

CH 5.1 降低化学反应活化能的酶

Y. K. Fu



1

本节聚焦

- 细胞代谢为什么离不开酶？
- 酶是什么物质？
- 通过对酶本质的探索过程的分析，你对科学是怎样发展的有哪些领悟？

2

问题探讨

1773年，意大利科学家斯帕兰札尼（L. Spallanzani, 1729—1799）做了一个巧妙的实验：将肉块放入小巧的金属笼内，然后让鹰把小笼子吞下去。过一段时间后，他把小笼子取出来，发现笼内的肉块消失了。



斯帕兰札尼在研究鹰的消化作用

3

问题探讨

- 1.为什么要将肉块放在金属笼内？
便于取出实验材料（肉块），排除物理消化对肉块的影响，确定其是否发生了化学消化。
- 2.是什么物质使肉块消失了？
是胃内的化学物质将肉块分解了。
- 3.怎样才能证明你的推测？
提示：收集胃内的化学物质，看看这些物质在体外是否也能将肉块分解。

4

斯帕兰札尼

排除物理消化影响

确认发生化学消化

盐酸分解能力弱

(施旺, 1835)

盐酸+分泌物分解能力强

胃蛋白酶



5

CH 5.1.1 酶的作用和本质



6

1

2

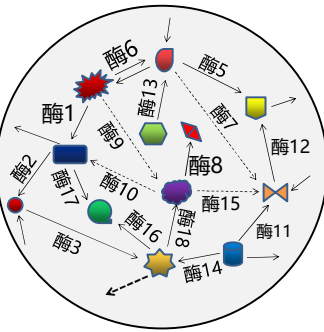
3

4

5

6

CH 5.1.1.1 酶在细胞代谢中的作用



细胞中每时每刻都进行着许多化学反应，统称为**细胞代谢**。细胞代谢离不开酶。

7

探究·实践：比较过氧化氢在不同条件下的分解

- 目的要求
通过比较过氧化氢在不同条件下分解的快慢，了解过氧化氢酶的作用
- 材料用具

试剂	反应物	3% 过氧化氢			催化剂 浓度差 25万倍
	催化剂	3.5% FeCl ₃	Fe ³⁺		
		20%肝脏研磨液	过氧化氢酶		

8

探究·实践：比较过氧化氢在不同条件下的分解

方法步骤	对照组	实验组		
编号	1	2	3	4
加H ₂ O ₂	2 mL	2 mL	2 mL	2 mL
处理情况	不做处理	90℃水浴	2滴FeCl ₃	2滴肝研液
气泡产生	无	少	较多	大量
香条燃烧	不复燃	不复燃	变亮/复燃	迅速复燃

9

探究·实践：比较过氧化氢在不同条件下的分解

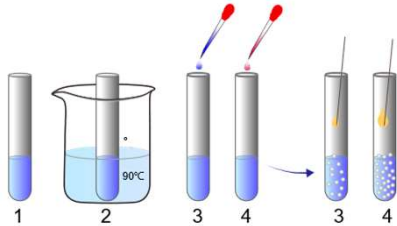
	1	2	3	4
1	—	加热提高 H ₂ O ₂ 分解速率	Fe ³⁺ 提高 H ₂ O ₂ 分解速率	过氧化氢酶提高 H ₂ O ₂ 分解速率
2	—	—	无法 比较	无法 比较
3	—	—	—	过氧化氢酶催化 效率远高于Fe ³⁺
4	—	—	—	—

10

探究·实践：比较过氧化氢在不同条件下的分解

1.与1号试管相比，2号试管出现了什么不同的现象？这一现象说明什么？

2号试管放出的气泡多。这一现象说明加热能促进过氧化氢的分解，提高反应速率。

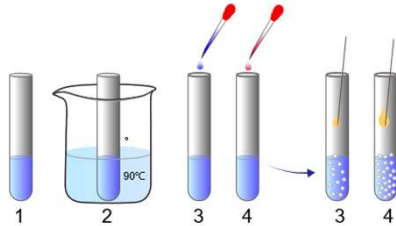


11

探究·实践：比较过氧化氢在不同条件下的分解

2.在细胞内，能通过加热来提高反应速率吗？

不能。

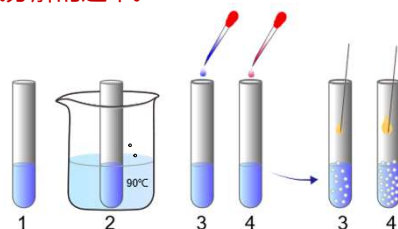


12

探究·实践：比较过氧化氢在不同条件下的分解

3. 3号和4号试管未经加热，也有大量气泡产生，这说明什么？

说明 FeCl_3 中的 Fe^{3+} 和新鲜肝脏中的过氧化氢酶都能加快过氧化氢分解的速率。



13

13

探究·实践：比较过氧化氢在不同条件下的分解

4. 3号试管与4号试管相比，哪支试管中反应速率快？这说明什么？为什么说酶对细胞内化学反应的顺利进行至关重要？

4号试管的反应速率比3号试管快得多。说明过氧化氢酶比 FeCl_3 的催化效率高得多。细胞内每时每刻都在进行着成千上万种化学反应，这些化学反应需要在**常温、常压下高效率**地进行，只有酶能够满足这样的要求，所以说酶对于细胞内化学反应的顺利进行至关重要。

14

14

探究·实践：比较过氧化氢在不同条件下的分解

·结论

酶和无机催化剂一样，都能催化化学反应，并且酶的催化效率远高于无机催化剂的催化效率。

15

15

科学方法：控制变量和设计对照实验

自变量

无关变量

因变量

- 人为控制的对实验对象进行处理的因素
- 温度、催化剂
- 对实验结果造成影响的可变因素
- 反应物浓度、反应时间
- 因自变量改变而变化的变量
- 过氧化氢分解速率

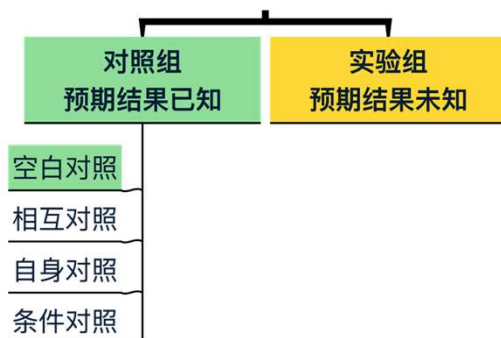
无关变量应合理设置，不能改变实验结论。

16

16

科学方法：控制变量和设计对照实验

对照实验

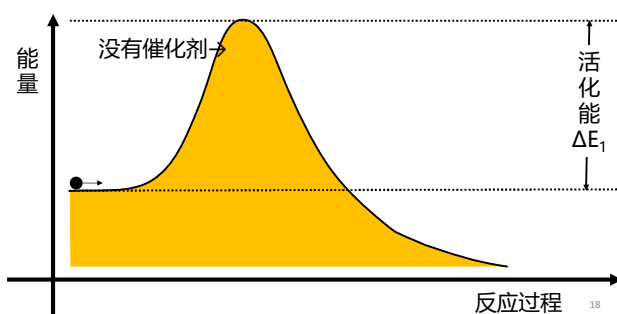


17

17

酶的作用

活化能：分子从**常态**转变为容易发生化学反应的**活跃状态**所需要的能量。

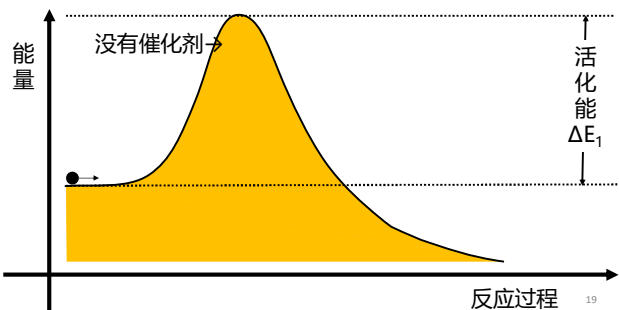


18

18

酶的作用

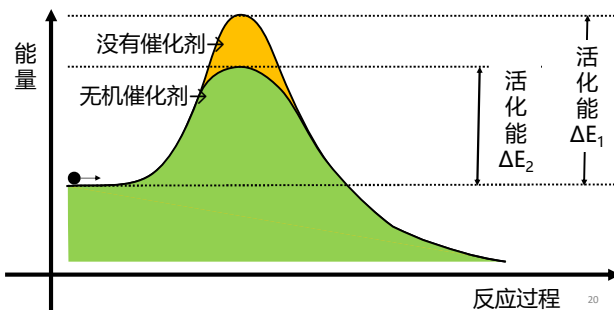
①加热使过氧化氢分子得到了能量，从常态转变为容易分解的活跃状态。**活化能并未改变。**



19

酶的作用

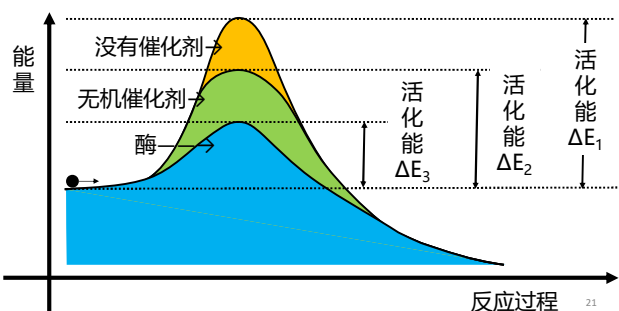
② Fe^{3+} 降低了过氧化氢分解反应的活化能。



20

酶的作用

③与无机催化剂相比，酶降低活化能的作用更显著，**催化效率更高（高效性）**。Q: 各自降低了多少？

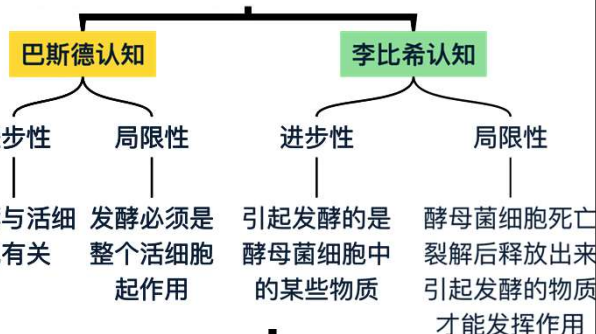


21



思考·讨论：关于酶本质的探索

早期认知：
发酵是纯化学反应，与生命活动无关



22



毕希纳

酵母细胞中的某些物质能够在酵母细胞破碎后继续起催化作用，就像在活酵母细胞中一样（酿酶）

萨姆纳，1926

从刀豆种子中提纯脲酶，并证明其化学本质是蛋白质

23

23



切赫、奥尔特曼，1980s

少数RNA也具有催化功能



24

24

 思考·讨论：关于酶本质的探索

1.巴斯德和李比希的观点各有什么积极的意义？各有什么局限性？

	积极意义	局限性
巴斯德	发酵与活细胞有关	发酵是整个细胞而不是细胞中的某些物质在起作用
李比希	引起发酵的是细胞中的某些物质	这些物质只有在酵母细胞死亡并裂解后才能发挥作用

25

25

 思考·讨论：关于酶本质的探索

2.在科学发展过程中出现争论是正常的。巴斯德和李比希之间出现争论的原因是什么？这一争论对后人进一步研究酶的本质起到了什么作用？

巴斯德是微生物学家，特别强调生物体或细胞的作用；李比希是化学家，倾向于从化学的角度考虑问题。他们的争论促使后人把对酶的研究目标集中在他们争论的焦点上，使科学研究更加有的放矢。

26

26

 思考·讨论：关于酶本质的探索

3.从毕希纳的实验可以得出什么结论？

毕希纳的实验说明，酵母细胞中的某些物质能够在酵母细胞破碎后继续起催化作用，就像在活酵母细胞中一样。

27

27

 思考·讨论：关于酶本质的探索

4.萨姆纳历时9年才证明脲酶是蛋白质，并因此荣获诺贝尔化学奖。你认为他取得成功靠的是什么样的精神品质？

萨姆纳历时9年，用正确的科学方法，坚持不懈、百折不挠的科学精神，将酶提纯出来。成功属于不畏艰苦的人。

28

28

 思考·讨论：关于酶本质的探索

5.请给酶下一个比较完整的定义？

酶是活细胞产生的具有催化作用的有机物，其中绝大多数酶是蛋白质。

29

29

练习与应用：一、概念检测

1.酶对细胞代谢起着非常重要的作用，可以降低化学反应的活化能。下列关于酶的作用特点及本质的叙述，正确的是 **D**

- A.酶不能脱离生物体起作用
- B.酶只有释放到细胞外才起作用
- C.所有的酶都是蛋白质
- D.酶是具有催化作用的有机物

30

30

练习与应用：一、概念检测

2.酶和无机催化剂都能催化化学反应。与无机催化剂相比，酶具有的特点是 **D**

- A.能为反应物提供能量
- B.能降低化学反应的活化能
- C.能在温和条件下催化化学反应
- D.催化化学反应更高效

31

31

练习与应用：二、拓展应用

1.在本节“探究·实践”中，有同学在原有实验的基础上增加了5号和6号试管，向其中分别加入2mL过氧化氢溶液后，再向5号试管内加入2滴煮沸过的肝脏研磨液，向6号试管内加入2滴蒸馏水。这样做的目的是什么？

本小节“探究·实践”涉及的自变量并非只有一个，而是包括温度和催化剂两个变量。1号试管中仅放置了过氧化氢溶液，可以起到对照作用。2号试管与1号试管的区别在于温度，3号试管和4号试管与1号试管的区别在于比1号试管多了催化剂。3号试管与4号试管之间也

32

练习与应用：二、拓展应用

1.在本节“探究·实践”中，有同学在原有实验的基础上增加了5号和6号试管，向其中分别加入2mL过氧化氢溶液后，再向5号试管内加入2滴煮沸过的肝脏研磨液，向6号试管内加入2滴蒸馏水。这样做的目的是什么？

可以起相互对照作用。加2滴煮沸过的肝脏研磨液的5号试管，可以与加入新鲜的肝脏研磨液的4号试管作对照；同理，加入2滴蒸馏水的6号试管可以作为3号试管和4号试管的对照组。

33

33

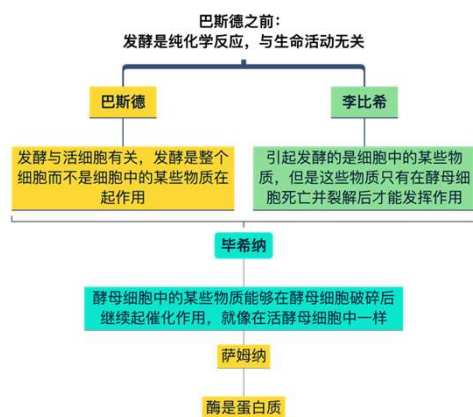
练习与应用：二、拓展应用

2.仔细阅读本节的“思考·讨论”，通过完成下面的图解，体会巴斯德、李比希、毕希纳、萨姆纳的观点之间的逻辑关系；写一篇短文，谈谈对科学发展过程的认识。

34

34

练习与应用：二、拓展应用



35

35

练习与应用：二、拓展应用

3.给你一份某种酶的结晶，你能设计实验检测它是不是蛋白质吗？请简略写出实验步骤。想一想，在萨姆纳之前，为什么很难鉴定酶的本质？

可用第2章中学过的检测蛋白质的方法。在萨姆纳之前，之所以很难鉴定酶的本质，主要是因为细胞中酶的提取和纯化非常困难。

36

36

CH 5.1.2 酶的特性



37

37

CH 5.1.2.1 酶具有高效性

与无机催化剂相比，酶降低活化能的作用更显著，催化效率更高（高效性）

酶的催化效率是无机催化剂的 $10^7 \sim 10^{13}$ 倍。

38

38

CH 5.1.2.2 酶具有专一性



Q: 酶能像无机催化剂一样，催化多种化学反应吗？

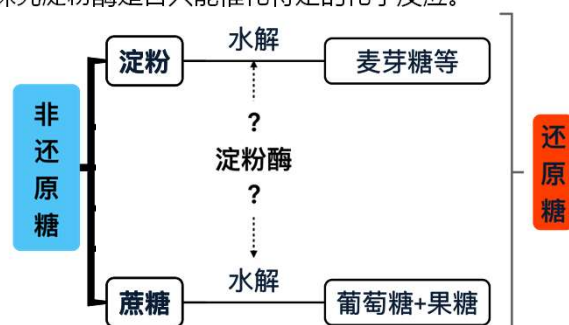
39

39

探究·实践：淀粉酶对淀粉和蔗糖的水解作用

•目的要求

探究淀粉酶是否只能催化特定的化学反应。



40

40

探究·实践：淀粉酶对淀粉和蔗糖的水解作用

•材料用具

材料用具	3%可溶性淀粉	2%淀粉酶
	3%蔗糖	
	反应物/底物	
		✗ 唾液淀粉酶 ✓ 耐高温淀粉酶

41

41

探究·实践：淀粉酶对淀粉和蔗糖的水解作用

•材料用具

反应物	✗
产物	✓ 斐林试剂
鉴定指标	控温
	酶促反应 60℃热水浴 鉴定反应 100℃沸水浴

42

42

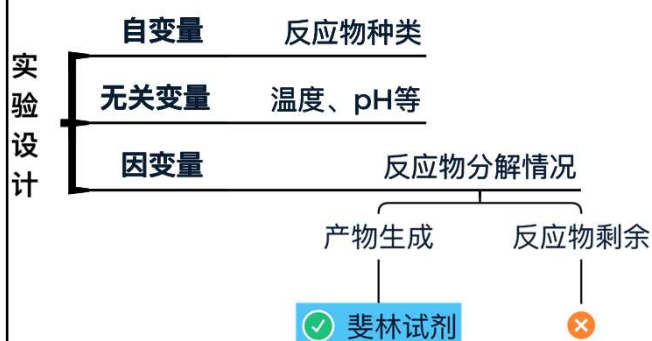
探究·实践：淀粉酶对淀粉和蔗糖的水解作用

序号	项目	试管1	试管2
1.1	注入可溶性淀粉溶液	2 mL	—
1.2	注入蔗糖溶液	—	2 mL
1.3	注入新鲜的淀粉酶溶液	2 mL	2 mL
2	混匀，60°C水浴保温5 min	√	√
3	加入斐林试剂，混匀	2 mL	2 mL
4	沸水浴1 min	√	√
5	观察两支试管内溶液颜色变化	自古红	蓝出cp

43

43

探究·实践：淀粉酶对淀粉和蔗糖的水解作用

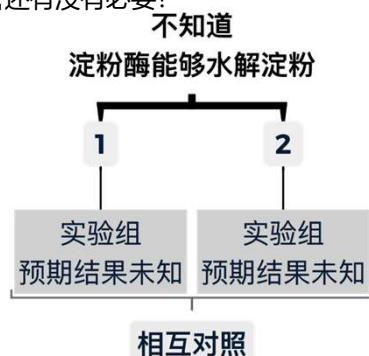


44

44

探究·实践：淀粉酶对淀粉和蔗糖的水解作用

1.在已知淀粉酶能够催化淀粉水解的情况下，本实验设置1号试管还有没有必要？

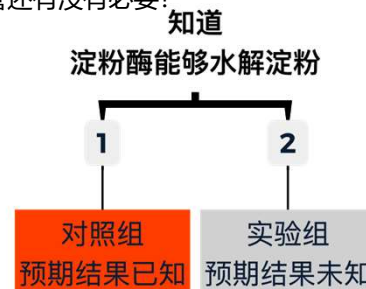


45

45

探究·实践：淀粉酶对淀粉和蔗糖的水解作用

1.在已知淀粉酶能够催化淀粉水解的情况下，本实验设置1号试管还有没有必要？



若1号试管没有出现砖红色沉淀，2号试管结果还可信吗？

46

46

探究·实践：淀粉酶对淀粉和蔗糖的水解作用

2.你对本实验的过程有什么疑问吗？如果有，请提出来与小组同学讨论。

e.g., 为什么要使用耐高温淀粉酶？
用较短时间完成实验。

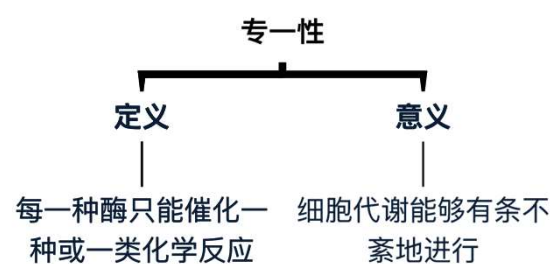
•结论

淀粉酶只能催化淀粉水解，不能催化蔗糖水解。即酶具有专一性。

47

47

CH 5.1.2.2 酶具有专一性

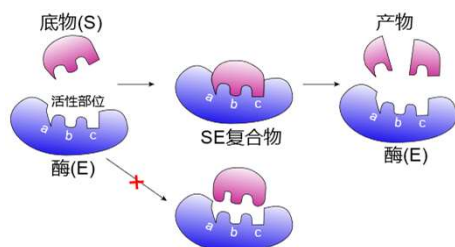


48

48

CH 5.1.2.2 酶具有专一性

对专一性的解释：锁钥学说（必修一P085拓展应用1）



49

49

CH 5.1.2.3 酶的作用条件温和

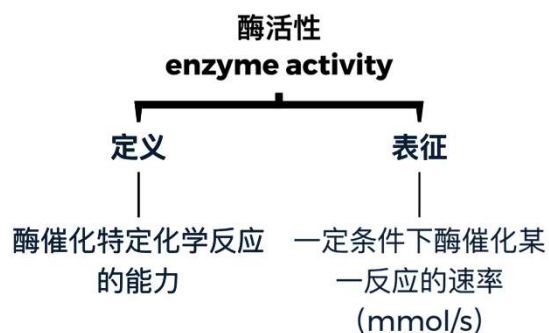


Q: 酶起催化作用需要怎样的条件呢?

50

50

探究·实践：影响酶活性的条件



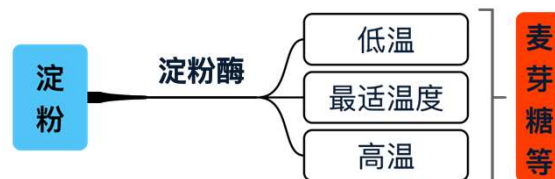
51

51

探究·实践：温度对酶活性的影响

•目的要求

探究温度对淀粉酶活性的影响。



52

52

探究·实践：温度对酶活性的影响

•材料用具

材料用具	3%可溶性淀粉溶液	
	反应物/底物	2%淀粉酶
		✗ 唾液淀粉酶
		✓ 耐高温淀粉酶

53

53

探究·实践：温度对酶活性的影响

•材料用具

鉴定指标	反应物	产物
	✓ 碘液	✗ 斐林试剂

控温	
	冰水浴0 °C
	热水浴60 °C
	沸水浴100 °C

54

54

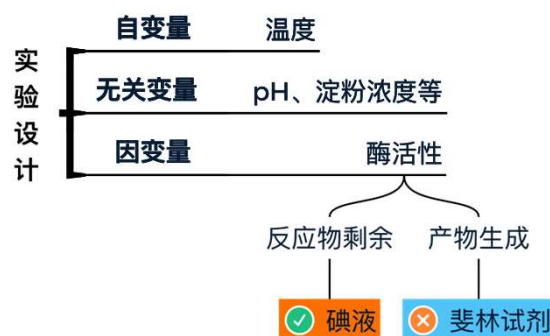
探究·实践：温度对酶活性的影响

温度	0 °C (冰水浴)		60 °C (热水浴)		100 °C (沸水浴)	
试管	1	2	3	4	5	6
淀粉	2 mL	—	2 mL	—	2 mL	—
淀粉酶	—	2 mL	—	2 mL	—	2 mL
保温	5 min		5 min		5 min	
混合	1←2		3←4		5←6	
保温	5 min		5 min		5 min	
加碘液	2滴		2滴		2滴	
现象	变蓝		不变蓝		变蓝	

55

55

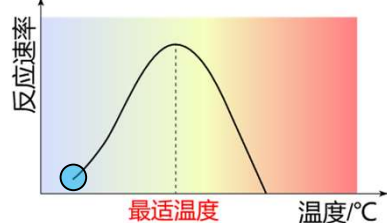
探究·实践：温度对酶活性的影响



56

56

探究·实践：温度对酶活性的影响



1. 在最适温度下，酶的活性最高。
2. 温度过高会使酶的空间结构遭到破坏，使酶永久失活。
3. 0 °C时，酶的活性很低，但酶的空间结构稳定，在适宜的温度下酶的活性会升高。因此，酶制剂适宜在低温下保存。

57

57

探究·实践：pH对酶活性的影响

•目的要求

探究pH对过氧化氢酶活性的影响。

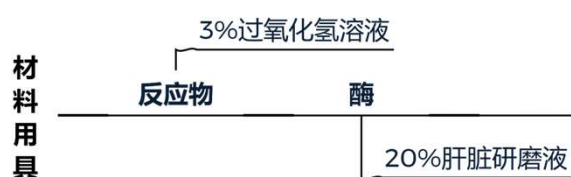


58

58

探究·实践：pH对酶活性的影响

•材料

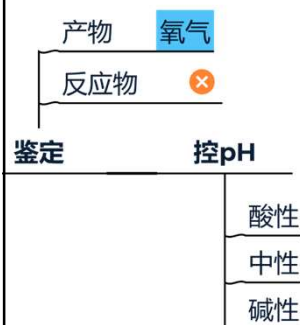


59

59

探究·实践：pH对酶活性的影响

•材料



60

60

探究·实践：pH对酶活性的影响

试管	1	2	3
肝脏研磨液	2滴	2滴	2滴
缓冲液调pH	酸性1 mL	中性1 mL	碱性1 mL
H ₂ O ₂	2 mL	2 mL	2 mL
气泡产生	无	大量	无
香条燃烧	不复燃	迅速复燃	不复燃

61

探究·实践：pH对酶活性的影响

62

探究·实践：pH对酶活性的影响

1. 在最适pH下，酶的活性最高。
2. 过酸会使酶的空间结构遭到破坏，使酶永久失活。
3. 过碱会使酶的空间结构遭到破坏，使酶永久失活。

63

探究·实践：影响酶活性的条件

Q：能否用淀粉酶探究pH对酶活性的影响，用过氧化氢酶探究温度对酶活性的影响？

	温度对酶活性的影响	pH对酶活性的影响
淀粉酶	√	酸可水解淀粉
过氧化氢酶	高温促进过氧化氢分解	√

64

CH 5.1.2.3 酶的作用条件温和

与无机催化剂相比，**酶所催化的化学反应一般是在比较温和的条件下进行的。**

酶的作用条件温和

最适温度	最适pH
动物：35 ~ 40 °C	动物：多数6.5 ~ 8.0
植物：40 ~ 50 °C	胃蛋白酶1.5
细菌真菌：差别较大，可高达70°C	植物：4.5 ~ 6.5

65

CH 5.1.2.3 酶的作用条件温和

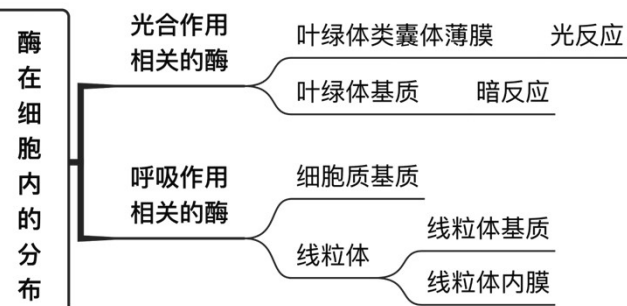
淀粉 → 葡萄糖

1960前：盐酸催化
1960后：酶法

245 kPa 高压
140 ~ 145 °C 高温
耐酸设备

66

细胞内化学反应有序进行还与酶的分布有关



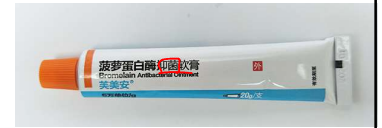
67

67

酶为生活添姿彩

木瓜蛋白酶

菠萝蛋白酶



68

68

练习与应用：一、概念检测

1.嫩肉粉的主要作用是利用其中的酶对肌肉组织中的有机物进行分解，使肉类制品口感鲜嫩。由此可推测嫩肉粉中能起分解作用的酶是 **D**

- A.纤维素酶
- B.淀粉酶
- C.脂肪酶
- D.蛋白酶

69

69

练习与应用：一、概念检测

2.能够促使唾液淀粉酶水解的酶是 **B**

- A.淀粉酶
- B.蛋白酶
- C.脂肪酶
- D.麦芽糖酶

70

70

练习与应用：一、概念检测

3.将刚采摘的新鲜糯玉米立即放入85℃水中热烫处理2 min，可较好地保持甜味。这是因为加热会 **D**

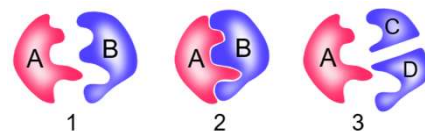
- A.提高淀粉酶的活性
- B.改变可溶性糖分子的结构
- C.破坏淀粉酶的活性
- D.破坏将可溶性糖转化为淀粉的酶的活性

71

71

练习与应用：二、拓展应用

1.下图表示的是某类酶作用的模型。尝试用文字描述这个模型。这个模型能解释酶的什么特性？



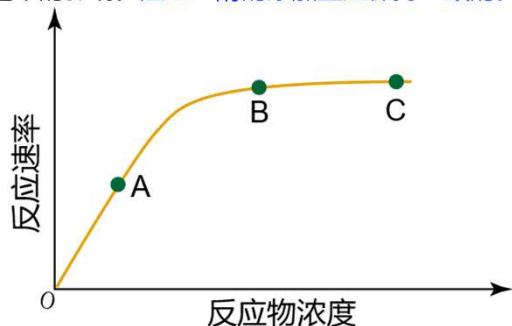
这个模型中A代表某类酶，B代表底物，C和D代表产物。这个模型的含义是：酶A与底物B专一性结合，催化反应的发生，产生了产物C和D。这个模型可以类比解释酶的专一性。

72

72

练习与应用：二、拓展应用

2. 下图表示最适温度下反应物浓度对酶所催化的化学反应速率的影响。注意：酶的添加量是保持一致的。



73

73

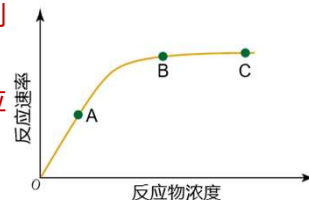
练习与应用：二、拓展应用

(1) 请解释在A、B、C三点时该化学反应的状况。

A点：随着反应底物浓度的增加，反应速率加快。

B点：反应速率在此时达到最高。

C点：反应速率不再随反应底物浓度的增加而升高，维持在相对稳定的水平。



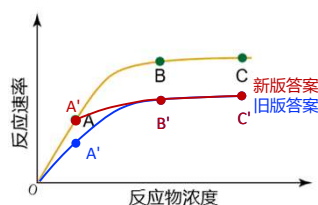
74

74

练习与应用：二、拓展应用

(2) 如果从A点开始温度升高10 °C，曲线会发生什么变化？为什么？请画出变化后的曲线。

如果A点时温度升高10 °C，曲线上升的幅度变小，因为图中原曲线表示在最适温度下催化速率随底物浓度的变化。温度高于或低于最适温度，反应速率都会变慢。



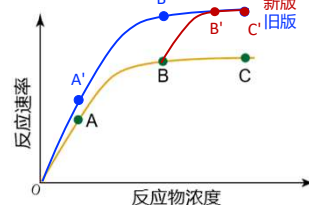
75

75

练习与应用：二、拓展应用

(3) 如果在B点时向反应混合物中加入少量同样的酶，曲线会发生什么变化？为什么？请画出相应的曲线。

该曲线表明，B点的反应底物的浓度足够大，是酶的数量限制了反应速率的提高，这时加入少量的酶，会使反应速率加快（图略）。



76

76

练习与应用：二、拓展应用

2. 下图表示最适温度下反应物浓度对酶所催化的化学反应速率的影响。注意：酶的添加量是保持一致的。

米氏方程

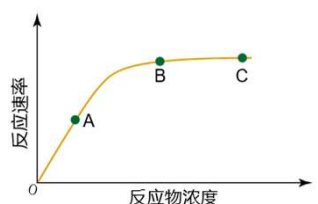
$$V = \frac{V_{\max} \cdot S}{K_m + S}$$

V：酶促反应速率；

S：底物浓度；

$V_{\max}$ ：最大速率，常数；

K_m ：米氏常数。



77

77

练习与应用：二、拓展应用

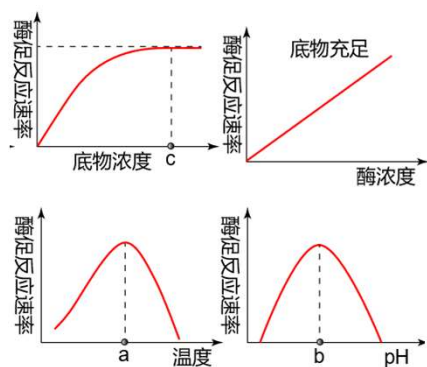


Left: Leonor Michaelis, 1875–1949; Right: Maud Menten, 1879–1960

78

78

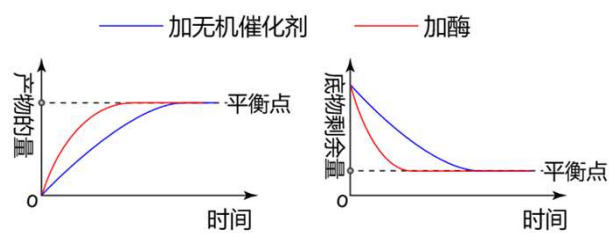
小结：影响酶促反应速率的因素



79

79

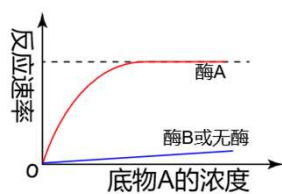
其他一些曲线：①酶具有高效性



80

80

其他一些曲线：②酶具有专一性



81

81