

# ENZIMAS EM ALIMENTOS

Aula 1: Controle e aplicação

Prof. João Roberto



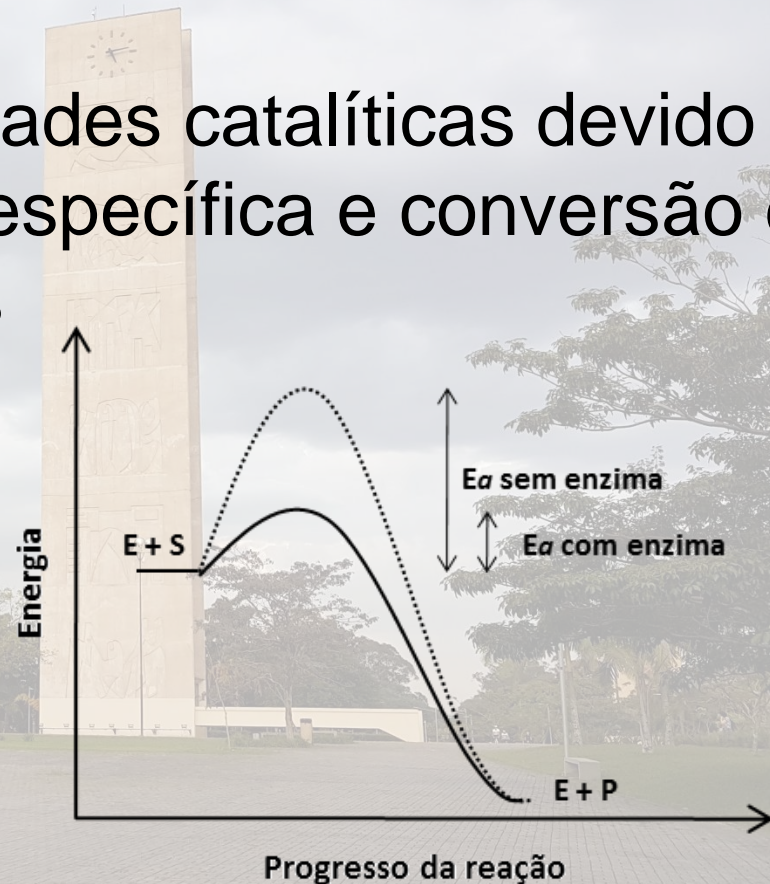
# Objetivo

Discutir as consequências da presença de enzimas alimentos, as condições de controle da atividade enzimática e suas aplicações

# Enzimas

Proteínas com propriedades catalíticas devido ao seu poder de ativação específica e conversão de substratos em produtos

- Energia de ativação
- Especificidade



# Questões orientadoras

- Qual a origem das enzimas presentes em alimentos?
- Como a presença de enzimas pode afetar a qualidade dos alimentos?
- Como as enzimas podem ser controladas ou inativadas?

# Importância em alimentos

- Enzimas endógenas
- Enzimas exógenas
- Enzimas como indicadores de processos

# Polifenol oxidase

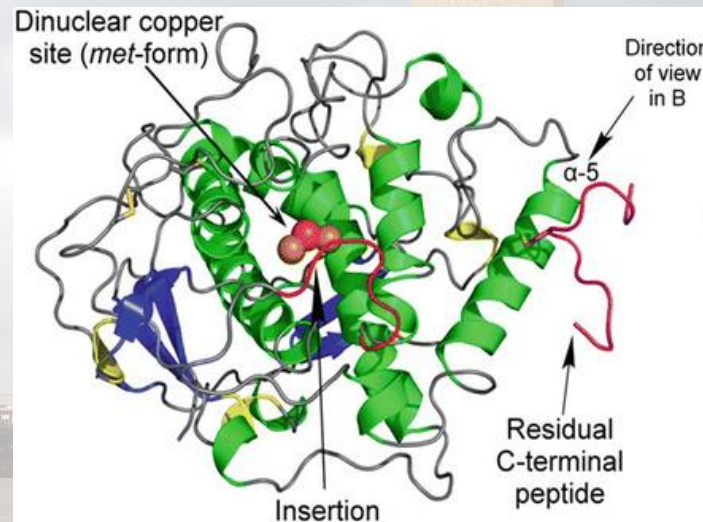
Reação de escurecimento enzimático



Não confundir com  
reação de Maillard e  
caramelização!

# Polifenol oxidase

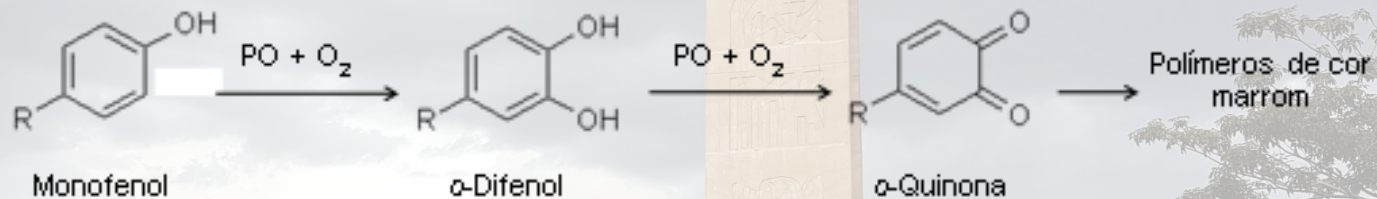
Plantas, animais e microrganismos  
Afeta a qualidade de frutos e vegetais



Jukanti, A. (2017). Distribution, Localization, and Structure of Plant Polyphenol Oxidases (PPOs). In: Polyphenol Oxidases (PPOs) in Plants. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-5747-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-10-5747-2_2)

# Polifenol oxidase

## Reação de escurecimento enzimático



- Hidroxilação de monofenóis = o-difenóis
- Oxidação de o-difenóis = o-quinonas
- o-quinonas se oxidam polimerizam = melaninas



# Polifenol oxidase

Como impedir o escurecimento enzimático?

- Exclusão de  $O_2$
- Agentes redutores (ácido ascórbico, bissulfito)
- Agentes quelantes (EDTA, ácido cítrico)
- Aquecimento (desnaturação térmica)
- Acidificação ( $pH < 4,5$ ) (ácido cítrico)

# Aplicação de enzimas exógenas

- *Novos ingredientes*
- *Remoção de indesejáveis*

# Questões orientadoras

- Quais as vantagens do uso de enzimas para a modificação de matérias-primas alimentares?
- Que características uma enzima deve ter para uso na modificação de matérias-primas alimentares?
- Qual a origem da maioria das enzimas usadas na indústria?
- Quais as principais enzimas usadas para a modificação de carboidratos, proteínas e lipídios?

# Vantagens

- Condições mais brandas de processamento
- Uso por vários ciclos de reação
- Maior controle do processo
- Qualidade da modificação
- Não há reações laterais

# Características desejáveis

- Robustez
- Bem caracterizadas
- Condições de atividade compatíveis com aplicação
- Inocuidade
- Facilidade de obtenção



# Principais enzimas

## Ação sobre carboidratos:

- Amilolíticas ( $\alpha$ -amilase,  $\beta$ -amilase, amiloglicosidase ou glicoamilase) – *Panificação, produção de xarope*
- Pécticas (poligalacturonase, pectinametilesterase, pectato liase) – *Produção de sucos*
- Lactase ( $\beta$ -galactosidase) – *Remoção de lactose*
- Invertase ( $\beta$ -frutofuranosidase) – *Produção de açúcar invertido*

# Principais enzimas

## Ação sobre proteínas:

- Proteases (Renina, papaína, bromelina, etc) – *Laticínios, panificação, carnes, cervejaria*
- Transglutaminase (ligações cruzadas entre cadeias) – *Produtos ricos em proteínas, como lácteos e cárneos, e panificação*

# Principais enzimas

## Ação sobre lipídeos:

- Lipases (Liberação de ácidos graxos) – Panificação, queijos
- Lipoxigenases (Oxidação de ácidos-graxos e triacilgliceróis com unidade cis,cis penta 1,4 dieno - requer metileno suscetível) – Branqueamento de farinha



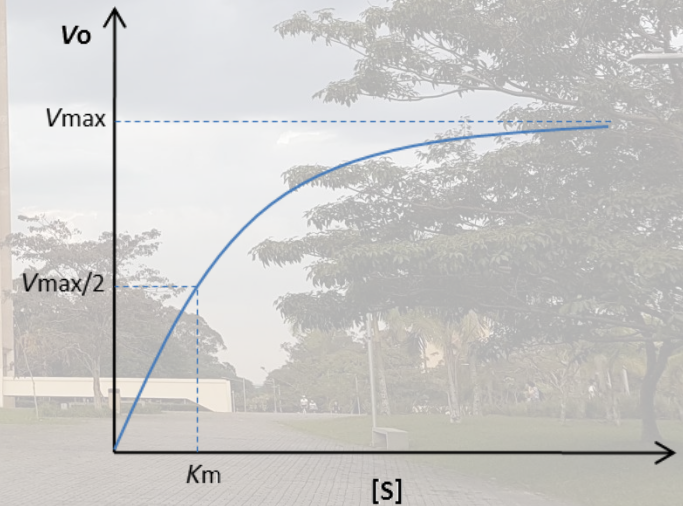
# Controle da atividade

- Como as enzimas presentes nos alimentos podem ser controladas ou inativadas?

# Controle da atividade

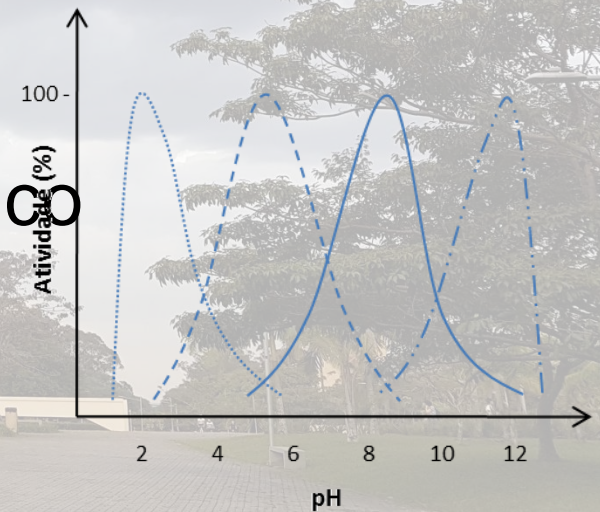
Manipulação das condições de armazenamento e processamento

- Concentração de enzima
- Substrato
- pH
- Temperatura
- Atividade de água
- Cofatores
- Inibidores



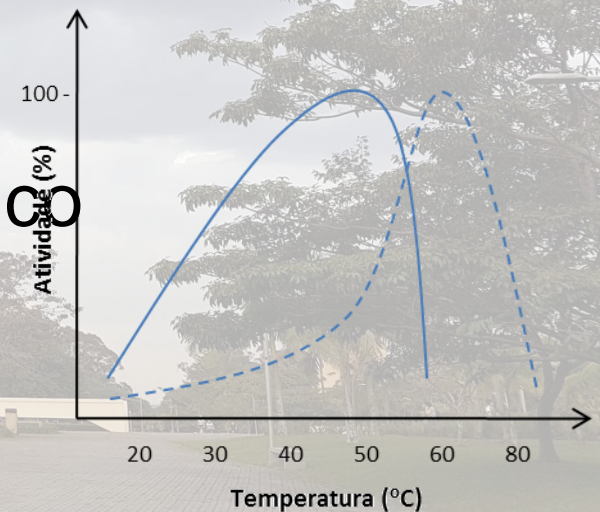
# pH

- pH ótimo
- pH de estabilidade
- Ionização ou dissociação: tampão, substrato, cofatores, grupos ionizáveis do sítio catalítico



# Temperatura

- Temperatura ótima
- Faixa de estabilidade
- Ionização ou dissociação: tampão, substrato, cofatores, grupos ionizáveis do sítio catalítico



# Atividade de água

Reações normalmente ocorrem em meio aquoso  
Conteúdo de água deve ser menor que 1-2%  
( $A_w < 0,35$ )

MAS, enzimas também ocorrem em:

- membrana celular
- depósitos de lípidos
- sistema de transporte de elétrons (matriz lipídica)

# Cofatores

Compostos orgânicos não-protéicos ou íons inorgânicos essenciais para a catálise

- coenzimas: ligação fraca, se dissociam e outro estado de oxidação (NAD/NADH)
- grupos prostéticos: ligação covalente e mesmo estado de oxidação (Grupo heme)
- Íons inorgânicos: estabilizam conformação e/ou ligação do substrato ( $\text{Ca}^{2+}$ )

# Inibidor

Composto que diminui a velocidade da reação quando adicionado

- Reversível: forma complexo não-covalente e pode ser removido
- Irreversível: ligado covalentemente e não pode ser removido



# Questões orientadoras

- Qual a origem das enzimas presentes em alimentos?
- Como a presença de enzimas pode afetar a qualidade dos alimentos?
- Como as enzimas podem ser controladas ou inativadas?



# Questões orientadoras

- Quais as vantagens do uso de enzimas para a modificação de matérias-primas alimentares?
- Que características uma enzima deve ter para uso na modificação de matérias-primas alimentares?
- Qual a origem da maioria das enzimas usadas na indústria?
- Quais as principais enzimas usadas para a modificação de carboidratos, proteínas e lipídios?