



# Co w komórkach piszczą?

## O enzymologii słów kilka

Aleksandra Maciejczuk

Koło Naukowe Biologii Molekularnej UW

Kiedy mowa o enzymach, jako pierwsze zawsze pojawia się to samo stwierdzenie – są to **biologiczne katalizatory**. A co to tak dokładnie oznacza? Zacznijmy od początku.

W komórkach organizmów żywych zachodzi całe mnóstwo reakcji chemicznych. Każda reakcja, niezależnie od tego, czy jest **przemianą anaboliczną** (synteza złożonych związków z prostszych substratów) czy **kataboliczną** (rozpad substratów na prostsze produkty), wymaga pewnego nakładu energii, aby została zainicjowana. Ten niezbędny nakład energii to energia aktywacji. Właśnie w tej chwili na arenę metabolizmu komórkowego wkraczają enzymy – bez nich o żadnym metabolizmie nie byłoby mowy. Otóż enzymy, poprzez specyficzne oddziaływanie z substratami, obniżają **energię aktywacji** reakcji biochemicznej. Co jest istotne, dzięki działaniu enzymu nie powstaje więcej produktu, tylko zwiększa się szybkość reakcji – substrat szybciej ulega przemianie w produkt.

Enzymy najczęściej są białkami (nie zapominajmy o RNA mających funkcje katalityczne – rybozymach). Zwykle do prawidłowego funkcjonowania część białkowa (**apoenzym**) potrzebuje jeszcze dodatkowego elementu (kofaktora). **Kofaktory**, które są luźno, nietrwale związane z białkami nazywane są **koenzymami**, a te trwale z nimi połączone **grupami prostetycznymi**. Apoenzym połączony z kofaktorem określany jest jako **holoenzym**.

Niezbędną częścią enzymu umożliwiającą mu pełnienie funkcji katalitycznych jest jego **centrum aktywne**, czyli zagłębienie, „kieszka”, w której wiązane są

kofaktory i substraty. Jak najlepsze dopasowanie przestrzenne substratu i centrum aktywnego jest podstawą do zajścia reakcji enzymatycznej, dlatego struktura centrum aktywnego jest stabilna i silnie konserwowana ewolucyjnie.

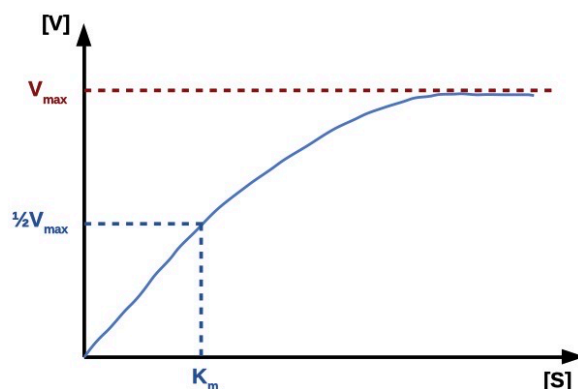
Enzymy podczas reakcji nie zużywają się – wolny enzym wiąże substrat tworząc **kompleks enzym-substrat**, który następnie rozpada się na produkt i ponownie wolny enzym. Jednak nie oznacza to, że enzymy są „nieśmiertelne” – wszak jak już zostało wspomniane, są one białkami i jak wszystkie szanujące się białka mogą ulegać denaturacji poprzez czynniki takie jak wysoka temperatura, za niskie lub za wysokie pH czy sole metali ciężkich. Enzym po denaturacji traci swoją aktywność katalityczną. Denaturacja enzymów omawiana jest najczęściej w kontekście biotechnologii niż procesów zachodzących w komórkach.

Enzymy nie są również niepowstrzymane. Pojawienie się w środowisku reakcji (czy to naturalnie w komórce, czy po sztucznym wprowadzeniu w laboratorium) związku nazywanego **inhibitorem** może trwale lub tymczasowo unieczynnić aktywność enzymu. Jeżeli inhibitor połączy się trwale z cząsteczką enzymu poprzez wiązanie kowalencyjne, mówimy wtedy o inhibicji nieodwracalnej. Inhibicję odwracalną możemy podzielić na 2 główne rodzaje: **inhibicję kompetycyjną (współzawodniczącą)** i **niekompetycyjną (niewspółzawodniczącą)**. Jak sama nazwa wskazuje, w inhibicji kompetycyjnej inhibitor współzawodniczy z substratem o miejsce aktywne enzymu, zmniejszając tym samym liczbę wolnych cząsteczek enzymu dostępnych dla substratu. W przypadku inhibicji niekompetycyjnej, inhibitor nie zajmuje miejsca aktywnego, ale przyłączając się do enzymu blokuje jego właściwości katalityczne. W takiej sytuacji może powstać kompleks enzym-substrat:inhibitor, jednak nie dojdzie do przemiany substratu w produkt.

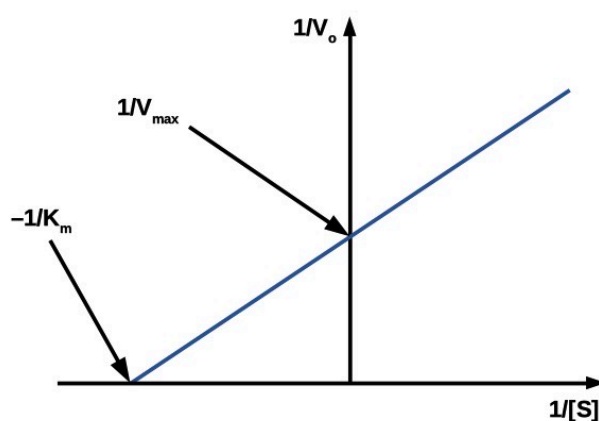
Podstawowymi własnościami enzymów są: tworzenie specyficznych kompleksów z substratami i zwiększanie szybkości reakcji. Z tego powodu możemy wyróżnić dwie wartości:

- **stałą Michaelisa ( $K_m$ )** charakteryzującą trwałość kompleksu enzym – substrat;
- **szybkość maksymalną reakcji enzymatycznej ( $V_{max}$ )**.

Stała Michaelisa jest charakterystyczna dla określonego enzymu i substratu, określa stopień powinowactwa substratu do enzymu; im stała mniejsza, tym substrat jest bardziej specyficzny dla danego enzymu. Z kolei szybkość maksymalna reakcji enzymatycznej zależy od całkowitego stężenia enzymu w badanej próbce. Jest więc, w odróżnieniu od  $K_m$ , stałą odnoszącą się do konkretnego układu doświadczalnego.



Wartość stężenia substratu, przy którym prędkość reakcji osiąga połowę wartości prędkości maksymalnej, odpowiada wartości stałej  $K_m$ . Stała Michaelisa nie ma jednostki, lecz posiada wartość odpowiadającą określonemu stężeniu substratu. Powyższy wykres można przekształcić przechodząc od zależności prędkości od stężenia do zależności odwrotności prędkości ( $1/V$ ) od odwrotności stężenia ( $1/[S]$ ). Dzięki temu zamiast hiperboli otrzymamy na wykresie prostą, z której o wiele łatwiej jest odczytać wartości  $V_{max}$  i  $K_m$ . Jest to tzw. **przekształcenie Lineweavera-Burka**:



Enzymologia to bardzo wciągająca nauka – potrafi pochłonąć ucznia, maturzystę czy studenta na długie godziny... ale jest tego warta! Powodzenia na maturze, i pamiętajcie – ani matura, ani enzymy nie gryzą!