



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

LICENCIATURA EN NUTRICIÓN

QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS

USO DE ENZIMAS EN ALIMENTOS

Dra. en C.A. y R.N YAMEL LIBIEN JIMÉNEZ

2019



OBJETIVOS

El alumno será capaz de:

- ▶ Definir a las enzimas
- ▶ Identificar los diversos tipos de enzimas
- ▶ Identificar el uso de las enzimas en los alimentos para reconocer su importancia

ABREVIATURAS O SÍMBOLOS

- ▶ E = Enzima
- ▶ S = Sustrato
- ▶ P = Producto
- ▶ ATP = Trifosfato de adenosina
- ▶ $\text{pH} = -\log [\text{H}^{+1}]$ ($[\text{H}^{+1}]$ = concentración de ion hidronio)
- ▶ Lys = Lisina
- ▶ His = Histidina
- ▶ Arg = Arginina
- ▶ Glu = Ácido glutámico

GUÍA EXPLICATIVA

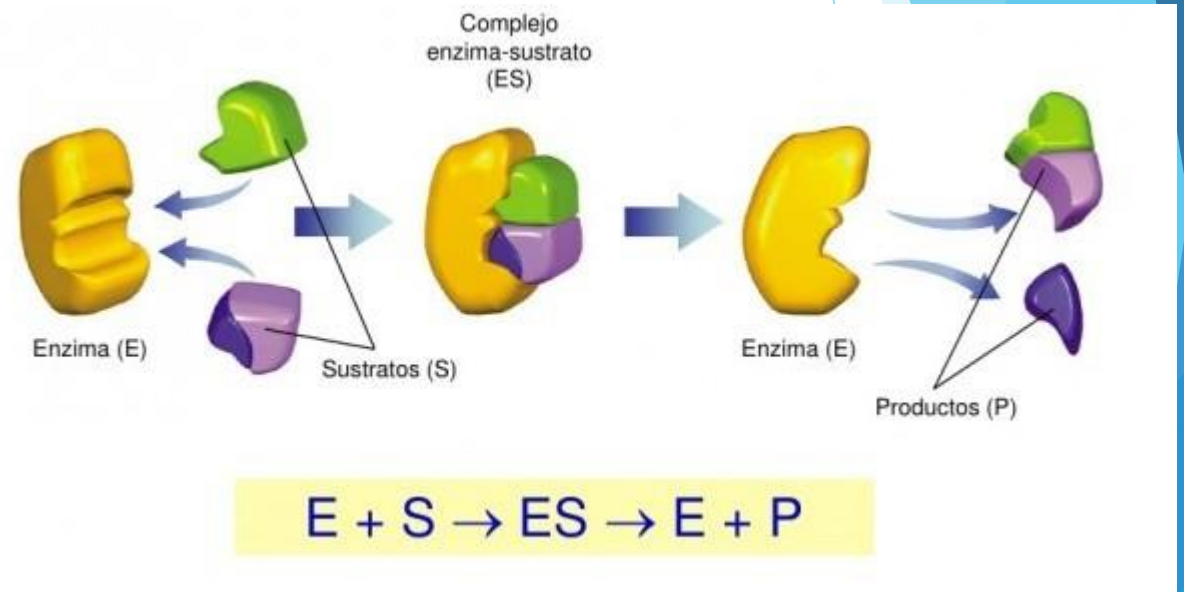
| DIPOSITIVA | EXPLICACIÓN |
|-----------------|---|
| 6 | Definición de las enzimas |
| 7,8 | Identificación de los diferentes tipos de enzimas |
| 9 | Características de las enzimas |
| 10, 11 | Factores que afectan la velocidad de las enzimas |
| 12 | Uso industrial de las enzimas |
| 13, 14 | Características que le permiten a las enzimas tener un uso industrial |
| 15 | Enzimas de origen animal |
| 16 y 17 | Enzimas de origen vegetal |
| 18, 19, 20 y 21 | Enzimas provenientes de microorganismos |

| DIPOSITIVA | EXPLICACIÓN |
|-------------|--|
| 22 | Aplicaciones de las amilasas |
| 23 | Aplicaciones de la celulasa |
| 24 | Aplicaciones de las dextranasas, dextranacararasas e invertasas |
| 25 | Aplicaciones de la lactasa, tanasa y naraginasas |
| 26, 27 y 28 | Proteasas, Lipasas, Fosfatasas, Asparaginasas y sus aplicaciones |
| 29 | Nucleasas, Peroxidasas y Catalasas y sus aplicaciones |
| 30, 31, 32 | Desnaturalización de proteínas |
| 33 y 34 | Ejemplos de aplicación de la desnaturalización de proteínas |
| 35 y 36 | Las enzimas como indicadores de calidad |
| 37 | Referencias |

ENZIMAS

Son catalizadores biológicos altamente específicos y efectivos

Aceleran la velocidad de una reacción no catalizada



Durante una reacción, no se consumen ni se alteran permanentemente

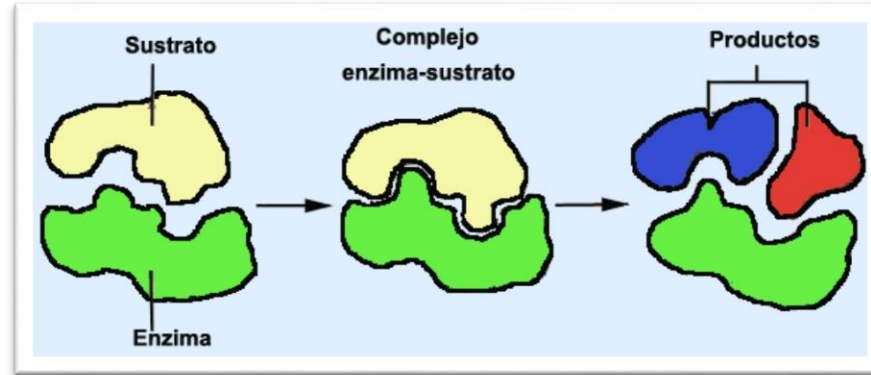
Fuente imagen: <https://www.caracteristicas.co/enzimas/>

TIPOS DE ENZIMAS

- ▶ **Oxidoreductasas:** Catalizan oxidaciones y reducciones (deshidrogenasas, oxidasas, oxigenasas, peroxidasas)
- ▶ **Transferasas:** Catalizan la transferencia de grupos como glucosilo(glicosiltransferasas), metilo (metiltransferasas) o fosforilo (fosfotransferasas)
- ▶ **Hidrolasas:** Ruptura de un enlace covalente con introducción de agua (amilasas, esterasas, glicosidasas, lipasas y proteasas)

- ▶ **Liasas:** Rompen enlaces para eliminar un determinado grupo , forman dobles ligaduras sin introducir moléculas de agua (aldolasas, descarboxilasas, deshidratatasas y pectinaliasas).
- ▶ **Isomerasas:** Catalizan cambios geométricos o estructurales dentro de una molécula, sin modificar su composición química (epimerasasa, racemasas).
- ▶ **Ligasas:** Promueven la unión covalente de dos moléculas con la ruptura de un enlace pirofosfato proveniente por ejemplo de ATP, como fuente de energía (es sinónimo de sintetasa)

- ▶ Tienen especificidad
- ▶ La catálisis ocurre en el sitio activo



Muchas enzimas contienen moléculas pequeñas o iones metálicos que participan directamente en la unión del sustrato o en la catálisis.

Los grupos prostéticos denominados cofactores y coenzimas, amplían las posibilidades de capacidad catalítica.

Fuente imagen: <https://sites.google.com/site/ampliabiogeo/bioqui/las-biomoleculas/enzimas-43>

FACTORES QUE AFECTAN LA VELOCIDAD DE LAS REACCIONES ENZIMÁTICAS

La teoría cinética, también llamada teoría de la colisión, establece que para que dos moléculas reaccionen:

1. Deben acercarse dentro de la distancia de formación de enlaces entre sí (colisionar)
2. Deben poseer suficiente energía cinética para superar la barrera de energía para alcanzar el estado de transición.

Por lo tanto, las condiciones que aumentan la frecuencia o energía de colisión entre sustratos, tienden a aumentar la velocidad de una reacción

Así, los factores que aumentan la velocidad de una reacción son:

- ▶ Efecto del pH
- ▶ Temperatura
- ▶ Concentración de sustrato
- ▶ Actividad del agua
- ▶ Efecto de otros agentes en la actividad enzimática
 - ▶ Presencia de metales pesados

USO INDUSTRIAL DE LAS ENZIMAS

El empleo de enzimas tiene muchas ventajas:

a) son muy **específicas** en su manera de actuar, por lo que no propician reacciones secundarias indeseables

b) funcionan en **condiciones moderadas de temperatura y de pH** y no requieren de condiciones de procesamiento drásticas que puedan alterar la naturaleza del alimento, ni de equipo muy costoso

- c) actúan en muy **bajas concentraciones**, entre 10^{-8} y 10^{-6} M
- d) su **velocidad** puede ser **controlada** al ajustar el pH, la temperatura y la concentración de enzima, y
- e) son **fácilmente inactivadas** una vez alcanzado el grado de transformación deseado.

- ▶ De todas las enzimas conocidas, solo algunas tienen un uso industrial
- ▶ Las enzimas industriales pueden ser origen animal, vegetal y microbiano
- ▶ Deben cumplir con determinadas especificaciones de calidad, considerando su toxicidad sobre todo si son de origen microbiano
- ▶ Es costoso purificarlas, por ello muchas presentaciones comerciales son mezclas de proteínas entre las que se encuentra la enzima deseada

ENZIMAS DE ORIGEN ANIMAL

| | | |
|----------------|-----------------------|------------------------------|
| Pepsina | Estómago porcino | Proteolítica |
| Tripsina | Páncreas | Proteinasas |
| Lipasa | Páncreas | Maduración de Quesos |
| Renina, lipasa | Estómago de rumiantes | Cuajada del queso |
| Catalasa | Hígado bovino | Evita oxidación de alimentos |

Fuente: Badui Dergal, S. (2013). *Química de los alimentos*. Pearson Educación. México. 5 ed.

VEGETAL

| | | | |
|----------------|---|-----------------------|--|
| Malta (cebada) | α -amilasa, β -amilasa, β -glucanasa | Hidrólisis de almidón | Obtención de azúcar para fermentaciones, obtención de dextrinas |
| Trigo | β -amilasa | Hidrólisis de almidón | Obtención de azúcar y esponjamiento de la masa por acción de levaduras |
| Piña | Bromelina | Proteolítica | Ablandador de carne |
| Higo | Ficina | Proteolítica | Modifica estructura de harinas y cárnicos. Ablandador de carne |
| Papaya | Papaína | Proteolítica | Ablandador de carne |

Fuente: Badui Dergal, S. (2013). *Química de los alimentos*. Pearson Educación. México. 5 ed.

VEGETAL

| | | | |
|---|-------------------|--|---|
| Soya | Lipoxigenasa | Oxidación de ácidos grasos | Oxidación lipídica. Oxidan a los carotenos lentamente ocasionando la pérdida de color amarillo en pastas, por lo que deben ser inactivadas. |
| Rábano | Peroxidasa | Oxidación-Reducción | Deterioro de alimentos color, sabor, textura, forma quinona. |
| Manzanas | Polifenoloxidasas | Oxidación | Obscurecimiento de alimentos |
| Aguacate, piña, cereza, plátanos, sandías | Catalasas | Descomposición del peróxido de hidrógeno en dos moléculas de agua y una de oxígeno | Permite alargar la vida útil de zumos de cítricos, cerveza y vino |
| Cereales | Fitasa | Hidólisis del ácido fítico | sustancia antinutritiva que inhibe la absorción intestinal de los iones calcio y hierro. |

Fuente: Badui Dergal, S. (2013). *Química de los alimentos*. Pearson Educación. México. 5 ed.

MICROORGANISMOS

Hongos

| | |
|----------------------------------|---|
| <i>Aspergillus oryzae</i> | α -amilasa, glucoamilasa, lactasa, proteasa, lipasa |
| <i>Aspergillus niger</i> | α -amilasa, β -glucanasa, glucoamilasa, celulasas, hemicelulasas, lactasa, pectinasas, proteasas, lipasa, catalasa, glucosa oxidasa, naranginasa, pululanasa, dextranasa, inulinasa, xilanasas |
| <i>Rhizopus oryzae</i> | α -amilasa, glucoamilasa, pectinasa |
| <i>Mucor pusillus</i> | Proteasa, sustituto de la renina |
| <i>Mucor miehei</i> | Proteasa, sustituto de la renina |
| <i>Trichoderma reesei</i> | Proteasa, sustituto de la renina, celulasa, hemicelulasa |

Fuente: Badui Dergal, S. (2013). *Química de los alimentos*. Pearson Educación. México. 5 ed.

MICROORGANISMOS

Levaduras

| | |
|------------------------------------|------------------------------|
| <i>Kluyveromyces lactis</i> | Lactasa, renina recombinante |
| <i>Saccharomyces sp.</i> | Invertasa |

Fuente: Badui Dergal, S. (2013). *Química de los alimentos*. Pearson Educación. México. 5 ed.

MICROORGANISMOS

Bacterias

| | |
|--|--|
| <i>Escherichia coli</i> | Varias enzimas recombinantes |
| <i>Bacillus subtilis</i> | α -amilasa, β -glucanasa, proteasas neutra y alcalina |
| <i>Bacillus licheniformis</i> | α -amilasa, proteasa |
| <i>Bacillus polymyxa</i> | α -amilasa |
| <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> | α -amilasa, proteasa |
| <i>Bacillus cereus</i> | α -amilasa, proteasa |

Fuente: Badui Dergal, S. (2013). *Química de los alimentos*. Pearson Educación. México. 5 ed.

MICROORGANISMOS

Bacterias

| | |
|---|-------------------|
| <i>Micrococcus lysodiekcticus</i> | Catalasa |
| <i>Bacillus coagulans</i> | Glucosa isomerasa |
| <i>Streptococcus griseofuseus</i> | Glucosa isomerasa |
| <i>Streptomyces olivochromogenes</i> | Glucosa isomerasa |
| <i>Streptomyces rubiginosus</i> | Glucosa isomerasa |

Fuente: Badui Dergal, S. (2013). *Quimica de los alimentos*. Pearson Educación. México. 5 ed.

Algunas de las aplicaciones de enzimas en el procesamiento de alimentos

Amilasas

- Productos de **panificación**: Aumentar el contenido de azúcares fermentables para la levadura.
- **Cerveza**: Producir maltosa para la fermentación alcohólica.
- **Cereales**: Producir maltosa y dextrinas para aumentar la absorción de agua.
- **Chocolate/cocoa**: Fluidificar almidón.
- **Edulcorantes**: Producir dextrinas de bajo peso molecular y de glucosa a partir de almidón.

Celulasa

- **Cerveza:** Hidrolizar la pared celular de las semillas de cebada.
- **Café:** Hidrolizar la celulosa durante el secado de las bayas para facilitar el descascarillado.
- **Varios:** Uso de enzimas en procesos de extracción (aceite de oliva).

Dextransacarasa

Azúcares de especialidad: Producir oligosacáridos con propiedades prebióticas.

Invertasa

Edulcorantes: Azúcar invertido para la producción de caramelos de centro suave, y para la producción de jarabes a partir de sacarosa.

Lactasa

- **Helados:** evitar la cristalización de la lactosa con lo que se evita la textura arenosa.
- **Leche:** para la población intolerante a lactosa.

Tanasa

Cerveza: Eliminar de compuestos polifenólicos

Naraginasa

Jugos de cítricos: Eliminar de sabores amargos, particularmente en toronja.

Enzimas pécticas

- **Chocolate/cocoa:** Actividad hidrolítica durante la fermentación del cacao.
- **Café:** Hidrolizar la cubierta gelatinosa durante la fermentación de las bayas.
- **Jugos de frutas:** Aumentar el rendimiento de extracción por prensado, clarificación, mejorar procesos de concentración.
- **Aceite de oliva:** Tratamiento de aceitunas para mejorar la extracción.
- **Vino:** Clarificación.

Proteasas

- **Productos de panificación:** Aumentar la extensibilidad de la masa, mejorar la textura, miga y volumen del pan. Liberar actividad β -amilasa.
- **Cerveza:** Desarrollar el cuerpo y sabor. Ayudar a la clarificación.
- **Queso:** Sabores en la maduración
- **Hidrolizados de proteína:** salsa de soya

Lipasas

Queso: Atributos de sabor en la maduración
Leche: Sabor en leche de chocolate

Fosfatasas

Leche: Monitoreo de procesos térmicos (pasteurización)

Asparaginasa

Papas, pan: Eliminación de asparagina (reducir acrilamida)

Nucleasas

Potenciadores de sabor

Peroxidasas y Catalasas

Monitoreo de Escaldado en vegetales

Desnaturalización

Es la pérdida de las estructuras de orden superior (secundaria, terciaria y cuaternaria), quedando la cadena polipeptídica sin ninguna estructura tridimensional fija

- ▶ Una desnaturalización **alcalina** implica la **neutralización de la carga positiva** de cadenas laterales de Lys, His y Arg. (obtener aislados de proteína vegetal).
- ▶ Una desnaturalización **ácida** implica la **protonación de cargas** de Arg, Glu.
- ▶ Ambos casos impiden la formación de una interacción electrostática.

- ▶ Pierde su actividad biológica
- ▶ Precipita o coagula, lo que se aprovecha para elaboración de algunos productos alimenticios de importancia industrial

► Elaboración de queso y requesón



Caseínas: Queso

Se hace uso de enzimas para precipitar las proteínas

Fuente imagen: <https://cjaduanero.com/cjablog/?p=7064>
<https://okdiario.com/recetas/receta-mousse-requeson-4192772>



Albúminas y globulinas: Requesón

Termolábiles, por efecto del calor precipitan las proteínas

- ▶ Una de las ventajas que ofrece la obtención de enzimas por fermentación es que muchos microorganismos las producen extracelularmente, es decir, las segregan de la célula, lo que hace que su recuperación sea sencilla.
- ▶ Sin embargo, en otros casos las enzimas son intracelulares y es preciso romper las células para su extracción.

Enzimas como indicadores de calidad

Las enzimas pueden utilizarse para el control de calidad de ciertos alimentos de manera indirecta

Se utiliza el análisis de la actividad de ciertas enzimas; su **presencia o ausencia** y se relaciona con la aplicación de un tratamiento químico o térmico o determinada condición microbiológica.

Ejemplos

| Objetivo | Enzima | Alimento |
|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Evaluación de tratamiento térmico | Peroxidasa | Vegetales |
| | Fosfatasa alcalina | Leche y productos lácteos |
| Evaluación de contaminación | Fosfatasa ácida | Carne y huevo |
| Indicador de madurez | Sacarosa sintetasa | Papas |
| | Pectinasa | Peras |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ▶ Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos*. Pearson Educación. México. 4 ed.
- ▶ Badui Dergal, S. (2013). *Química de los alimentos*. Pearson Educación. México. 5 ed.
- ▶ Victor W. Rodwell, David A. Bender, Kathleen M. Botham, Peter J. Kennelly, P. Anthony Weil. (2018). *Harper. Bioquímica ilustrada, 31e*. Mc Graw Hill Education. Lange.

FUENTE IMÁGENES

- ▶ <https://www.caracteristicas.co/enzimas/>
- ▶ <https://sites.google.com/site/ampliabiogeo/bioqui/las-biomoleculas/enzimas-43>
- ▶ <https://cjaduanero.com/cjablog/?p=7064>
- ▶ <https://okdiario.com/recetas/receta-mousse-requeson-4192772>