- ② 조금 힘들 것이다.
- ③ 보통일 것이다.
- ④ 별로 힘들지 않을 것이다.
- ⑤ 쉬울 것이다.

2-1 힘들 것 같으면 그 이유는?



3. NCBI를 통하여 펩신과 펩시노겐의 차이를 학습하기 전에는 효소와 효소의 전구체의 차이를 어떻게 알고 있었나요?



4. ‘효소와 효소의 전구체를 비교해 보자’ 수업으로 알게 된 점, 이 수업의 장점과 개선할 점을 써 보세요.

1) 수업 후에 알게 된 점

2) 장점

3) 개선할 점



※ 설문지에 답하느라 수고하셨습니다. 여러분의 답변은 생물 수업 방법 개선에 많은 도움이 될 것입니다. 감사합니다.



## 약 력



- 성 명 : 우 정 임  
전 공 : 생물교육  
학 력 : 1986. 02. 경북대학교 사범대학 생물교육과 졸업  
2003. 02. 한국교원대학교 교육대학원 생물교육과 졸업  
경 력 :  
1995. 대구직할시교육청 ‘분필없는 교실’ 대표  
수업 시연  
1998. 서울특별시교육감상 표창  
2002.03.~2003.02. 신연중학교 과학과 심화 교육과정 개발 및  
적용  
2002. 08. 러시아 무라비오카공원 환경 포럼 참가  
2003. 08. 국제교육진흥원 생물교원 국외 연수  
2007. ~ 현재. 러시아 무라비오카공원의 친구들 한국지회  
부회장  
2008. 03.~08. 서울특별시교육청 위탁 수학·과학과 우수 교  
사 특별 연수  
현재 수도여자고등학교 교사



이메일 : biowji@yahoo.com

