

เข้าใจศัพท์...ก็ get A เคมีอาหาร by ครูชมบี

## ตอนที่ 14 Enzyme

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชมภูษ ฝื่อนพิภพ

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



# เอนไซม์ (enzyme)



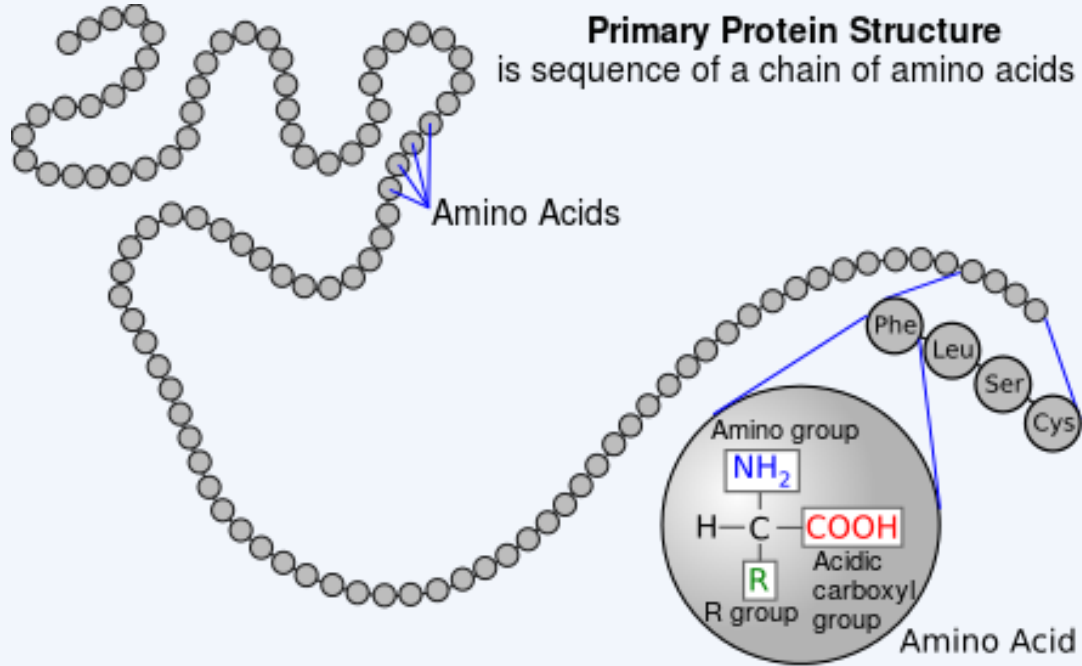
- มีความจำเป็นกับสิ่งมีชีวิต
- เอนไซม์แต่ละชนิดจะมีที่อยู่ที่แน่นอน
- มีชื่อตามสารเริ่มต้น (substrate) ลงท้ายด้วย -ase เช่น amylase, lipase แต่ก็มีเอนไซม์บางชนิดที่ชื่ออาจจะไม่เกี่ยวข้องกับสารเริ่มต้น เช่น catalase



# เอนไซม์ (enzyme)



- เอนไซม์ส่วนใหญ่เป็นโปรตีน
  - มีโครงสร้างย่อยเป็น กรดแอมิโน (amino acid) หลายชนิดมาต่อกันเป็นลูกโซ่ยาวด้วยแขนที่เรียกว่า เพปไทด์ (peptide bond)
  - เมื่อถูกย่อยแล้วได้กรดแอมิโน
  - Protein denature



[https://en.wikiversity.org/wiki/Enzyme\\_structure\\_and\\_function](https://en.wikiversity.org/wiki/Enzyme_structure_and_function)



# เอนไซม์ (enzyme)



- บางส่วนไม่ใช่โปรตีน เรียกว่า โคแฟคเตอร์ (Cofactors)
- กลุ่มพรอสทีติก (prosthetic group)
- โคเอนไซม์ (Co-enzyme)
- เมทัลโลเอนไซม์ (metalloenzyme)
- วิตามิน (vitamin)



# เอนไซม์ (enzyme)



- มีความจำเพาะ (specific) กับสารตั้งต้น (substrate) ที่คู่กัน และให้ผลิตภัณฑ์จำเพาะ
  - เช่น เอนไซม์ย่อยแป้งจะไม่ย่อยโปรตีน
- เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา เอนไซม์จะกลับสู่สถานะตั้งต้น (ยังคงสภาพเดิมทั้งคุณสมบัติและปริมาณ ภายหลังการเกิดปฏิกิริยาแล้ว) เพื่อรอสารตั้งต้นตัวใหม่



# กลไกในการทำงานของเอนไซม์



- ในการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีตามปกติ โมเลกุลที่จะเข้าสู่ปฏิกิริยาได้จะต้องมีพลังงานสูง ซึ่งโมเลกุลเหล่านี้จะมีพลังงานสูงขึ้นจากการชนกันของโมเลกุล นอกจากนั้นการเพิ่มอุณหภูมิให้กับสารเคมีจะทำให้จำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานสูงเพิ่มขึ้นมาก



# กลไกในการทำงานของเอนไซม์



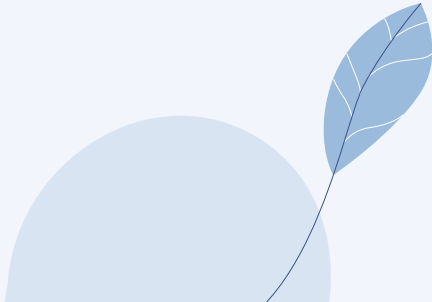
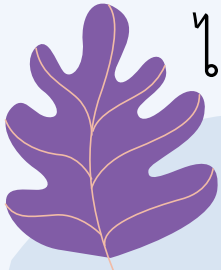
จึงทำให้โมเลกุลเกิดการชนกันมากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดเร็วในการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีนั้นถ้าไม่มีอุณหภูมิสูงเข้ามาเกี่ยวข้อง เอนไซม์จะช่วยเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาให้เร็วขึ้น



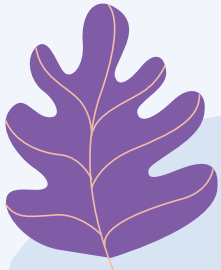
# เอนไซม์ (enzyme)

- เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชีวภาพ (biological catalyst)
  - เอนไซม์เป็นสารชีวโมเลกุลที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นภายในเซลล์สิ่งมีชีวิตเพื่อใช้ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (เร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพให้มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น) ทั้งที่มีปริมาณน้อยมาก ภายใต้สภาวะ

ไม่รุนแรง

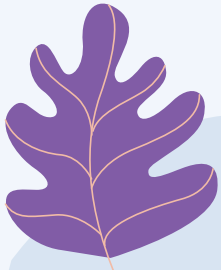


- ปฏิกิริยาต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ไม่มีเอนไซม์ช่วยเร่งปฏิกิริยา เป็นผลให้ปฏิกิริยาเกิดด้วยอัตราที่ช้ากว่าปกติ  $10^6$  ถึง  $10^{12}$  เท่า



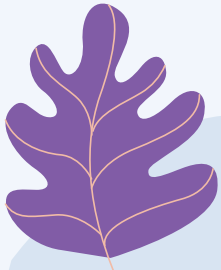
# วิธีเพิ่มอัตราเร่งปฏิกิริยาทางเคมี

1. การเพิ่มอุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิเพิ่มพลังงานให้แก่โมเลกุลของสารเริ่มต้นปฏิกิริยาให้อยู่ใน transition state ปฏิกิริยาหลายปฏิกิริยามีอัตราเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส



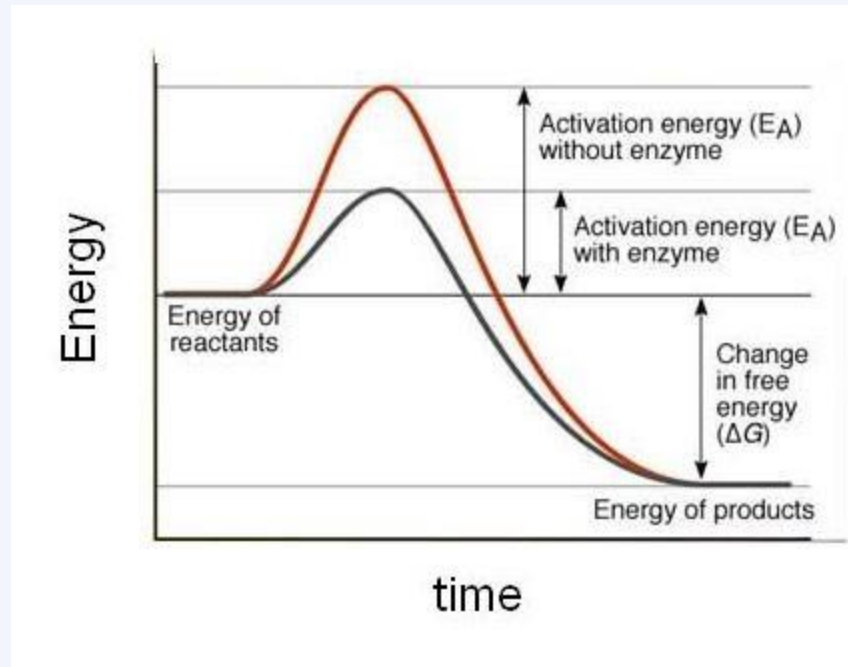
# วิธีเพิ่มอัตราเร่งปฏิกิริยาทางเคมี

2. การเติมตัวเร่ง (catalyst) ตัวเร่งนี้จะรวมตัวกับสารเริ่มต้นปฏิกิริยาให้อยู่ในสภาพ transition state ซึ่งต้องการพลังงานน้อยกว่าตอนที่ไม่มีตัวเร่ง ดังนั้นตัวเร่งจะทำความต้องการพลังงานลดลง



# เอนไซม์ (enzyme)

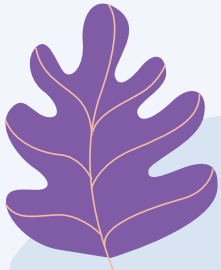
- เป็นตัวลดพลังงานกระตุ้น



<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0680/enzyme->

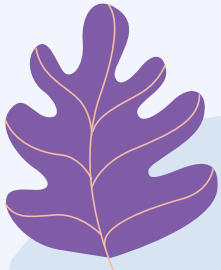
# เอนไซม์ (enzyme)



- มีความจำเพาะ (specific) กับสารตั้งต้น (substrate)
  - เอนไซม์มีความจำเพาะเจาะจงต่อปฏิกิริยาสูงมาก คือ เอนไซม์จะเลือกทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของสารตั้งต้น หรือ substrate บางชนิดเท่านั้น





# เอนไซม์ (enzyme)

- ความจำเพาะของเอนไซม์มีหลายระดับ ทั้งต่อ substrate ผลิตภัณฑ์ และปฏิกิริยา
  - เอนไซม์ที่มีความจำเพาะสูงมาก เช่น glucose oxidase
  - เอนไซม์ที่มีความจำเพาะไม่สูงมาก เช่น trypsin
  - เอนไซม์ที่มีความจำเพาะต่ำ เช่น pronase



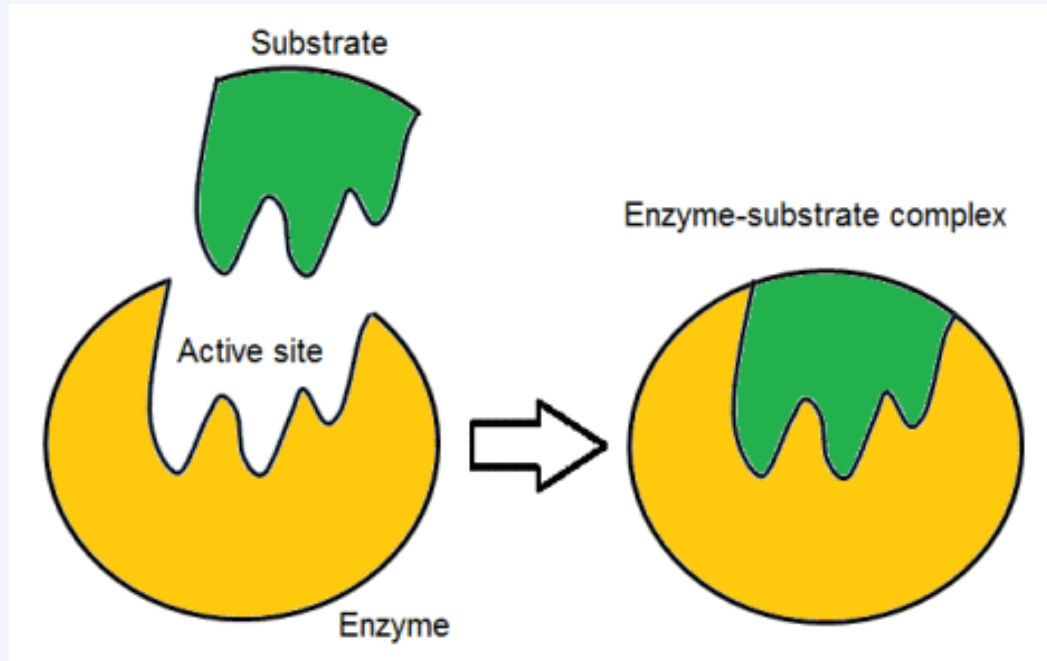
- 
- 
- เอนไซม์แต่ละชนิดมีความจำเพาะเจาะจงที่จะเร่งเฉพาะปฏิกิริยาของ substrate ที่มีโครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับตัวมันเท่านั้น การเข้าจับกับ substrate ทำให้เกิดเป็นโมเลกุลเชิงซ้อนซึ่งมีเอนไซม์จับกับ substrate (enzyme-substrate complex) ซึ่งก็คือ ตัวกลาง (intermediate) ในปฏิกิริยา



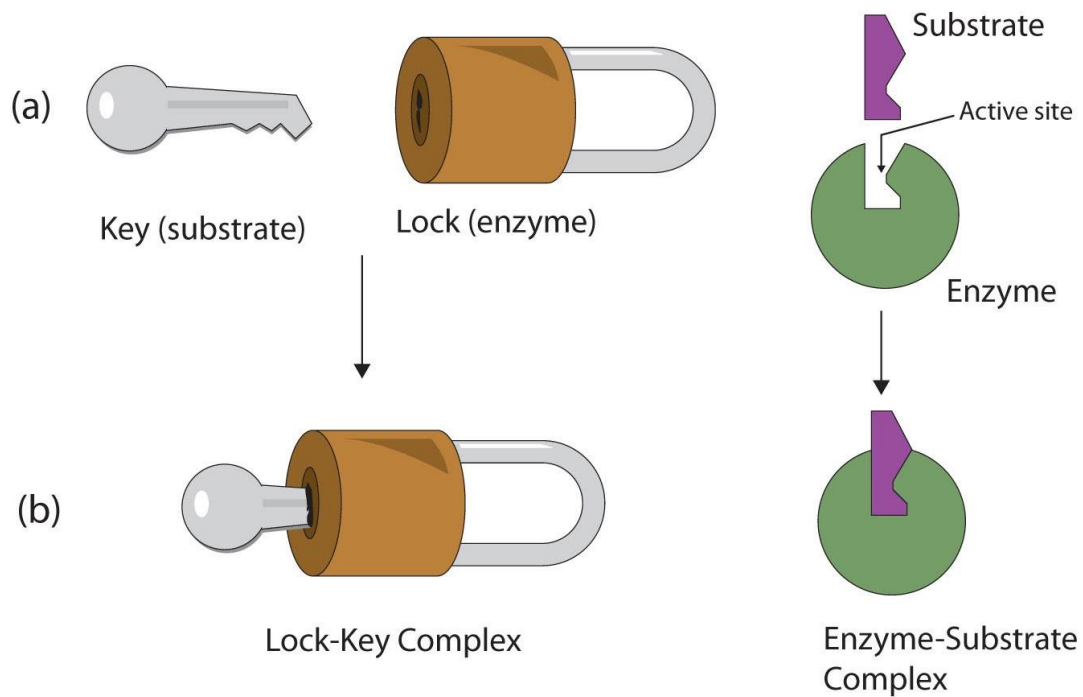
- 
- 
- การจับกันระหว่าง substrate กับเอนไซม์อาศัย
    - การเข้ากันทางรูปร่าง
    - การเข้ากันทางด้านคุณสมบัติทางเคมี เพื่อให้มีแรงจับกันชนิดอ่อน (weak interaction) เช่น พันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) แรงไฮโดรโฟบิก (hydrophobic interaction) และแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals interaction)

## Lock and key hypothesis

ลูกกุญแจที่มีโครงสร้างเหมาะสมกับแม่กุญแจ จึงจะไขแม่กุญแจได้พอดี



<https://riasparklebiochemistry.wordpress.com/2013/03/31/reflection-14lock-key-vs-induced-fit-hypothesis/>



[https://saylordotorg.github.io/text\\_the-basics-of-general-organic-and-biological-chemistry/s21-06-enzyme-action.html](https://saylordotorg.github.io/text_the-basics-of-general-organic-and-biological-chemistry/s21-06-enzyme-action.html)



## Specific reaction



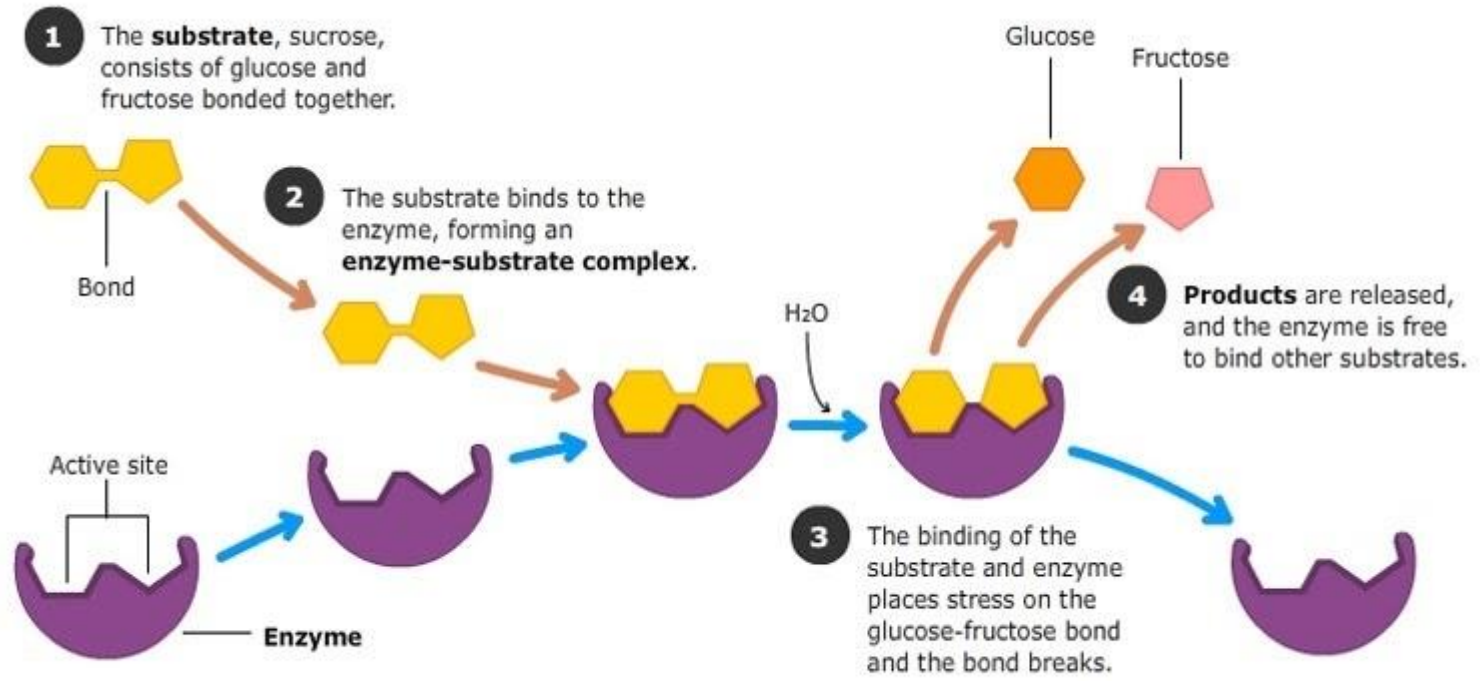
- Sucrase ย่อย sucrose ได้ glucose และ fructose
- Lipase ย่อย triglyceride ได้ fatty acid
- Proteases ย่อย proteins ได้ amino acid



## Specific reaction



- Amylase ย่อย starch ได้ น้ำตาล
  - Alpha-amylase ได้ glucose, maltose
  - Beta-amylase ได้ maltose
  - Gamma-amylase ได้ glucose
- Pectinase ย่อย pectin
- Etc.

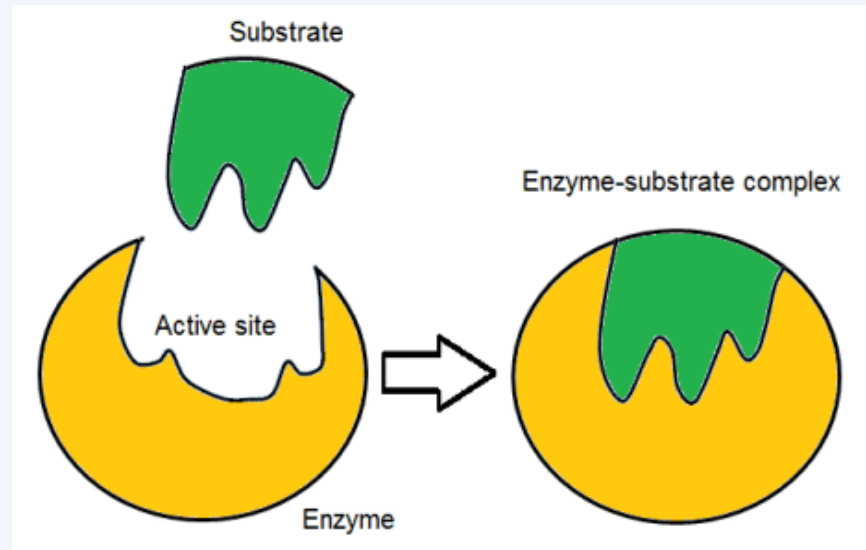


© 2007-2011 The University of Waikato | www.sciencelearn.org.nz

<https://www.sciencelearn.org.nz/images/2260-action-of-sucrase-on-sucrose>

## Induced fit hypothesis

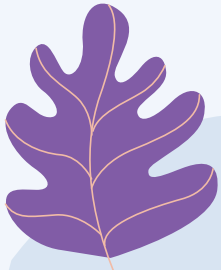
Active Site ของเอนไซม์สามารถถูกเหนี่ยวนำให้เปลี่ยนรูปร่างได้ และโครงสร้างของสารเริ่มต้นก็เปลี่ยนไปด้วย เพื่อจะได้พอดีกับ Active Site ของเอนไซม์



<https://riasparklebiochemistry.wordpress.com/2013/03/31/reflection-14lock-key-vs-induced-fit-hypothesis/>

## Induce fit model

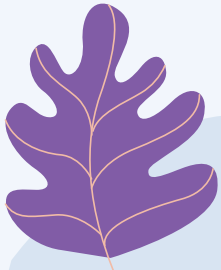
- การที่เอนไซม์เป็นโปรตีนและมีความยืดหยุ่น (ไม่ได้มีโครงสร้างแข็งเหมือนลูกกอล์ฟ) จึงสามารถปรับรูปร่างให้จับกับ substrate ที่มีรูปร่างใกล้เคียงกันได้ ด้วยแรงจับอย่างอ่อน ยังอาจทำให้โครงรูปในบริเวณเร่งของเอนไซม์มีการเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย เพื่อให้สามารถจับกับ substrate ได้กระชับขึ้น

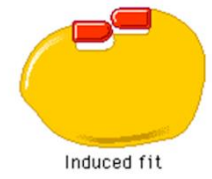
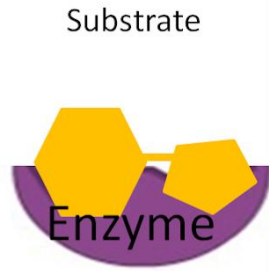
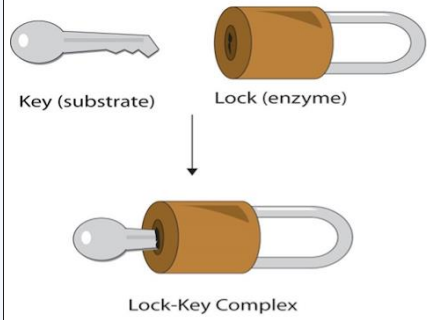




# Induce fit model

- ส่วนสารที่ไม่ใช่ substrate แต่มีลักษณะคล้าย substrate ก็ สามารถเข้าจับที่บริเวณเร่งของเอนไซม์ได้ แต่ไม่สามารถชักนำ ให้เอนไซม์เปลี่ยนโครงสร้างที่เหมาะสม ทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยา ได้  
ผลผลิต





### Lock and Key hypothesis (1894)

The **active site** is like a “lock” to which **substrate fits like a “key”**  
The enzymes active site and substrate should fit like lock & key to initiate a reaction (E-S complex)

### Induced Fit Hypothesis (1958)

- “a hand in a glove model”
- Binding of substrate induces a conformational change in the active site & both adjust their shapes to provide optimal fit

<https://www.youtube.com/watch?v=WXDzMERg9-0&list=UUeXGHpv7nJMv3KcJvPG-FSw>

ສວັສດີ

