

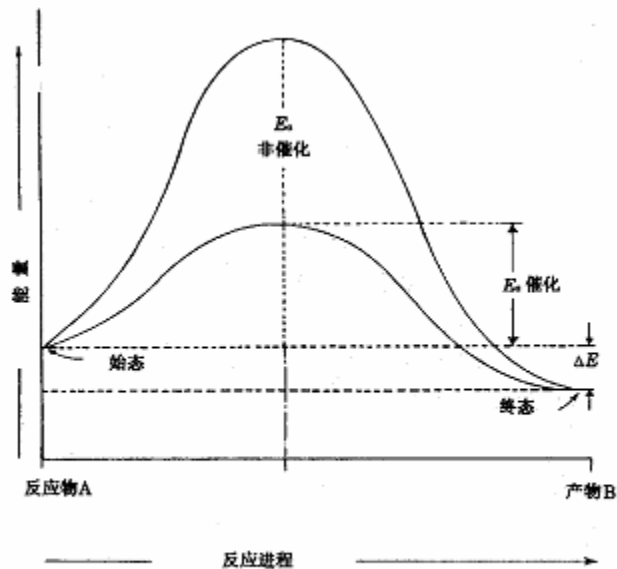
第七章 酶在食品工业中的应用

- 7.1 概述
- 7.2 影响酶促反应的速度的因素
- 7.3 固定化酶
- 7.4 酶促褐变
- 7.5 食品加工用酶举例

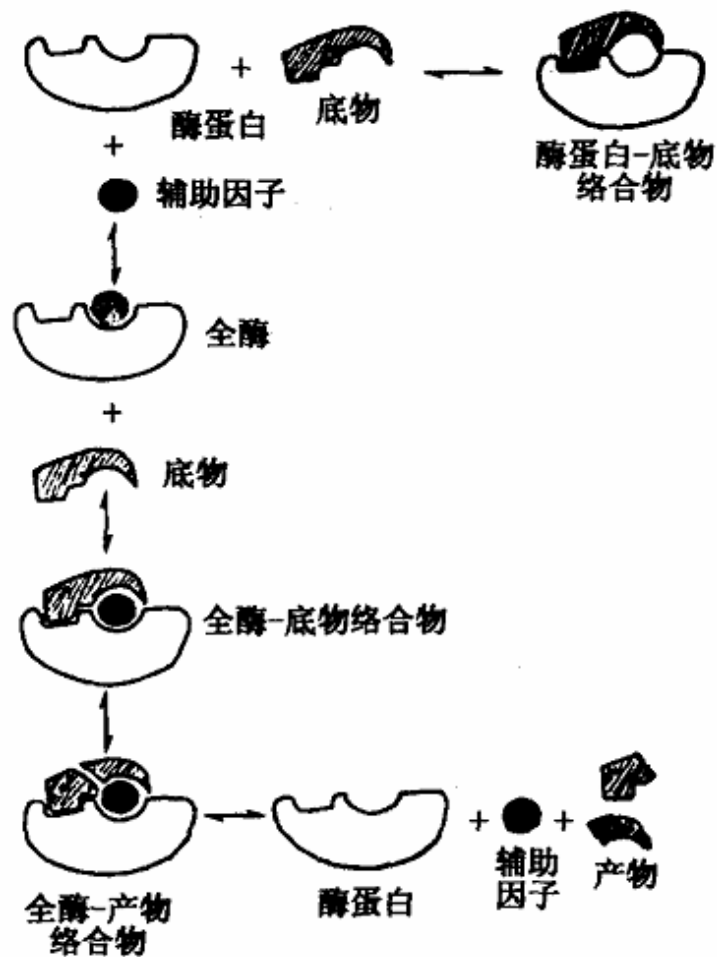
7.1 概述

- 食品加工用酶的目的
 - 1、加工中利用酶改进工艺提高食品品质
 - 2、成分分析
 - 3、控制食品原料的贮藏性与品质

酶的化学本质



在有酶参与和没有酶参与时参加反应的分子从状态A转变成状态B过程中的能量变化



酶蛋白、辅助因子、全酶底物之间的关系

酶的命名与分类

- 氧化还原酶类
- 转移酶类
- 水解酶类
- 裂解酶类
- 异构酶类
- 连接酶类

酶的活力单位

- 1分钟内1微摩尔的底物转化为产物的酶量为1个酶活力单位，称为酶的国际单位(IU)

7.2 影响酶促反应的速度因素

- 1、底物浓度
- 2、酶浓度
- 3、温度
- 4、pH
- 5、水分活度
- 6、电解质和离子强度
- 7、剪切作用
- 8、压力
- 9、辐射

(自学并思考哪些是食品中常见的影响因素?)

7.3 固定化酶

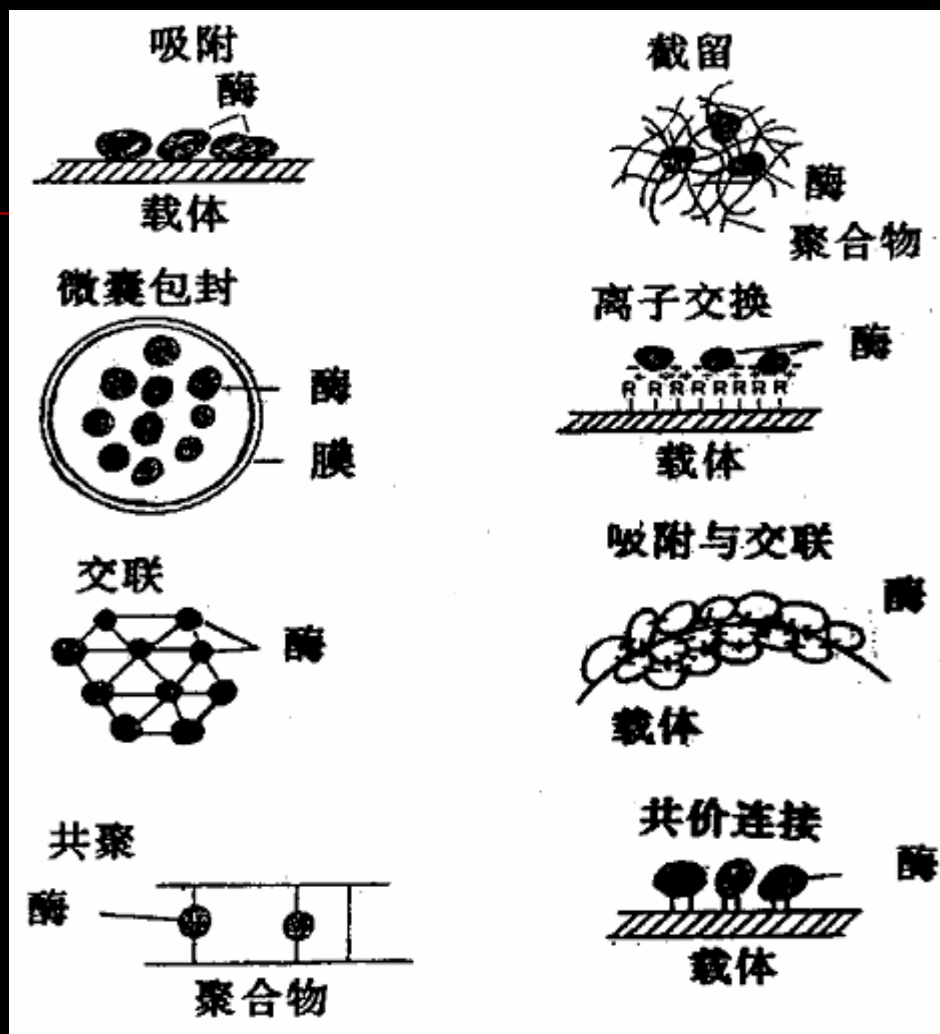
- 为什么对酶固定化？
- 酶被固定成为不溶解的状态
- 优点
 - 酶的稳定性提高
 - 酶能反复多次使用
 - 产物中不含酶，不需要采用热处理灭酶，有助于提高食品的质量
- 酶固定化的方法

酶的固定方法

1、固定化方法

- (一) 吸附
- (二) 共价连接
- (三) 载体截留
- (四) 胶囊包合

2、各个方法的作用原理及优缺点



固定化酶在食品工业中的应用

- 仅有少数固定化酶被应用于工业化
- 固定化葡萄糖异构酶，生产高果糖浆

玉米淀粉 $\xrightarrow{\alpha\text{-淀粉酶}}$ 糊精 (DP \approx 10)

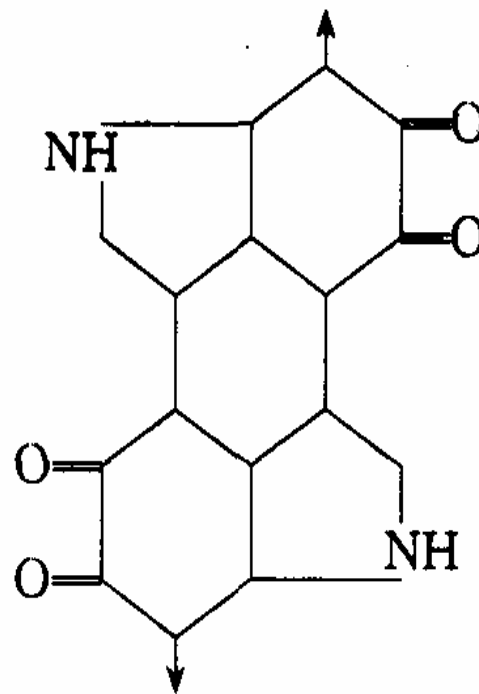
葡萄糖淀粉酶 $\xrightarrow{\hspace{1.5cm}}$ 葡萄糖 $\xrightarrow{\text{葡萄糖异构酶}}$ 高果糖浆

表 7-3 食品加工中已应用的和有发展潜力的固定化酶

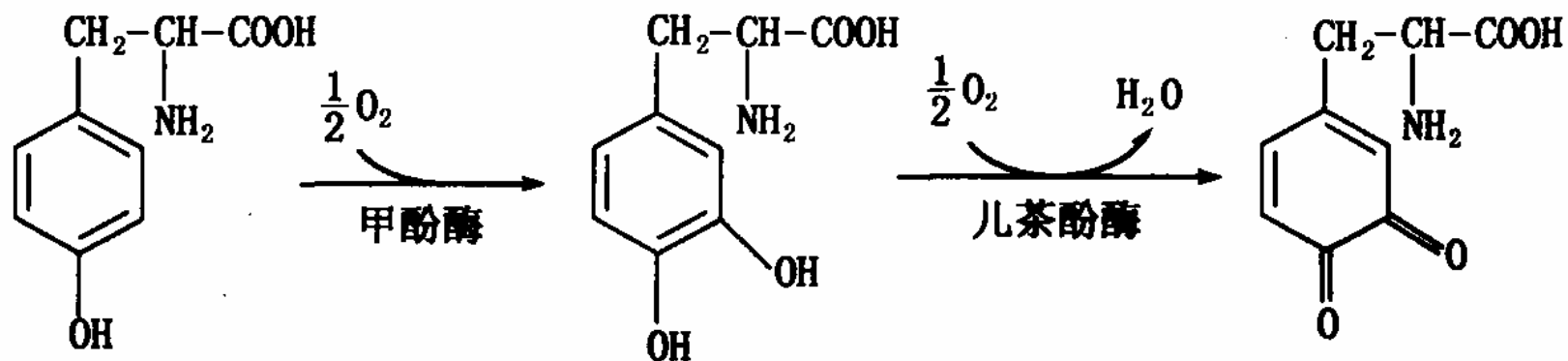
| 酶 | 在加工中的作用 |
|----------------|------------|
| 葡萄糖氧化酶 | 除去食品中氧气 |
| 过氧化氢酶 | 除去蛋白中的糖 |
| 脂肪酶 | 牛奶的巴氏杀菌 |
| α -淀粉酶 | 乳脂产生风味 |
| β -淀粉酶 | 淀粉液化 |
| 葡萄糖淀粉酶 | 高麦芽糖浆 |
| β -半乳糖苷酶 | 由淀粉生产葡萄糖 |
| 转化酶 | 淀粉去支链 |
| 橘皮苷酶 | 水解乳制品中的乳糖 |
| 蛋白酶 | 水解蔗糖生成转化糖 |
| 氨基酰化酶 | 除去柑橘汁的苦味 |
| 葡萄糖异构酶 | 牛乳的凝聚 |
| | 改善啤酒的澄清度 |
| | 制造蛋白质水解液 |
| | 分离左旋与右旋氨基酸 |
| | 由葡萄糖制果糖 |

7.4 酶促褐变

- 酶促褐变的发生
- 酶促褐变的机理
- 酶促褐变的控制

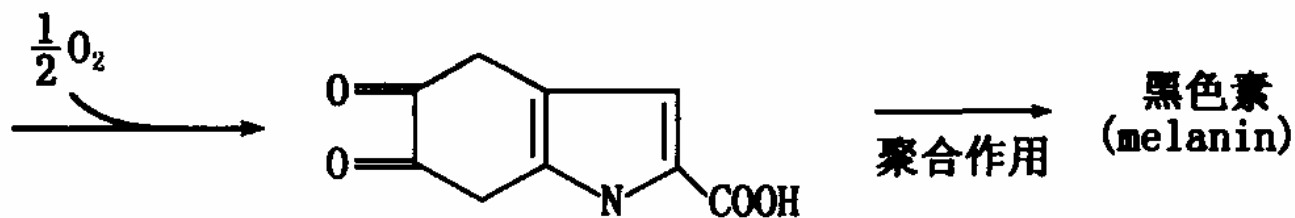


黑色素的局部结构



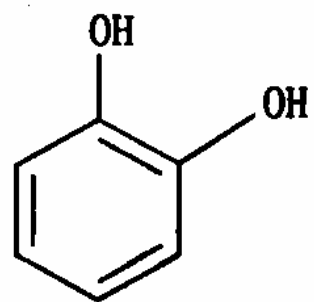
L-酪氨酸

3, 4-二羟基苯丙氨酸

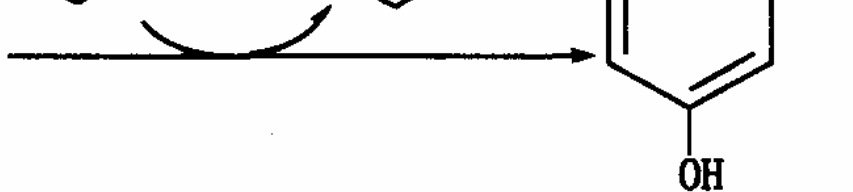
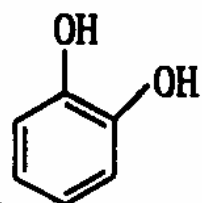
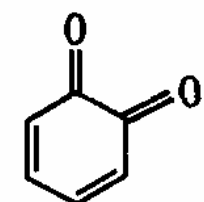
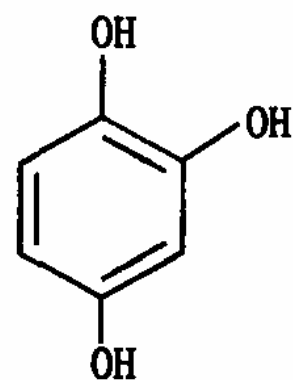
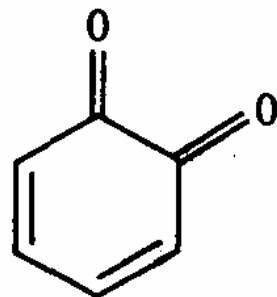
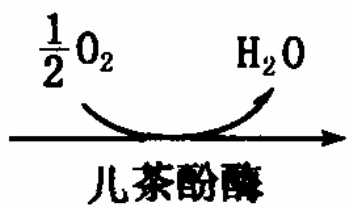


多巴色素 (dopachrome)
5, 6-二羟基吲哚-2-羧酸

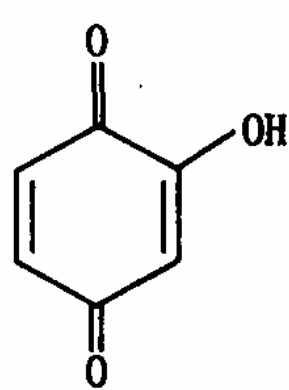
黑色素
(melanin)



儿茶酚



或



聚合 → 黑色素

酶促褐变的控制

- 钝化酶的活性
- 改变酶作用的条件
- 消除氧和酚类化合物
 - 抗坏血酸、亚硫酸盐和巯基化合物
 - 有还原性，将邻-苯醌还原成底物，防止黑色素产生
 - 直接使酶失活
 - 破坏活性中心的组氨酸残基和 Cu^{2+}
 - 非底物的酚类（苯二酚、苯甲酸）可通过与底物竞争抑制酶活力。

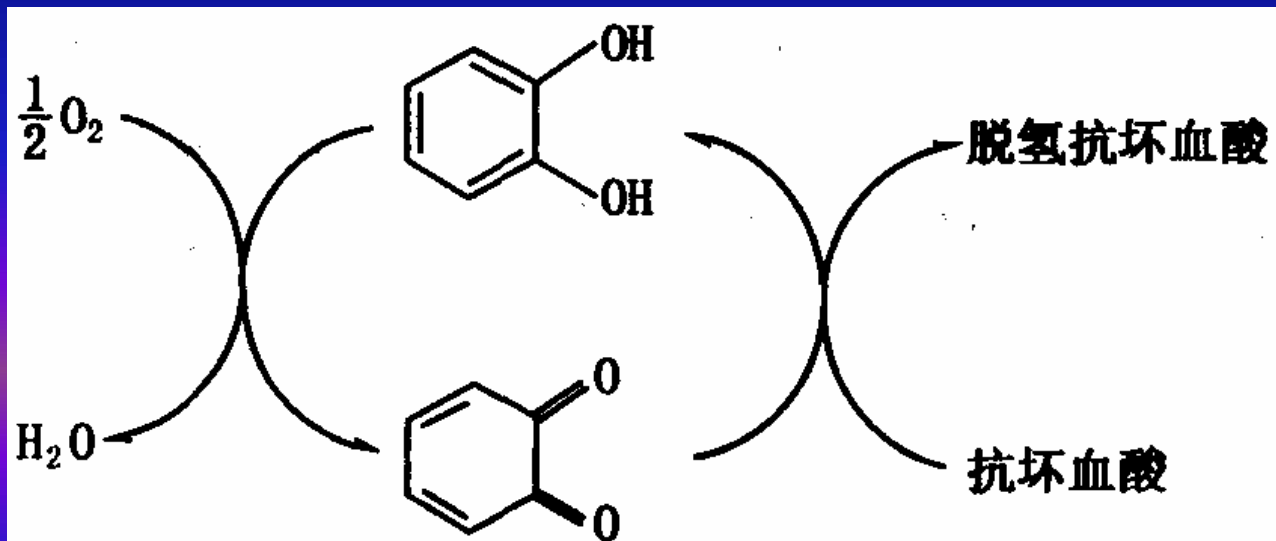


图 7-9 抗坏血酸抑制酶促褐变的机制

7.5 食品加工用酶举例

| | | |
|-------------|--------------------------------------|--|
| 纤维素酶 | 酿造 咖啡 水果 | 水解细胞壁中复杂的碳水化合物 咖啡豆干燥过程中将纤维素水解 除去梨中的粒状物,加速杏及番茄的去皮 |
| 半纤维素酶 | 咖啡 | 降低浓缩咖啡的黏度 |
| 果胶酶(可利用性方面) | 巧克力-可可 咖啡 水果 果汁 橄榄 酒类 | 增加可可豆发酵时的水解活动 增加可可豆发酵时明胶状种衣的水解 软化 增加压汁的产量,防止絮结,改善浓缩过程 增加油的提取 澄清 |
| 果胶酶(不利方面) | 橘汁 水果 | 破坏和分离果汁中的果胶物质 过度软化 |
| 柚皮苷酶 | 柑橘 | 将柚皮苷及其他糖苷水解,使柑橘制成的果胶、果汁脱去苦味 |
| 戊聚糖酶 | 磨粉 | 增加面粉制作过程中淀粉的回收率 |
| 水苏糖酶 | 豆类制品 | 减少豆类制品因含棉子糖、水苏糖等寡糖造成肠中气体的生成 |
| 单宁酶 | 酿造 茶 | 除去多酚化合物 防止冷茶提取液发生混浊 |
| 蛋白酶(可利用方面) | 焙烤食品 | 使面团软化,减少混合时间,增加面团的延伸性,改善面包质地和增加空隙度,释放 β -淀粉酶 |

| 酶 | 食 品 | 目的与反应 |
|------------|--------|------------------------------------|
| | 啤酒酿造 | 在酿造过程中使产生酒体、风味和营养增加滤过性、澄清性和加速冷却混浊性 |
| | 谷类食品 | 使蛋白质改性以增加此类食品的干燥率,用于豆面浆和豆腐的加工中 |
| | 干酪 | 增加酪蛋白凝聚,增加熟化时的风味 |
| | 巧克力-可可 | 用于发酵的可可豆中 |
| | 鸡蛋及蛋制品 | 改善干燥性质 |
| | 饲料 | 处理下脚料使转化成词料 |
| | 鱼和肉 | 嫩化,从骨头、鱼等下脚料中回收蛋白质、使油脂释放 |
| 蛋白酶(不利方面) | 牛乳 | 制备豆乳奶 |
| | 蛋白质水解物 | 用于酱油、汤料、调味品及加工肉的制作 |
| | 酒类 | 澄清 |
| | 鸡蛋 | 对新鲜蛋和全蛋粉的贮存期有影响 |
| | 螃蟹、龙虾 | 如酶未迅速失活,会导致过分嫩化 |
| | 面粉 | 若酶活性太高会影响空隙的体积与质地 |
| 脂肪酶(可利用方面) | 干酪 | 加速熟化、成熟及增加风味 |
| | 油脂 | 使脂肪转化成甘油及脂肪酸 |
| | 牛乳 | 使牛奶巧克力具特殊风味 |

| | | |
|--------------|----------------------|-----------------------------------|
| 脂肪酶(不利方面) | 谷物食品 牛乳及乳制品 油类 | 使黑麦蛋糕过分褐变 水解性酸败 水解性酸败 |
| 磷酸酯酶 | 婴儿食品 啤酒发酵 牛奶 | 增加有效性磷酸盐 使磷酸化合物水解 检查巴氏消毒的效果 |
| 核糖核酸酶 | 风味增强剂 | 增加 5'-核苷酸与核苷 |
| 过氧化物酶(可利用方面) | 蔬菜 葡萄糖的测定 | 检查热烫效果 与葡萄糖氧化酶综合利用测定葡萄糖 |
| 过氧化物酶(不利方面) | 蔬菜 水果 | 产生异味 加强褐变反应 |
| 过氧化氢酶 | 牛乳 | 在巴氏杀菌中破坏 H_2O_2 |
| 葡萄糖氧化酶 | 各种食品 | 除去食品中的氧气或葡萄糖,常与过氧化氢酶结合使用 |
| 脂氧合酶 | 面包 | 改良面包质地、风味并进行漂白 |
| 双乙醛还原酶 | 啤酒 | 降低啤酒中双乙醛的浓度 |
| 多酚氧化酶(可利用方面) | 茶叶、咖啡、烟草 | 使其在熟化、成熟和发酵过程中产生褐变 |
| 多酚氧化酶(不利方面) | 水果、蔬菜 | 产生褐变、异味及破坏维生素 C |

例：蛋白酶的应用

- 制备水解蛋白质（如生产大豆水解蛋白）
- 从油料种子加工分离蛋白质（菜籽、棉籽饼粕分离蛋白）
- 从加工肉制品的下脚料回收蛋白质（骨蛋白、血液蛋白等）
- 作为食品添加剂改善食品的质量（促进maillard反应如发酵）
 - 木瓜蛋白酶用于配制肉类嫩化剂
 - 分解蛋白以减少啤酒低温混浊现象