

캐탈레이스의 반응속도 예비보고서

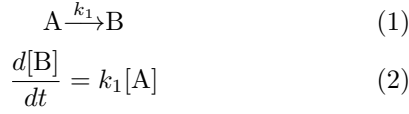
서울대학교 전기정보공학부 2018-12432 박정현*
(Dated: 실험일자: 10/10/2023)

본 실험에서는 감자의 세포에 존재하는 퍼옥시좀의 카탈레이즈가 과산화수소의 분해에서 촉매로 작용하는 점을 이용해 과산화수소 분해 속도를 측정하고 이를 통해 Michaelis-Menten equation와 촉매에 대한 이해도를 높인다.

I. ASSIGNMENT

A. 1

아래의 화학반응에서 화학반응 속도는 다음과 같다.



아레니우스 식에 의해 k_1 은 식(3)와 같이 나타난다. 여기서 E_a 는 아레니우스 에너지이고 A 는 k_1 와 같은 차원을 가지는 상수이다. 따라서 온도가 상승함에 따라 k_1 은 증가하게 되고 화학 반응속도는 증가하게 된다. 하지만 온도가 증가함에 따라 단백질은 변성이 일어나게 되면서 단백질의 구조가 바뀌므로 enzyme이 작용하기 위한 key와 lock 관계가 사라지게 되어 activity가 감소하게 된다. [3]

$$k_1 = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3)$$

Protein은 4개의 level을 가지고 있다. Primary structure은 아미노산의 배열, secondary structure은 primary structure의 아미노산들이 서로 상호작용하여 단백질이 나선형, 혹은 평면형으로 배열을 이루는 것이며 각각을 α -helix, β -strand이라고 한다. Tertiary structure는 secondary structure사이의 상호작용으로 3차원 구조를 이룬 단백질 구조이며 Quaternary Structure은 하나 이상의 chain이 존재하는 경우의 단백질이다.[3]

깁스에너지는 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이다. 아미노산 사이의 이온 결합, 수소결합, 분산력과 같은 결합력은 ΔH 를 낮추게 된다. 따라서 저온에서는 작은 ΔS 에도 불구하고 아미노산들 사이 가장 많은 상호작용을 하는 tertiary structure, quaternary structure와 같이 꼬여 있는 상태가 더 안정한 상태이다. 하지만 온도가 증가함에 따라 ΔS 에 의한 영향이 증가하게 된다. 이때 꼬여 있는 상태가 아닌 풀어져 있는 protein의 상태가 더 낮은 깁스에너지를 가지게 된다. 따라서 Fig.2와 같이 단백질의 구조가 붕괴되는 denaturation가 발생하게 된다.[3]

B. 2

효소와 함께 생성되는 물질의 생성 속도를 나타내는 식 (Michaelis-Menten equation)은 식(4)와 같다.[2] 단, $[E]$ 는

촉매, $[S]$ 는 반응하는 기질의 농도이다.

$$v = k_2[ES] = \frac{k_2[E]_0[S]}{[S] + K_m} \quad (4)$$

라인웨버-버크 식(Lineweaver-Burk equation)은 식 (5)와 같다.[1] $[S]$ 가 감소함에 따라 반응속도 v 가 감소함을 알 수 있다. 따라서 $[S]$ 가 최대 값을 가질 때 속도 또한 최대이므로 $[S] = \infty$ 로 두는 경우 최대 속도는 식 (6)와 같다.

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{k_2[E]_0} + \frac{K_m}{k_2[E]_0[S]} \quad (5)$$

$$v_{max} = k_2[E]_0 \quad (6)$$

$$= 8 \times 10^5 \times 5 \times 10^{-5} M/s \quad (7)$$

$$= 40[M/s] \quad (8)$$

최대 속도의 0.2배인 경우 식(9)을 만족한다.

$$\begin{aligned} 0.2v_{max} &= 0.2k_2[E]_0 \\ &= \frac{k_2[E]_0[S]}{[S] + K_m} \end{aligned} \quad (9)$$

따라서 $[S]$ 는 아래의 식을 만족한다.

$$\frac{[S]}{[S] + K_m} = 0.2 \quad (10)$$

$$[S] = \frac{K_m}{4} \quad (11)$$

$$= 1 \times 10^{-5} [M] \quad (12)$$

II. DATA & RESULT

A. 1

시간에 따라 생성된 산소원자의 몰값은 Fig.3와 같다. 단, 산소원자의 몰값은 이상기체임을 가정하고 $n = \frac{P_{O_2} V}{RT}$ 를 이용해 계산하였다. 이때 실험에 사용된 삼각플라스크의 부피는 100mL, 그리고 그외의 상수들은 $R = 8.3145 J/molK$, $T = 300K$ 으로 두고 계산하였다. 단, 실험 장비에서 측정 단위가 hPa이므로 Pa로 변환하였다.

기울기를 통해 계산된 속도를 통해 $1/v$, $1/[H_2O]$ 에 대한 그래프는 Fig.4와 같다. 단, 여기서 $[H_2O]$ 는 반응을 통해 생성된 물의 농도이다. 이 때 화학반응과 생성된 물의 농도는 아래의 관계식을 만족한다.

* alexist@snu.ac.kr

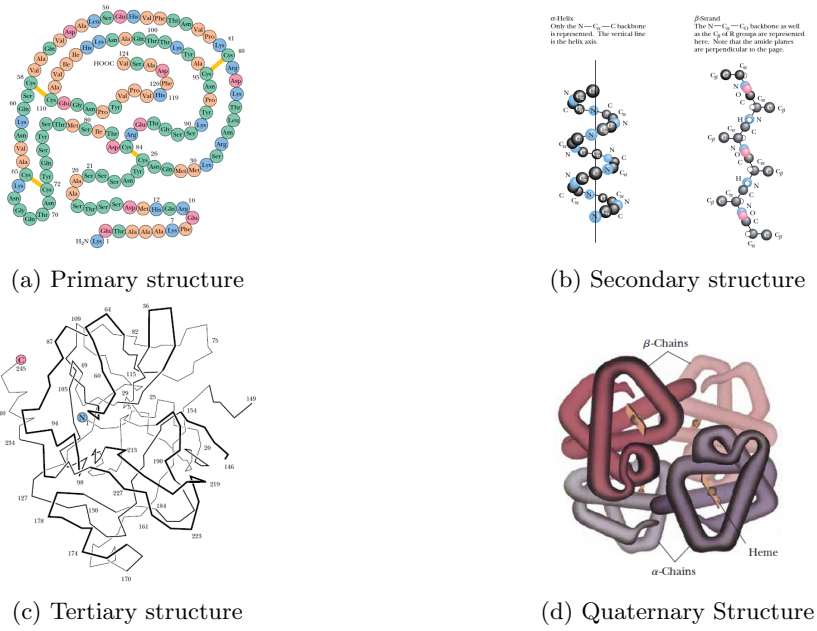


FIG. 1: 여러 protein구조

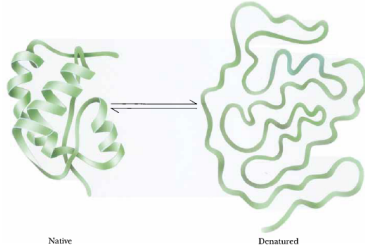
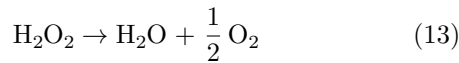


FIG. 2: Denaturation



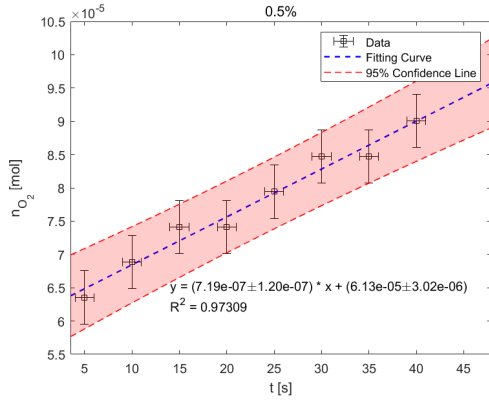
$$[\text{H}_2\text{O}] = \frac{n_{\text{O}_2}}{2V_{\text{liq}}} \quad (14)$$

III. CONCLUSION & DISCUSSION

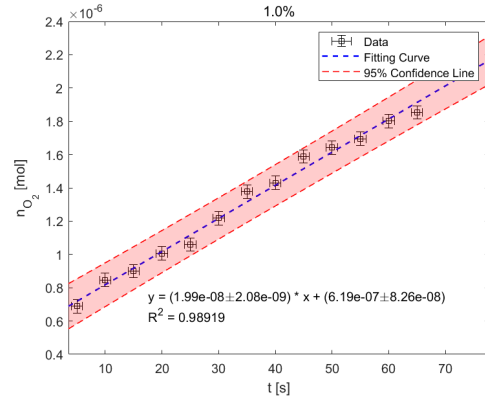
0.5%농도에서의 데이터는 큰 오차를 발생시킨다. 따라서 고농도의 데이터만을 이용해 K_m 값을 계산하는 것이 정확한 결과를 도출할 수 있다.

IV. REFERENCE

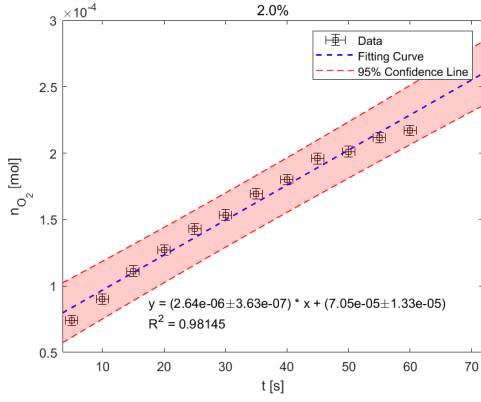
- [1] 김. (2010, August 1). 캐탈레이스의 반응속도. In *일 반화학실험* (1th ed., p. 180).
- [2] Oxtoby, D., Gillis, H., & Campion, A. (2007, April 2). Rates of Chemical and Physical Processes. In *Principles of Modern Chemistry* (6th ed., pp. pp.778-780). Cengage Learning.
- [3] Garrett, R. H., & Grisham, C. M. (2002, January 1). Proteins: Their Biological Functions and Primary Structure. In *Principles of Biochemistry* (pp. 442-443, 115-119, 161). Cengage Learning.
- [4] The Catalase-Hydrogen Peroxide System KINETICS OF CATALATIC ACTION AT HIGH SUBSTRATE CONCENTRATIONS



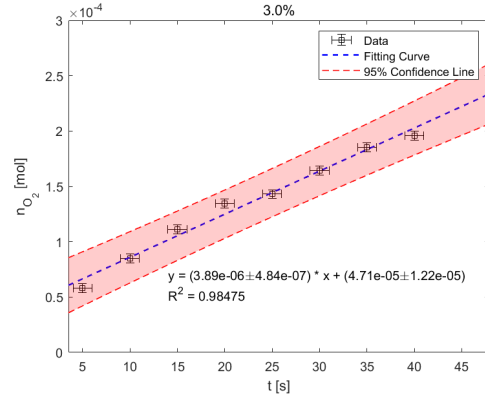
(a) Denaturation



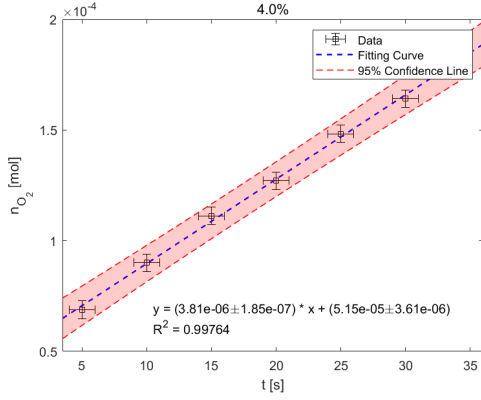
(b) Denaturation



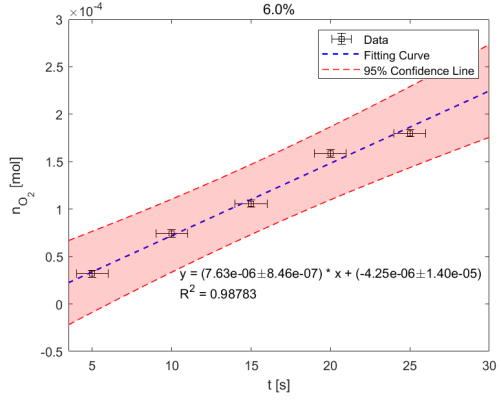
(c) Denaturation



(d) Denaturation



(e) Denaturation



(f) Denaturation

FIG. 3: Generate Oxide mole value versus time

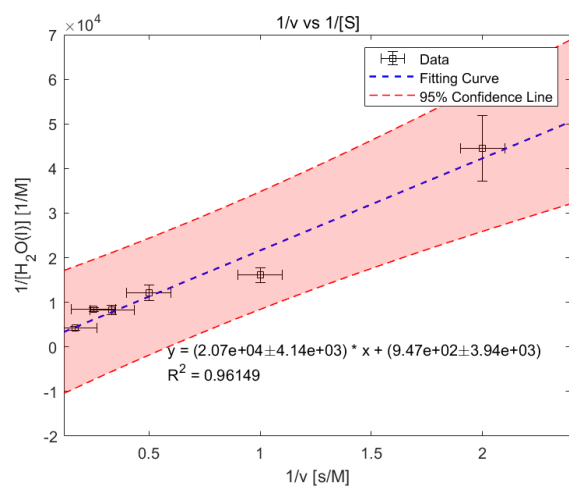


FIG. 4: Denaturation