

**"Orientamento Consapevole"**  
**Corso di: Biotecnologie Innovative**  
**Dipartimento di Bioscienze, Biotecnologie e  
Biofarmaceutica**

**Enzimologia  
Industriale**

# Enzimologia Industriale

Gli Enzimi sono prevalentemente delle proteine specializzate nelle catalisi biologiche cioè sono capaci di accelerare le reazioni chimiche cellulari nelle condizioni fisiologiche (temperatura e pH blandi) anche di un milione di volte.

Gli Enzimi sono sintetizzati dalle cellule, ma, possono funzionare anche fuori della cellula (Applicazioni Industriali)

# Enzimologia Industriale

## □ Elevata EFFICIENZA

Potere catalitico elevato (l'enzima aumenta la velocità di reazione da 5 a 17 ordini di grandezza,  $10^5$ - $10^{17}$  volte).

## □ Elevata SPECIFICITA' DI REAZIONE

riconoscono una specifica struttura chimica e danno origine ad uno specifico prodotto (N.B. sono stereospecifici)

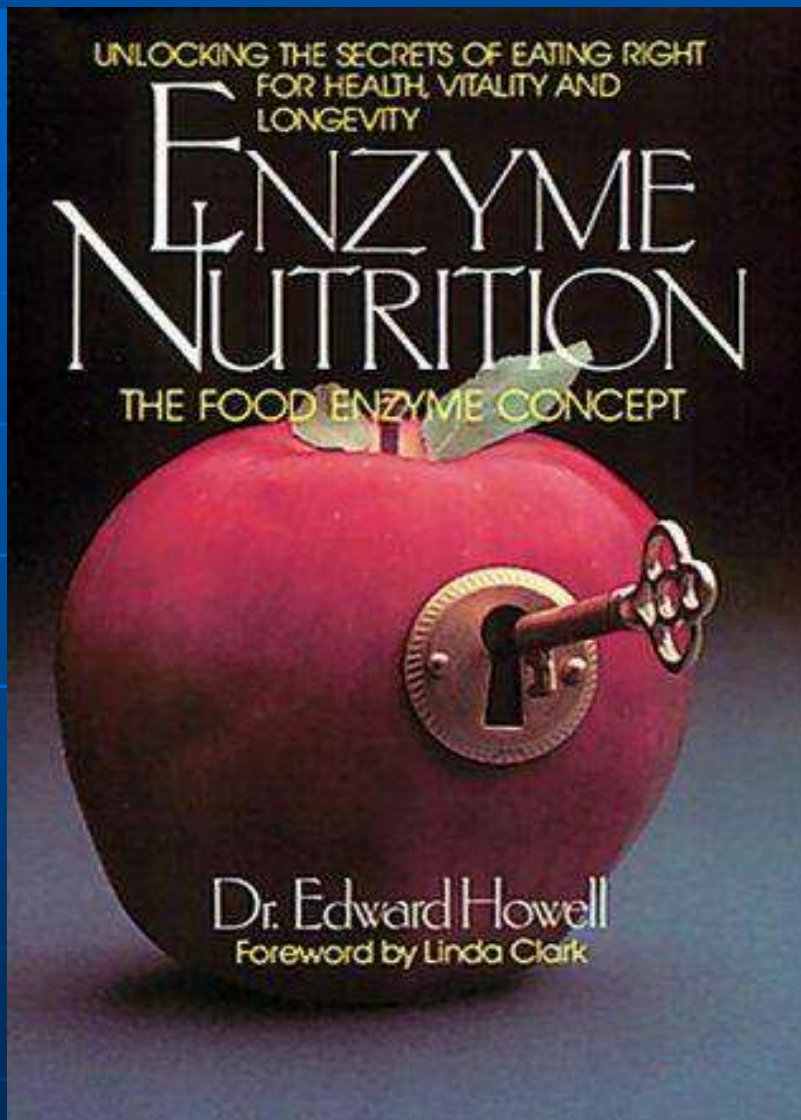
# Enzimologia Industriale

Quali e quante  
Proteine/Enzimi sono  
usati a livello industriale?

# Enzimologia Industriale

Con quali applicazioni  
di proteine/enzimi ingegnerizzati  
ci confrontiamo  
ogni giorno?

# Enzimologia Industriale



Gli ENZIMI  
dove sono???

# Deterget Enzymes



Diversi tipi di Enzimi sono usati nella pulizia delle stoviglie:

- Proteasi
- Lipasi
- Amilasi
- Cellulasi



# Deterget Enzymes



Diversi tipi di Enzimi sono usati nella pulizia degli indumenti:

- Proteasi
- Lipasi
- Amilasi
- Cellulasi



...Un bianco così bianco che più bianco non si può !!!!!

- ✓ I **detergenti** sono ottimi se eliminano sino al **95%** di un tipo di sporco
- ✓ Il **5%** rimanente agisce però come "collante" per altro sporco
- ✓ Solo gli **enzimi\*** riescono ad eliminare tale 5%  
( \*in genere è una miscela di proteasi, lipasi, amilasi e cellulasi)

La performance degli enzimi dipende da un numero di fattori:

- La composizione della macchia
- La composizione del detergente
- La temperatura di lavaggio
- Le pratiche di lavaggio
- La durezza dell'acqua.

# Benefici dell'uso di Enzimi nel lavaggio tessuti

- ❑ Una miglior pulizia
- ❑ **Tempi** di lavaggio **più brevi** grazie ad enzimi più veloci
- ❑ **Riduzione** del consumo di **energia** x lavaggi a basse temperature
- ❑ **Riduzione** del consumo di **acqua** x miglior efficienza di pulizia
- ❑ **Minimo impatto ambientale** x facilità di biodegradazione degli enzimi
- ❑ **Ringiovanimento delle fibre** di cotone x l'azione delle cellulasi sulle fibre
- ❑ **Totale pulizia** x rimozione anche delle tracce di sporco senza possibilità di ri-depositazione dello sporco
- ❑ **Aumento** del candore **bianco** x rimozione anche delle tracce di sporco

# Alcuni Enzimi nei Detergenti

Zout - Microsoft Internet Explorer

File Modifica Visualizza Preferiti Strumenti ?

Indirizzo <http://www.zout.com/>

Google Effettua la ricerca M Segnalibri Controllo Traduci Compilazione automatica Entra Traduci


Questa pagina è in Inglese. Tradurre la pagina con Google Toolbar? [Ulteriori informazioni](#)

**Zout** Home Products Laundry Help Store Locator Media Center Search...

## Triple Threat Stains Need Triple Enzyme Clean!™

Zout® Triple Enzyme Clean™ technology uses the power of three enzymes to remove tough stains like grass, ground-in dirt, blood, foods and other set-in stains.


[Learn More](#)



**Stain Guide**  
Find your stain solution using our handy stain guide.

[Launch Stain Guide](#)

**How to Use Zout**



[Launch Media Center](#)

# Citrus Peeling

Esistono enzimi utilizzati per "sbucciare" agrumi freschi.



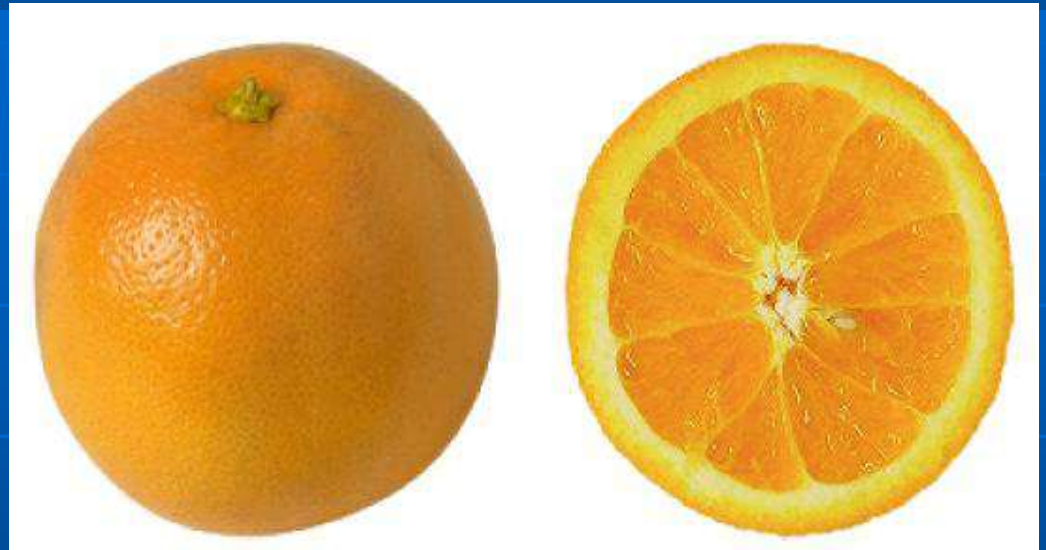
## Vantaggi:

- Alti standard di qualità
- Riduzione lavoro manuale
- Riduzione delle perdite durante la lavorazione

# Citrus Peeling

How do you peel an orange without touching it?

With pectinase of course!!



## SOURCE

*Pectinex* is produced by a selected strain of *Aspergillus niger*.

## USES

*Pectinex* is a mixture of several types of pectinases, designed principally for treating fruit and vegetable mashes and the maceration of plant tissues. The enzyme preparation can be **used to increase the yield of juice from apples**, etc. and also to peel citrus and other fruits.

## ACTIVITY

*Pectinex* is a mixture of enzymes. The main enzymes it contains are pectintranseliminase, polygalacturonase and pectinesterase. As a side activity, *Pectinex* also contains small amounts of hemicellulases and cellulases. These enzymes exhibit optimum activity around pH 4.5, and at 50 °C. Please refer to the data sheet supplied with the enzyme product.

## STORAGE

When stored at 10 °C or less, *Pectinex* maintains its declared activity (see data sheet provided with the enzyme product) for at least 12 months.



# Cloudy Citrus Juice Treatment



Dal succo dagli agrumi.

Enzimi sono usati per  
aumentare la  
"resa di estrazione"

# Cork Treatment



I tappi in sughero vengono  
"colorati" e "disinfettati"  
con Enzimi.



# Fruit & Vegetable Firming



Preparazioni Enzimatiche sono usate per aumentare la consistenza di frutta e verdura lavorata meccanicamente.

Pectinasi.....

## Vantaggi:

- 1) Evitare danneggiamenti meccanici durante la preparazione
- 2) Conservarne un aspetto intatto della frutta e verdura

# Lemon Juice Clarification



Enzimi sono usati per accelerare il processo di chiarificazione (es. del succo di limone).

Bromelaina,  
Ficina,  
Papaina,  
Pectinasi.....

## Vantaggi:

Evitare l'uso di agenti preservanti (es. biossido di zolfo) durante il lungo tempo di chiarificazione.

# Juice Clarification ....



**Impatto  
commerciale  
dei succhi  
e della  
chiarificazione.**

**Bromelaina, Ficina,  
Papaina, Pectinasi.....**



# Personal care



Enzimi sono usati per l'igiene:

- Dentale (giovani e meno-giovani)...

Proteasi  
Glucoamilasi  
Glucosio ossidasi.....

# Personal care



Enzimi sono usati per  
l'igiene:

☐ di lenti a contatto

Proteasi

Lipasi.....

# Meat Processing



Molti Enzimi sono usati nei processi di lavorazione delle carni.

Intenerimento delle carni

Bromelaina, Ficina, Papaina



# Beers Processing



Molti Enzimi sono usati nei processi di preparazione delle birre.

$\alpha$ -amilasi, Glucoamilasi



# Breads & Cookies Processing



Molti Enzimi sono usati nei processi di preparazione del pane e biscotti.

**Amilasi  
Amiloglucosidasi.....**

# Animal feed



Molte componenti del **cibo** non sono totalmente digeriti da alcuni animali.

Il sistema digestivo di **maiali** e **pollame** non produce enzimi capaci di rompere la parete cellulare delle piante.

L'aggiunta di "Enzimi" (**Enzyme blends** miscela di enzimi usati come Direct Fed Microbials [DFMA] o Probiotici) facilitano la rottura (idrolisi) di tali componenti nutrizionali o ne facilitano l'eliminazione dalla dieta dell'animale rendendo tale cibo meglio utilizzabile dagli allevatori.

# Management farm animal



## Enzyme cleaning & odor control

(enzimi che riducendo l'ammonio aumentandone la biodegradazione, riducono gli odori ad essi associati oltre a quelli associati a rifiuti organici)





# Textile

## Cellulasi

- ✓ Rimuove imperfezioni superficiali (biopolishing)
- ✓ Effettua lo Stone Washing enzimatico
- ✓ Conferisce "mano" morbida (biosoftening)



## Proteasi

- Anti-infeltrimento
- Anti-pilling
- Ausiliari di tintura

# Leather



Enzimi sono usati  
per i trattamenti  
delle pelli



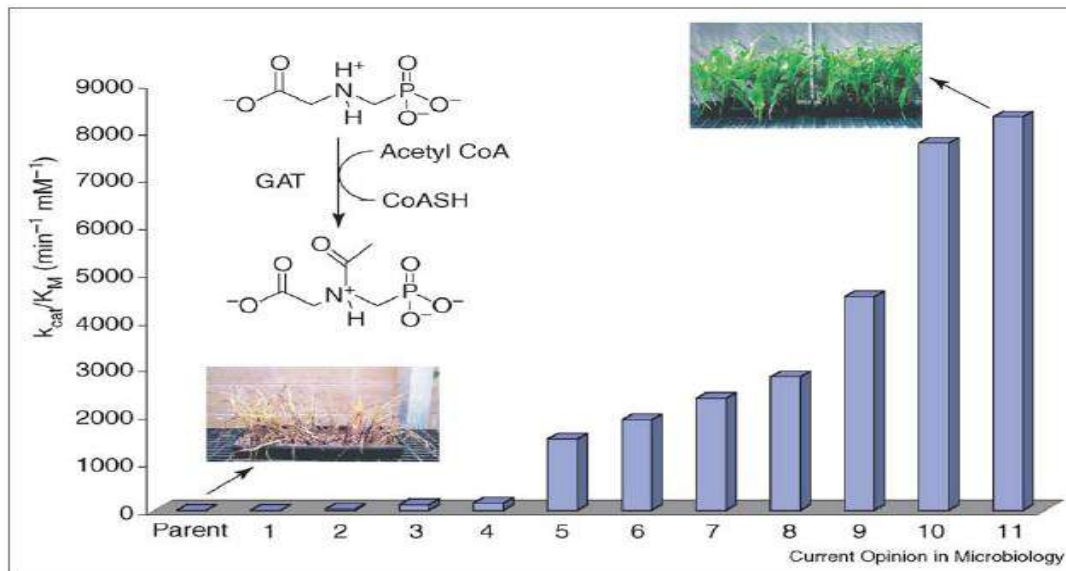
Enzimi proteolitici e lipolitici

Rimuovere cute, peli ecc.

# Grass

L'enzima glifosate acetiltrasferasi degrada con poca efficienza il glifosate (erbicida).

Mediante 11 cicli di DNA shuffling (sul gene dell'enzima glifosate acetiltrasferasi) si è riusciti ad ottenere un mutante con aumentata attività catalitica verso la degradazione del glifosate.



The evolution of a glyphosate acetyltransferase. Eleven rounds of DNA shuffling were used to improve the catalytic efficiency ( $k_{cat}/K_M$ : [catalytic rate constant/Michaelis-Menten equilibrium constant]) dramatically. The eleventh round mutant was tolerant to 1.09 g m<sup>-2</sup> (156 ounces per acre) Roundup UltraMAX. Parent in the figure refers to the native GAT and 11 to the eleventh round mutant.



# Grass

Come sfruttare industrialmente tale Enzima ingegnerizzato?  
Come può una pianta resa Biotech inserendovi glifosate  
acetiltransferase ingegnerizzato, essere un affare?





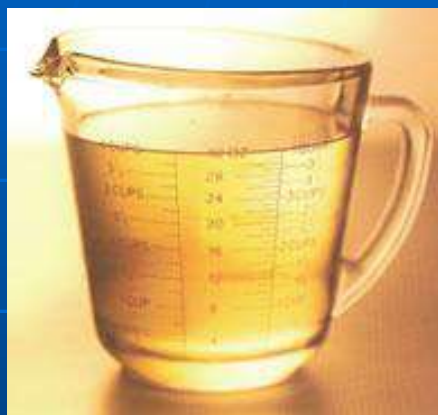
# Bio-Energy

1 molecola  
trigliceride

3 molecole  
etanolo

3 molecole  
etilestere  
(FAEE)

1  
molecola  
glicerina



+



=



+



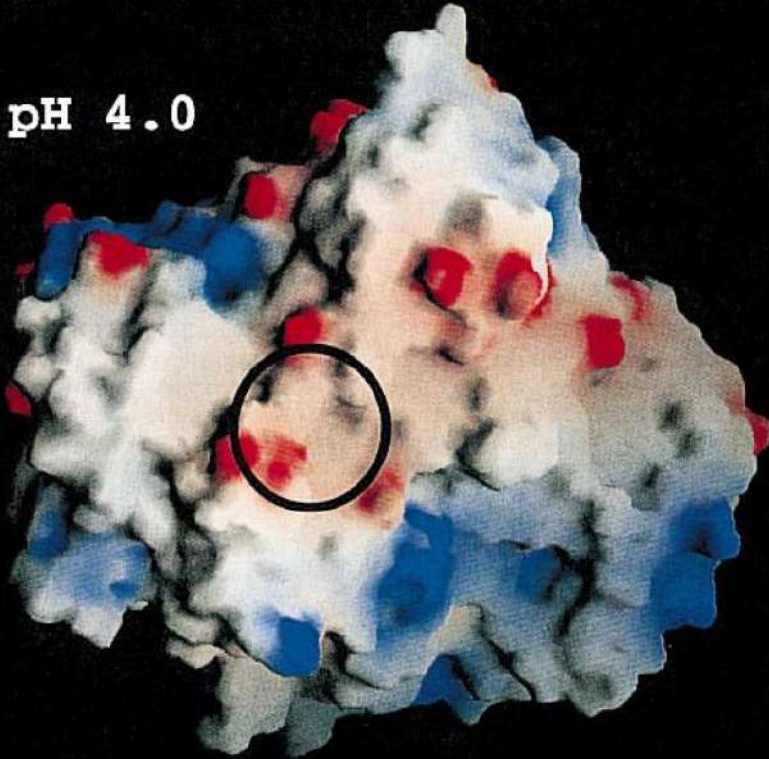
**Bio-Diesel**

## Lipasi

*L'enzima LIPASI catalizza la reazione di transesterificazione  
degli oli vegetali per la produzione di Biodiesel*

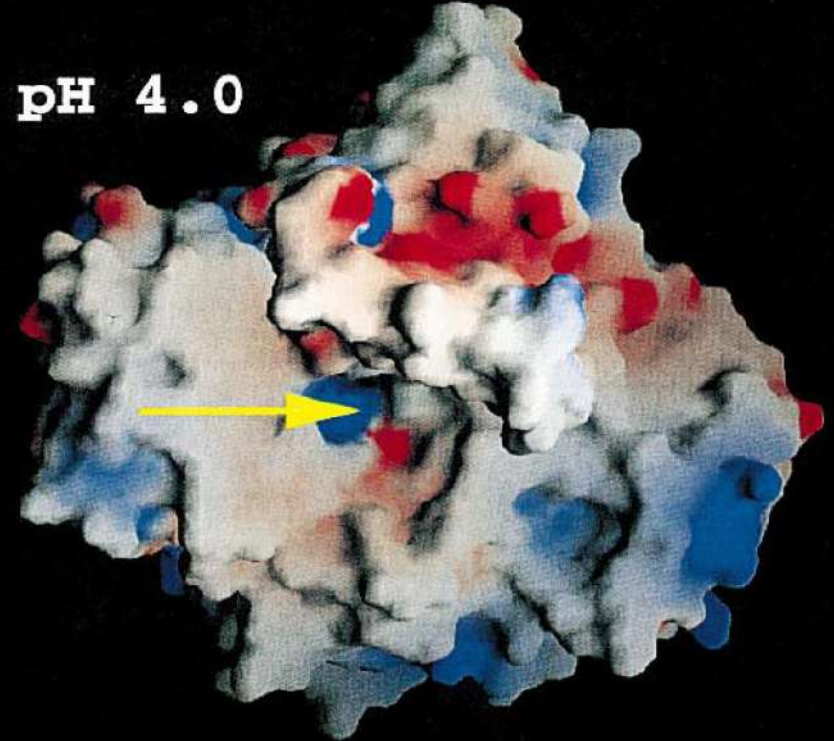
# Esempio della struttura dell'enzima LIPASI usato nella produzione di Biodiesel

pH 4.0



a

pH 4.0



b

**Lipasi di *Rhizomucor miehei*:**

il cerchio nero indica la posizione del sito attivo con il un segmento (lid) ad  $\alpha$ -elica che lo blocca (a=lid chiuso) oppure no (b=lid aperto).

Petersen et al., J. of Biotechnology, 2001

# Bio-Energy

## Enzimi idrolitici

### Cellulasi

(idrolizzano la cellulosa a glucosio)

### Emicellulasi

(idrolizzano l'emicellulosa in monosaccaridi xilosio, glucosio, arabinosio, mannosio)

### Amilasi

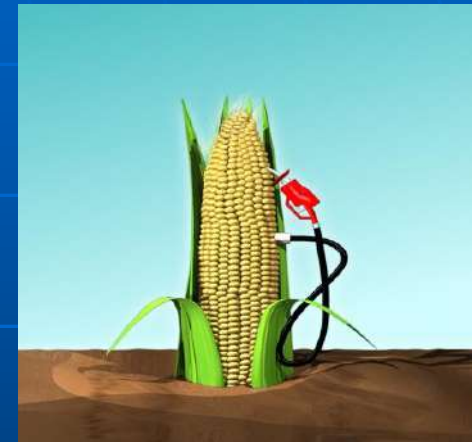
(convertono l'amido in glucosio)

### Proteasi

### Esterasi

BIOMASSA

## Fermentazione



Bio-etanolo



Shreddered Wood



Bark



Saw Dust / Chips

# BIOMASS

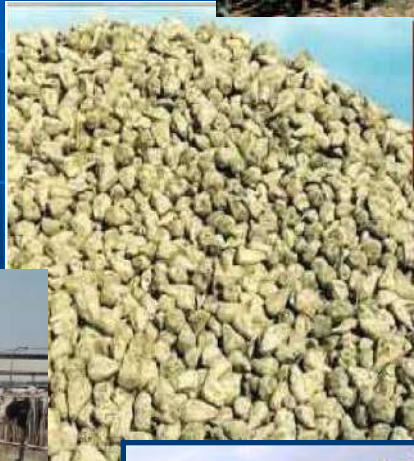
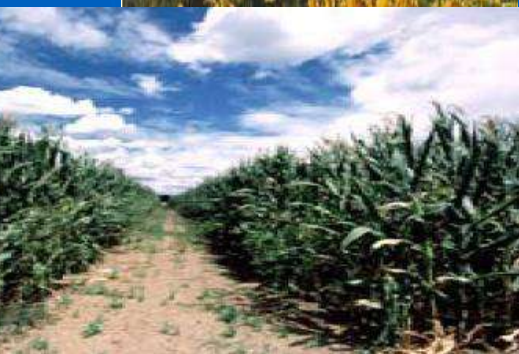
Temp

icant

lygon

Vo

Wood Pellets



# Bio-Energy

## ❑ Microrganismi Foto-autotrofici

possono usare la luce come fonte di energia e  $CO_2$  come unica fonte di carbonio (es. **microalghe verdi** e **cianobatteri**)

A) Normalmente :  $CO_2 + H_2O + \text{energia luminosa} \rightarrow C_n(H_2O)_n + O_2$

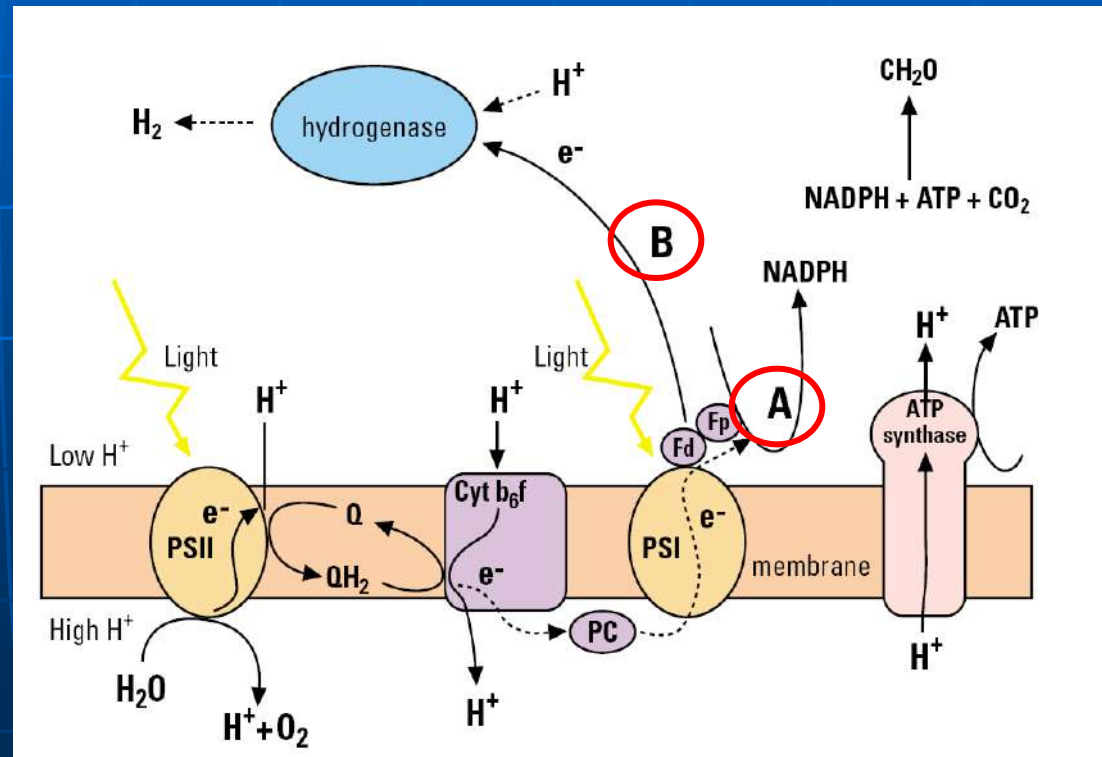
B) Condiz. Anaerobiche:  $4H_2O + \text{energia luminosa} \rightarrow 4H_2 + 2O_2$   
(grazie ad una **idrogenasi**)

Il fotosistema I e II agiscono in serie nel bilayer lipidico delle membrane tilacoidi.

Il PSII usa l'energia fotonica per liberare dal  $H_2O$  protoni (che formano il gradiente usato poi dall'ATP sintasi) ed elettroni che raggiungono, tramite una serie di carrier, il PSI dove:

A) in condizioni di  $O_2$  normali riducono  $NADP^+$  in  $NADPH$  che con l'ATP è usata per fissare la  $CO_2$  in carboidrati

B) in condiz. anaerobiche gli elettroni posizionati sulla ferredoxina (Fd) possono essere usati per ridurre (ad opera dell'idrogenasi) protoni ad  $H_2$ .





# Bio-Energy



Vancouver

# Bio-Energy

## World's First Algae Bioreactor Facade Nears Completion



BIQ via GOOD

BIQ – the world's first algae powered building – is set to be completed in Germany later this month. Built for the International Building Exhibition (IBA) in [Hamburg](#), this zero-carbon apartment complex will sport a bright green facade-cum-algae farm, while its interior proposes a radical new theory on how we will live in the near future.



Pakistan

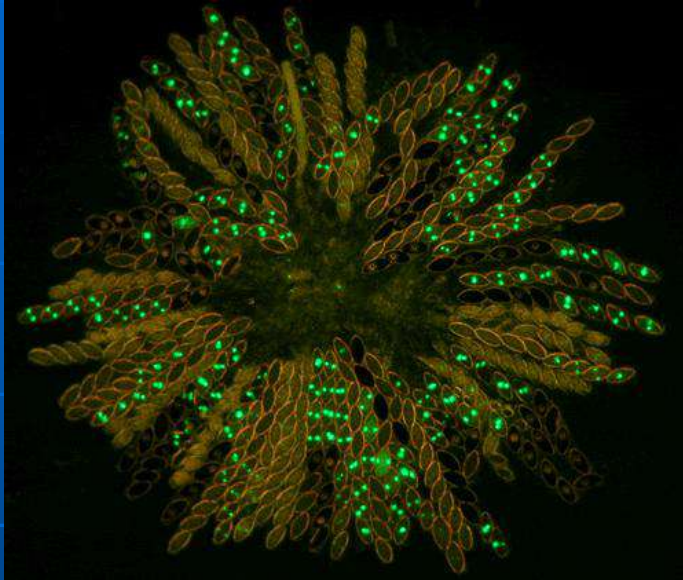
Germania



# Bio-Energy



# Biotechnology

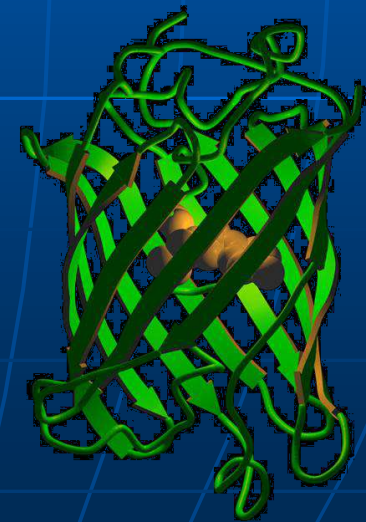


Enzimi/proteine usati per  
la ricerca:

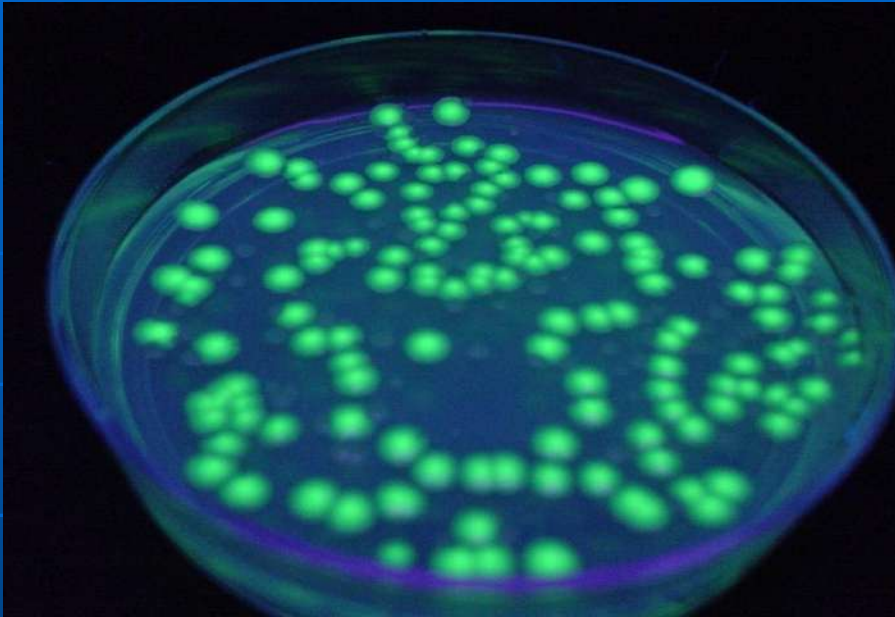
□ DNA polimerasi, GFP

.....

Green Fluorescent Protein



# Biotechnology



Enzimi/proteine usati per  
la ricerca:

□ GFP .....

Green Fluorescent Protein

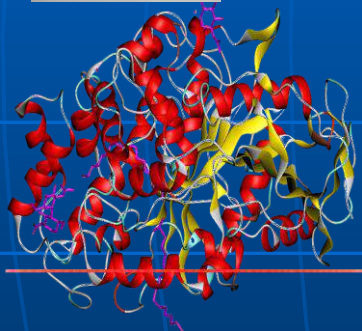


# Biotechnologie: Ingegnerizzazione di enzimi

Substrati



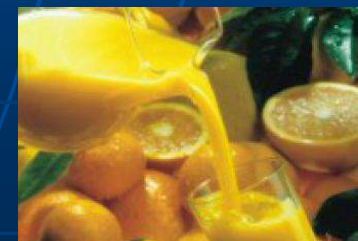
Enzimi



Energia



Prodotti



# APPLICAZIONI INDUSTRIALI DI ALCUNI ENZIMI

**Nell'industria alimentare** per la preparazione di:

- Prodotti da forno (amilasi, amiloglicosidasi, etc.)
- Sciroppi (amilasi, glucosio isomerasi, destranasi, etc)
- Birra (glucansi, proteasi, decarbossilasi)
- Alcool (amilasi, etc.)
- Vino (glucanasi)
- Succhi di frutta (pectinasi, arabinasi, etc.)
- Proteine (endo ed esopeptidasi, etc.)
- Oli e grassi (lipasi, lecitasi, composti fenolici)
- Cibi per animali (carboidrasi, proteasi, etc.).

**Nell'industria:**

- ✓ **tessile** (cellulasi, catalasi etc);
- ✓ **dei detergenti** (proteasi, lipasi amilasi, cellulasi);
- ✓ **della carta** (cellulasi, lipasi, ossido-reduttasi);
- ✓ **del pellame** (collagenasi, lipasi, etc)
- ✓ **farmaceutica** (penicillinasi, urochinasi, enzimi proteolitici pancreatici, etc.)