

5장. 효소 작용의 기본 개념

개요

- 효소는 강력하고도 높은 특이성을 나타내는 촉매이다
- 많은 효소들은 활성을 위하여 보조인자들(cofactors)을 요구한다
- 자유에너지는 효소를 이해하는 데 유용한 열역학적 함수이다
- 효소는 전이상태의 형성을 촉진시킨다

5.1 효소는 강력하고도 높은 특이성을 나타내는 촉매이다

- 세포 내의 화학반응의 조건
 - 생리적으로 유용한 형식
 - 적절한 속도
 - 특이성
- 효소(enzyme)는 100만 배 이상 반응속도를 가속시킴

5.1 효소는 강력하고도 높은 특이성을 나타내는 촉매이다

- 효소의 특이성
 - 기질(substrate)이라 불리는 반응물에 대한 선택의 특이성을 가짐
 - 특이성은 효소와 기질의 3차원 구조에 의한 정확한 상호작용에 기인함
- 단백질 가수분해효소(proteolytic enzyme)

5.2 많은 효소들은 활성을 위하여 보조인자들 (cofactors)을 요구한다

- 효소의 작용과 보조인자(cofactor)
 - 보조인자가 없는 효소는 결손효소(apoenzyme), 보조인자가 있는 효소는 완전효소(holoenzyme)
 - 보조인자들은 보조효소(coenzyme)과 금속 두 종류로 나눌 수 있음
 - 보조효소의 특징
 - 비타민에서 유래한 것이 많음
 - 한 가지 보조효소가 여러 효소의 보조인자로 작용 할 수 있음
 - 보조효소 중 효소에 단단하게 결합하는 것은 보결 성분(협력자)단이라 부름

5.3 자유에너지는 효소를 이해하는 데 유용한 열역학적 함수이다

- 자유에너지(free-energy, G): 열역학적 성질이며 일을 할 수 있는 에너지
- 자유에너지 변화(ΔG)는 반응의 속도에 대한 것이 아니라 자발성에 대한 정보를 제공한다
 1. 반응은 ΔG 가 음일 경우에만 자발적으로 일어날 수 있다
 2. ΔG 가 양일 경우 반응이 일어나기 위해서는 자유에너지의 투입이 필요하며 자유에너지의 증가반응(endergonic)
 3. ΔG 가 0일 경우 평형상태로 반응물과 생성물의 농도의 총 변화가 없다
 4. 한 반응의 ΔG 는 변화의 경로(또는 분자적 기작)에 무관하며 단지 생성물(최종 상태)의 자유에너지에서 반응물(최초 상태)의 자유에너지를 뺀 값으로 결정된다
 5. ΔG 는 반응 속도에 대한 정보를 주지 않는다 (반응 속도는 활성화 자유에너지 (free energy of activation, $\Delta G^\ddagger$)에 의존한다)

5.3 자유에너지는 효소를 이해하는 데 유용한 열역학적 함수이다

- 반응의 표준 자유에너지 변화는 평형 상수와 관련되어 있다.
- $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln[C][D]/[A][B]$
 - ΔG° : 표준 자유에너지 변화 (반응물이 각각 1M, 298K일 때) (단위: kJ또는 kcal)
 - R: 기체 상수
 - T: 절대온도
 - [A],[B],[C],[D]: 반응물들의 몰 농도
- 생화학 반응에서 표준 상태의 pH는 7으로 정해져 있음
- pH 7에서의 표준 자유에너지 변화는 ΔG° 로 표시

5.3 자유에너지는 효소를 이해하는 데 유용한 열역학적 함수이다

- $\Delta G^{\circ'}$ 의 결정
 - 반응이 평형에 도달했을 때의 반응물들과 생성물들의 농도들을 측정하여 구할 수 있음; 평형에서 $\Delta G=0$ 이므로
 - $\Delta G^{\circ'} = -RT \ln K'_{eq}$
 - 표준상태에서 평형상수 K'_{eq} 의 정의
- 한 반응에 대하여 ΔG 가 $\Delta G^{\circ'}$ 보다 훨씬 크지, 작은지, 같은지는 반응물들과 생성물들의 농도들에 의존함
- ΔG 는 자발성의 척도

5.3 자유에너지는 효소를 이해하는 데 유용한 열역학적 함수이다

- 효소는 반응 평형이 아니라 반응 속도를 변화시킨다
 - 평형점은 같으나 효소가 존재하면 이에 더 빠르게 도달함
- 평형의 위치
 - 반응물들과 생성물들의 사이의 자유에너지 차이만의 함수
 - 효소는 평형의 도달을 가속시키지만, 평형의 위치를 이동시키지는 않음

5.4 효소는 전이상태의 형성을 촉진시킨다

- 전이상태(transition state) $X^\ddagger$
 - 생성물 P를 생성하기 위한 기질 S의 화학반응이 경유하는 S나 P가 갖는 자유에너지보다 훨씬 높은 자유에너지를 갖는 상태
- 활성화 자유에너지 또는 활성화에너지($\Delta G^\ddagger$): 기질과 전이상태의 자유에너지의 차이
 - 효소는 $\Delta G^\ddagger$ 를 낮추어 전이상태의 형성을 촉진시킴
- 기질과 효소의 결합은 전이상태를 안정화시킴

5.4 효소는 전이상태의 형성을 촉진시킨다

- 효소-기질 복합체의 형성은 효소 촉매작용의 첫 번째 단계이다
- 기질은 활성자리(active site)라고 불리는 효소의 특정한 부위에 선택적으로 결합되어 효소-기질(ES) 복합체(enzyme-substrate complex)를 형성함
- 활성자리에서 효소와 기질의 상호작용은 전이상태의 생성을 촉진함

5.4 효소는 전이상태의 형성을 촉진시킨다

- 효소와 기질 사이의 결합에너지는 촉매작용에 중요하다
- 결합에너지(binding energy)
 - 효소와 기질이 결합할 때 약한 상호작용들이 형성되며 방출된 자유에너지
 - 효소가 특이적인 기질의 전이상태와 결합하였을 때 최대가 됨
 - 반응의 활성화에너지를 낮춤
- 전이-상태 유사체들은 강력한 효소들의 억제제들이다
- 전이-상태 유사체: 반응의 전이상태를 닮았으나 효소에 의해서 작용될 수 없는 화합물
- 전이상태를 인식하는 촉매적 항체(catalytic antibodies) 또는 압자임(abzyme) 또한 효소 기능을 가짐