



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Química e Engenharia de
Alimentos
Disciplina de Engenharia Bioquímica

ENZIMAS

Aspectos Gerais

Dirlei Diedrich Kieling

Prof. Dr. Agenor Furigo Junior

Florianópolis, julho de 2002.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Histórico.....	4
3. Conceito de Enzima.....	5
4. Atividade Enzimática	7
5. Especificidade.....	7
6. Classificação.....	9
7. Nomenclatura	10
8. Fatores que Influenciam a Ação Enzimática	11
8.1 pH	11
8.2 Temperatura	12
8.3 Cofatores	12
8.4 Inibidores	13
9. Conclusão.....	13
10. Bibliografia	13

1. Introdução

Em todas as células vivas ocorrem ininterruptamente reações que, devido à sua grande complexidade, deveriam ser muito lentas nas temperaturas em que essas reações se processam (ao redor de 37°C). No entanto, essas reações são muito rápidas, o que nos leva à conclusão de que existem nas células vivas substâncias catalisadoras que diferem dos catalisadores inorgânicos pelo fato de serem substâncias muito mais complexas, formadas no interior das células vivas, mas capazes de agir também fora das células. São fatores importantes na tecnologia de alimentos pelo papel que desempenham no seu processamento e deterioração.

As enzimas são substâncias sólidas, mas difíceis de serem cristalizadas devido à complexidade de suas estruturas químicas. Com algumas exceções, são solúveis em água e álcool diluído, e quando em solução são precipitadas pela adição de sulfato de amônio, álcool ou ácido tricloroacético. São inativadas pelo calor e esta, talvez, seja a propriedade mais importante desses compostos em relação à tecnologia de alimentos.

Quimicamente as enzimas são proteínas com uma estrutura química especial, contendo um centro ativo, denominado *apoenzima* e algumas vezes um grupo não protéico, denominado *coenzima*. À molécula toda (apoenzima e coenzima) é dada o nome de *haloenzima*. Dependendo de tipo de ligação, o grupo prostético pode ser separado da proteína por métodos brandos, como por exemplo, diálise.

Grande parte das proteínas sintetizadas na célula são enzimas, referidas como *enzimas intracelulares*, citoplasmáticas. Somente podem ser obtidas e avaliadas por rompimento da célula. Mas, esta também tem a capacidade de sintetizar enzimas que são excretadas para fora da célula, podendo ser encontradas no meio de cultivo ou de propagação celular, lá sendo mais facilmente isoladas e avaliadas. São as *enzimas extracelulares*. Acredita-se que estas são sintetizadas nos ribossomos ligados à membrana celular, de lá passando para fora sob forma linear, assumindo sua conformação própria e característica, fora da célula.

Quase todas enzimas preparadas em escala industrial até hoje são extracelulares, porque seu isolamento dos meios ou caldos de cultivo é geralmente mais simples, embora elas se encontrem sob forma muito diluída nestes meios, o que pode tornar o seu isolamento muito dispendioso. Porém a maior parte das enzimas é intracelular, porque lá são continuamente sintetizadas metabolicamente.

Como o mecanismo celular dos sistemas vivos, animais, vegetais e microrganismos, depende das enzimas, a fonte primária destas são tecidos animais

(glândulas, principalmente), tecidos vegetais (sementes, frutas, exsudações) e culturas de microrganismos, quer se fazendo uso de cultivo total, quer extraindo as enzimas do meio de cultura de bactérias, fungos e leveduras.

Não é de admirar, portanto, que a maior parte das enzimas produzidas industrialmente tenha aplicação na produção, conservação e modificação de produtos animais e vegetais (principalmente alimentos), na produção de medicamentos (vitaminas, hormônios) e na produção de derivados de matérias primas animais e vegetais. Em todos casos de aplicação citados, se trata, fundamentalmente, de imitar tecnologicamente o que é feito na natureza, embora em escala condicionada à necessidade e vontade do homem.

Como fonte de enzimas, os vegetais têm sua limitação no fato de que relativamente pouca enzima pode ser extraída de uma em geral grande massa vegetal; o que somente é econômico onde mão de obra e terra tem custo menor. São poucas as enzimas que podem ser obtidas economicamente nestas condições. Entre elas, as proteinases, papaína, bromelina e ficina.

A papaína é obtida do mamoneiro (*Carica papaya*), a partir do líquido leitoso do fruto verde, ou do caule e das folhas. A bromelina é obtida dos caules deixados nos pés do abacaxi ou do ananás comum, após a colheita do fruto, embora folhas e o próprio fruto também a contenham, mas em menor quantidade. A ficina é contida no látex, exsudado que resulta de incisões feitas nas cascas de figueiras tropicais como *Ficus glabrata*, *Ficus carica* e outras espécies. Também da agave, produtora de sizal, é possível obter proteinase.

As enzimas proteolíticas sozinhas respondem por aproximadamente 60% das enzimas comercializadas, incluindo proteases microbianas; mas a papaína tem a supremacia no mercado.

Também uma enzima oxidativa é produzida a partir de vegetais; a lipoxidase, uma oxigenase, extraída da farinha de soja.

Por outro lado, o malte, o qual pode ser considerado como enzima amilolítica bruta, é, seguramente a “enzima” vegetal mais difundida.

Enzimas de glândulas e órgãos animais também tem produção limitada, porque são obtidas de subprodutos da industrialização de carnes, recurso alimentar nobre e, por isso, além de dispendiosos, de oferta geralmente escassa. Um exemplo é o pâncreas bovino que, simplesmente congelado e moído, pode atuar como protease na chamada “purga” de peles.

Enzimas microbianas, produzidas através do cultivo dirigido de microrganismos em substratos apropriados, não sofrem as limitações apontadas. Havendo disponibilidade dos insumos do substrato ou meio de cultura, sendo disponíveis e conhecidos o agente

microbiano mais apropriado e o método e condução do cultivo, a produção é potencialmente ilimitada, dependendo da economia do respectivo processo.

Na Tabela 1 são indicados os principais usos de importantes enzimas produzidas em escala industrial.

Tabela 1: Fontes, aplicações e efeitos das principais enzimas

Enzimas	Aplicação e efeito	Fonte de enzima
a) Hidrolases		
Amilases	Panificação, massas e biscoitos: modificação da massa. Cerveja: preparo do mosto doce. Álcool e bebidas destiladas: sacarificação. Álcool industrial: liquefação e sacarificação de amiláceos. Auxiliar digestivo. Amido modificado para alimentos.	Fungos, malte Malte Malte Fungos, bactérias Malte, pâncreas Malte, fungos
Proteases	Panificação, massas e biscoitos: modificação da viscosidade e da textura da massa. Cerveja: estabilidade ao frio. Lavagens, limpeza: remoção de manchas. Peles-couros: remoção da elastina. Carnes: amaciamento. Queijos: formação da coalhada, flavorizante. Alimentos protéicos: obtenção de hidrolisados.	Papaína, bromelina Papaína, pepsina gástrica Bactérias, fungos, pâncreas Bactérias, fungos, pâncreas Papaína, bromelina Renina, fungos Bactérias, pâncreas
Pectinases	Frutas: clarificação do suco. Vinhos: clarificação, filtração.	Fungos Fungos
Lípases	Lavagens, limpeza: remoção de manchas. Queijos: flavorizante.	Pâncreas, glândulas, fungos Fungos
b) Oxido-redutases		
Glicose-oxidase	Alimentos: remoção de O ₂ prejudicial. Analítica: dosagem de glicose.	Fungos Fungos
Catalase	Remoção de H ₂ O ₂ usado como alvejante ou bactericida.	Fungos, fígado
Lipoxidase	Panificação: alvejante.	Farinha de soja
c) Isomerases		
Glicose-isomerase	Xaropes de alto teor de frutose.	Bactérias, fungos

2. Histórico

A literatura destaca alguns pontos históricos, que marcaram o conhecimento e o controle da atividade enzimática que hoje se emprega rotineiramente. A atividade catalítica de enzimas tem sido utilizada pelo homem há milhares de anos, em processos tais como fermentação do suco de uva para obtenção do vinho, fabricação de queijo e pão. No entanto, estas eram apenas aplicações práticas, uma vez que o conhecimento do modo de ação dos catalisadores biológicos só recentemente foi elucidado, precedido por uma série de fatos que culminaram nos conhecimentos para utilização de enzimas em diferentes ramos da atividade humana.

Van Helmont, no século XVII, considerava a transformação dos alimentos um processo químico mediado por “fermentos”. A experiência de Spallanzani (1729-1799) demonstrou que o suco gástrico continha um “princípio” capaz de liquefazer a carne.

Em 1814, Kirchoff demonstrou a conversão do amido em açúcar por um extrato de trigo. Quase vinte anos depois (1833), outro marco no conhecimento da enzimologia foi a demonstração da conversão do malte em extrato etanólico por Payen e Persoz. Eles nomearam de diastase o fenômeno da conversão do amido em açúcar. Atividade semelhante foi observada, posteriormente, na saliva.

Pasteur, em 1860, demonstrou através de uma série de experimentos que a fermentação alcoólica só ocorria em presença de células vivas de levedura. Na mesma época, Liebig defendia que os processos fermentativos eram reações químicas. Daí originou-se a denominação ENZIMA que vem do grego e significa “na levedura”, proposta por Kuhne em 1878, que também acreditava que catalisadores deste tipo só atuavam dentro das células vivas.

A polêmica Pasteur-Liebig foi resolvida em 1897 pelo trabalho dos irmãos Buchner, que maceraram a levedura para obter um extrato. Este, inteiramente livre de células era capaz de fermentar o açúcar do mesmo modo que a célula de levedura. Isto significava que o extrato continha catalisadores da fermentação alcoólica, o que tornava possível estudar “in vitro” reações químicas da fermentação. A partir daí o progresso no conhecimento no modo de ação dos catalisadores foi rápido, pois as reações catalisadas poderiam ser estudadas isoladamente e sob condições controladas.

No entanto, a natureza química das enzimas ainda não era conhecida e isso só se tornou possível mais tarde, após um número de enzimas ter sido cristalizada e ser mostrado que consistia inteiramente de proteína. A primeira enzima a ser cristalizada (em 1926 por Summer) foi a urease, isolada do feijão.

O desenvolvimento da ultracentrifugação por Svedberg (por volta de 1920), permitiu a criação de centrífugas capazes de sedimentar macromoléculas. Estes estudos mostraram que proteínas em solução geralmente consistiam de moléculas homogêneas, com definido peso molecular M (no caso das enzimas M varia entre 10^4 e 10^7). A descrição da estrutura enzimática em termos químicos tornou-se, então, uma possibilidade real. Isto foi realizado em 1960 quando a seqüência de aminoácidos da ribonuclease (enzima que catalisa a hidrólise do ácido ribonucleico) foi deduzida. Em 1965 a estrutura tridimensional da lisosima (enzima que cliva a parede celular de certas bactérias) foi deduzida por uma técnica de cristalografia e o primeiro mecanismo de ação pode ser postulado em termos estruturais.

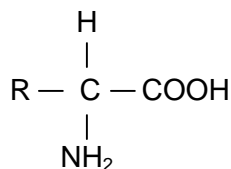
A evolução no estudo das enzimas (por volta de 1960), acompanhado por avanços tecnológicos, possibilitou o isolamento e a identificação de propriedades das enzimas. Desde então, vem sendo feita a caracterização e o estudo cinético de milhares de enzimas de diferentes fontes: animais, vegetais e de microrganismos.

Tais avanços tornaram necessária a criação de uma Comissão Internacional de Enzima, pelos componentes da União Internacional de Bioquímica. Esta comissão reuniu-se, em 1956, para estabelecer critérios para a classificação e nomenclatura das enzimas, que eram classificadas e nomeadas arbitrariamente até então, causando problemas para os pesquisadores.

3. Conceito de Enzima

As enzimas são catalisadores muito potentes e eficazes, quimicamente são definidas como proteínas.

Proteínas são moléculas compostas por aminoácidos, unidos por ligações peptídicas. Os aminoácidos apresentam em sua fórmula química um grupo carboxílico (-COOH), um grupo amino (-NH₂) e um radical R conforme, pode-se visualizar na seguinte representação esquemática:



Os aminoácidos são diferenciados de acordo com o grupo R ligado ao carbono assimétrico. Na natureza, são encontrados 20 aminoácidos, podendo-se citar como exemplos Glicina, Alanina e Valina (R alifático não polar); Fenilalanina, Tirosina e Triptofano (R aromático).

Um catalisador é uma substância que acelera uma reação química, até torná-la instantânea ou quase instantânea, ao diminuir a energia de ativação. Como catalisadores, as enzimas atuam em pequena quantidade e se recuperam indefinidamente. Não levam a cabo reações que sejam energeticamente desfavoráveis, não modificam o sentido dos equilíbrios químicos, mas aceleram sua realização. As figuras 1 e 2 ilustram o efeito catalítico das enzimas.

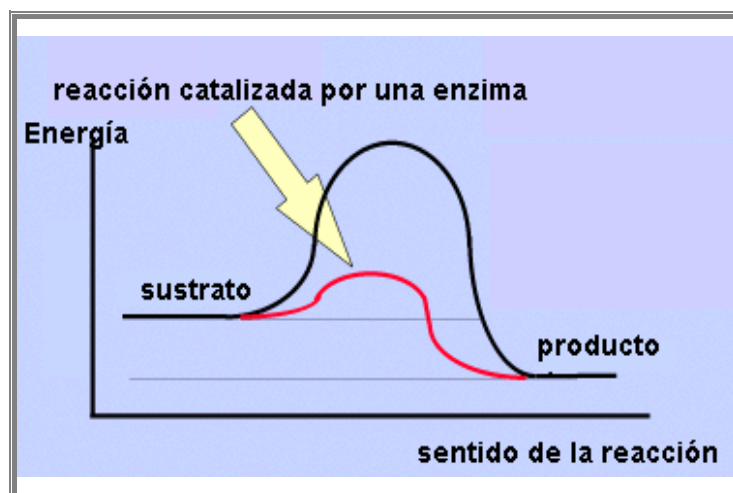


Figura 1: Reação catalisada por uma enzima.

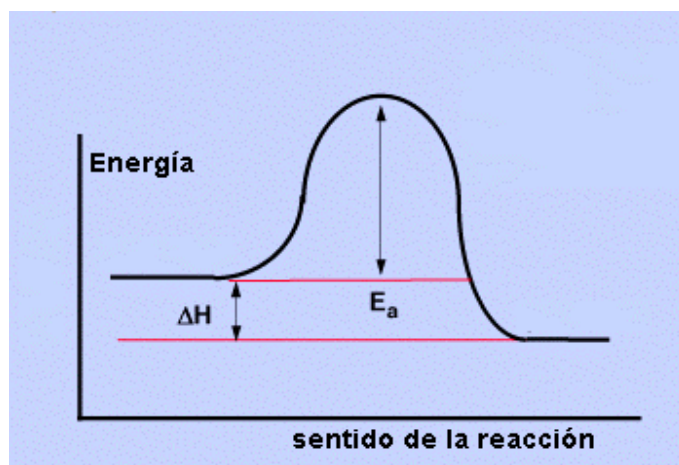


Figura 2: Ação do catalisador.

Algumas enzimas são capazes de aumentar a taxa de certas reações cerca de 10^{14} vezes, sem requerer condições extremas de temperatura, pressão e pH. O contraste entre reações catalisadas por enzimas e utilizando catalisadores químicos é bem ilustrado pelo processo de fixação do nitrogênio (redução do N_2 a amônia). A nitrogenase catalisa a reação a temperaturas em torno de 300K e pH próximo da neutralidade. Por outro lado, na síntese industrial da amônia a partir de nitrogênio e hidrogênio as condições usadas são: temperaturas entre 700 e 900K, pressão entre 100 e 900atm, na presença de ferro e outros óxidos metálicos como catalisadores.

4. Atividade Enzimática

As enzimas apresentam a capacidade de reagir com determinados constituintes das células, denominados substratos, formando complexos, ou mesmo compostos com ligações covalentes e esse fato é denominado **atividade biológica**. Esta atividade vai depender da estrutura da proteína, isto é, do número de cadeias peptídicas e arranjo dessas cadeias na molécula, da natureza do substrato e ainda, se existir, da natureza do grupo prostético.

A determinação da **atividade enzimática** envolve a medida da velocidade de reação. Segundo a *Enzyme Commission*, “uma unidade (U) de atividade é a quantidade de enzima que catalisa a transformação de 1 micromol de substrato ou a formação de 1 micromol de produto por minuto”, nas estabelecidas condições do ensaio (temperatura, pH, concentração de substrato). A atividade específica é expressa em termos de atividade por miligrama de proteína (U/mg).

A atividade enzimática pode ser medida com a enzima pura e em condições tais que permita que a velocidade de reação seja máxima, o que significa que o substrato [S] deve estar em concentração elevada, de modo a permitir que toda a enzima [E] esteja transformada em um complexo ativado [ES]. Neste caso a velocidade [V] da reação, proporcional à concentração enzimática, será também proporcional ao complexo ES.

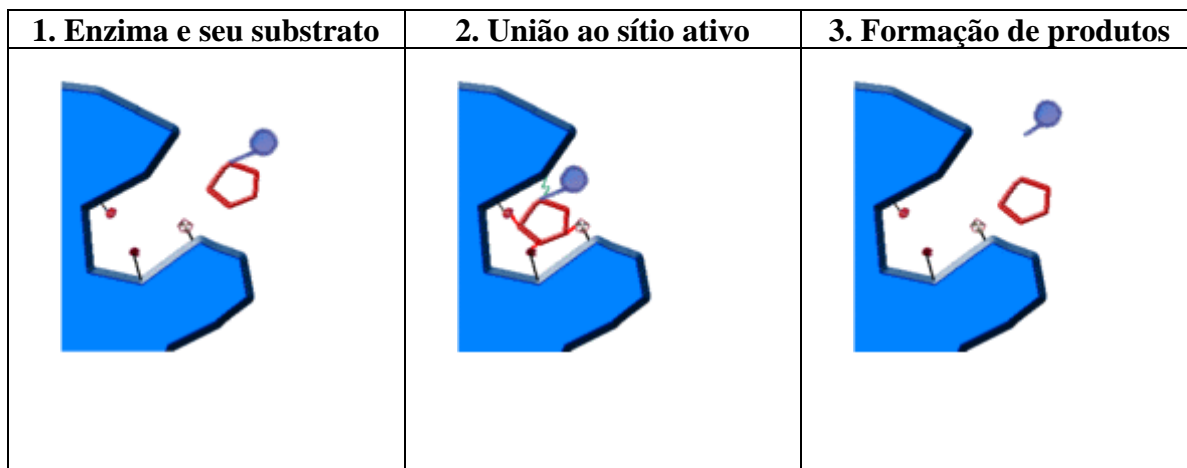
$$V = k [E] = k [ES]$$

A velocidade das reações enzimáticas varia com fatores diversos como concentração de enzima ou de substrato, temperatura e pH.

5. Especificidade

Existe uma correlação entre a estrutura das proteínas ou peptídeos que fazem parte da molécula enzimática e suas propriedades biológicas, e esta propriedade leva a uma especificidade extraordinariamente alta e reproduzível. Provavelmente apenas uma fração da molécula, denominada **sítio ativo**, é a responsável pela ligação da enzima ao substrato ou substratos, e essa fração determinaria a especificidade enzimática. A figura 3 mostra um esquema geral da ligação estabelecida entre enzima e substrato em uma reação enzimática, com a liberação dos produtos formados ao final da reação.

Figura 3: Representação geral da ligação enzima-substrato*



* O composto sobre o qual a enzima atua chama-se substrato. O substrato se une a uma região concreta da enzima, chamada sítio ativo. Uma vez formados os produtos, a enzima pode iniciar um novo ciclo de reação.

Alguns modelos foram propostos para explicar o tipo de ligação estabelecida entre enzima e substrato.

Emil Fischer desenvolveu no século passado o conceito de especificidade enzimática, estabelecendo que existe uma relação estérica entre enzima e substrato. Em 1894 enunciou a sua teoria na qual a especificidade enzimática é comparada a um conjunto de **chave e fechadura** onde a chave, neste caso o substrato, deve se ajustar à fechadura, neste caso a enzima (figura 4). Assim, cada enzima agiria sobre um número muito limitado de compostos.

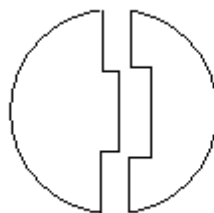


Figura 4: Representação esquemática do modelo proposto por Fischer.

Entre 1950 e 1960 um número de observações feitas sugeriu que enzimas apresentam considerável flexibilidade. Em 1958 Koshland propôs o modelo do **ajuste induzido** para explicar o poder catalítico e especificidade apresentada por enzimas. Segundo esta teoria, em alguns casos, o sítio ativo adota a conformação idônea só em presença do substrato e a união do substrato ao sítio ativo da enzima, desencadeia uma troca conformacional (arranjo espacial dos grupamentos R dos aminoácidos) que dá lugar a formação de produto.

Monod *et al.*, propuseram um **modelo alostérico** para explicar quantitativamente como a atividade de certas enzimas pode ser regulada pela ligação de pequenas moléculas e isto serviu de base para entender muitas características de controle de enzimas na célula. Uma importante característica do modelo alostérico, em geral, é que a ligação de pequenas moléculas nas enzimas induz mudanças estruturais.

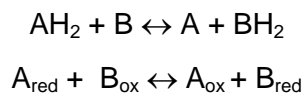
A especificidade das enzimas varia muito de uma enzima para outra, sendo muito baixa para algumas enzimas e muito alta para outras. É chamada especificidade baixa, quando esta relação existe apenas em relação a tipos de ligação, como certas peptidases (ligações peptídicas), fosfatases (ligações fosfato-éster) e esterases (ligações carboxi-éster, podendo-se citar a *lipase* que hidrolisa as ligações ácido-álcool de quase todos os ésteres orgânicos). A especificidade baixa é mais comumente encontrada em enzimas degradativas, mas é raramente encontrada em enzimas biosintéticas. Um conjunto intermediário de enzimas apresenta especificidade de grupo, como as hexoquinases, que catalisam a fosforilação de uma variedade de açúcares contanto que sejam aldohexoses. A especificidade absoluta, é o tipo de especificidade exclusiva, isto é, quando uma enzima atua somente sobre um determinado composto, como a *urease* que hidrolisa a uréia, mas nenhum de seus derivados, ou a tripsina, que hidrolisa apenas ligações peptídicas formadas por grupos carboxílicos dos aminoácidos básicos. Esta enzima é de importância extraordinária na determinação da seqüência de aminoácidos em proteínas.

Outro aspecto importante da especificidade das enzimas é a sua estereoespecificidade com relação ao substrato. Uma enzima pode ter uma especificidade ótica em relação aos isômeros D e L dos aminoácidos. A maioria das enzimas hidrolisa apenas ligações peptídicas de L-aminoácidos, o que deveria ser esperado, já que as proteínas enzimáticas são constituídas por L-aminoácidos e tem conformações determinadas.

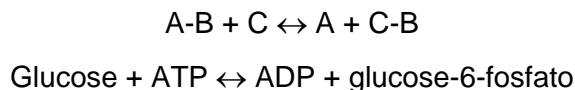
6. Classificação

A classificação das enzimas foi uniformizada pela Comissão de Enzima da União Internacional de Bioquímica que dividiu as enzimas em seis grandes grupos, de acordo com o tipo de reação em que atuam.

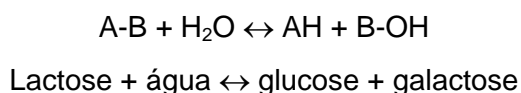
As **Oxidoredutases** catalisam as **reações de óxido-redução** em sistemas biológicos e estão relacionadas com os processos de respiração e fermentação. Estão incluídas nesta classe as hidrogenases, oxidases, peroxidases (que usam o peróxido de hidrogênio como agente oxidante), hidroxilases (introduzem hidroxilas em moléculas insaturadas) e as oxigenases (que oxidam o substrato a partir de O₂).



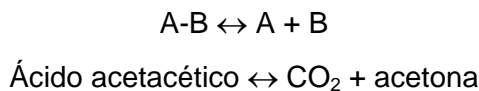
As **Transferases** são enzimas que catalisam, como o nome indica, a **transferência de grupos** de um composto para outro, como a metilação em sistemas biológicos.



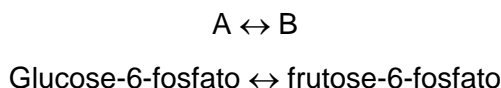
As **Hidrolases** catalisam **reações hidrolíticas**, estando entre elas as enzimas proteolíticas e amilolíticas.



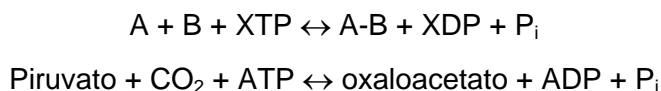
As **Liasas** atuam nas **reações de eliminação**, modificam o substrato cindindo compostos ou removendo grupos da molécula de substrato, dando lugar a formação de uma dupla ligação. Pertencem a esta classe as descarboxilases.



As **Isomerases** são enzimas que catalisam **reações de isomerização**, ou seja, transformam isômeros entre si (cis em trans).



As **Ligases** (também conhecidas como sintetases) são enzimas que atuam na **reação de síntese** de novos compostos, nas quais duas moléculas são ligadas as custas da energia liberada na degradação da molécula de ATP.



7. Nomenclatura

Antigamente, as enzimas recebiam nomes particulares, de acordo com seu descobridor. Conforme foi aumentando o número de enzimas conhecidas, se fez

necessária uma nomenclatura sistemática que informasse sobre a ação específica de cada enzima e os substratos sobre os quais atuava.

O nome sistemático de uma enzima consta de três partes:

- o substrato preferente
- o tipo de reação catalisada
- terminação “ase”

Um exemplo seria a glucose fosfato isomerase que catalisa a isomerização da glucose-6-fosfato em frutose-6-fosfato. Muitas enzimas catalisam reações reversíveis. Não há uma maneira única para fixar qual dos sentidos se utiliza para nomear a enzima. Assim, a glucose fosfato isomerase também poderia chamar-se frutose fosfato isomerase. Quando a reação típica da enzima é a hidrólise do substrato, o segundo componente do nome se omite e, por exemplo, a lactose hidrolase chama-se simplesmente lactase. Além dos nomes sistemáticos, ainda persistem outros consagrados pelo uso. Assim, a glucose-ATP-fosforilase é denominada habitualmente glucoquinase.

Atualmente a nomenclatura mais aceita é a recomendada pela *Enzyme Commission*, segundo a qual, o nome de cada enzima pode ser identificado iniciado-se pelas letras EC, seguida por um código numérico composto de quatro números separados por pontos. O primeiro número indica a qual das seis classes pertence a enzima, o segundo se refere a distintas subclasses dentro de cada grupo, o terceiro e o quarto se referem aos grupos químicos específicos que intervêm na reação (na página da *Enzyme Commission*, pode-se obter maiores informações sobre todas as classes e subclasses das enzimas, <http://prowl.rockefeller.edu/enzymes/enzymes.htm>). Assim, a ATP-glucose-fosfotransferase (glucoquinase) se define como EC 2.7.1.2. O número 2 indica que é uma transferase, o 7 que é uma fosfotransferase, o 1 indica que o acceptor é um grupo OH e o último 2 indica que é um OH da D-glucose que aceita o grupo fosfato.

8. Fatores que Influenciam a Ação Enzimática

8.1 pH

Ao comprovar experimentalmente a influência do pH na velocidade das reações enzimáticas se obtém curvas que indicam que as enzimas apresentam um pH ótimo de atividade. O pH pode afetar de várias maneiras:

- O sítio ativo pode conter aminoácidos com grupos ionizados que podem variar com o pH.

- A ionização de aminoácidos que não estão no sítio ativo pode provocar modificações na conformação da enzima.
- O substrato pode ver-se afetado pelas variações do pH.

As enzimas possuem grupos químicos ionizáveis (carboxilas $-\text{COOH}$; amino $-\text{NH}_2$; tiol $-\text{SH}$; imidazol, etc) nas cadeias laterais de seus aminoácidos. Segundo o pH do meio, estes grupos podem ter carga elétrica positiva, negativa ou neutra. Como a conformação das proteínas depende, em parte, de suas cargas elétricas, haverá um pH no qual a conformação será a mais adequada para a atividade catalítica. Este é o chamado pH ótimo. Ligeiras mudanças de pH podem provocar a desnaturação da proteína. Algumas enzimas apresentam variações peculiares. A pepsina do estômago apresenta um ótimo de atividade a $\text{pH} = 2$, e a fosfatase alcalina do intestino a $\text{pH} = 12$.

8.2 Temperatura

A temperatura influi na atividade e o ponto ótimo representa o máximo de atividade. A temperaturas baixas, as enzimas encontram-se muito rígidas e quando se supera um valor considerável (maior que 50°C) a atividade cai bruscamente porque, como proteína, a enzima se desnatura.

Em geral, os aumentos de temperatura aceleram as reações químicas: a cada 10°C de aumento, a velocidade de reação se duplica. As reações catalisadas por enzimas seguem esta lei geral. Entretanto, sendo proteínas, a partir de certa temperatura, começam a desnaturar-se pelo calor. A temperatura na qual a atividade catalítica é máxima chama-se temperatura ótima. Acima desta temperatura, o aumento de velocidade da reação devido a temperatura é compensado pela perda de atividade catalítica devido a desnaturação térmica, e a atividade enzimática decresce rapidamente até anular-se.

8.3 Cofatores

Enzimas tal como a quimotripsina (enzima que hidrolisa proteína) ou triosefosfato isomerase são ativas sem necessitar a presença de outro fator. No entanto, quase um terço das enzimas conhecidas requerem um componente não protéico para sua atividade, denominado cofator. Os cofatores podem ser íons metálicos como o Fe^{++} , Mg^{++} , Mn^{++} , Zn^{++} , ou moléculas orgânicas, muitas delas derivadas de vitaminas do complexo B.

8.4 Inibidores

Certas moléculas podem inibir a ação catalítica de uma enzima: são os inibidores. Estes podem ocupar temporariamente o centro ativo por semelhança estrutural com o substrato original (inibidor competitivo) ou alterar a conformação espacial da enzima, impedindo sua união ao substrato (inibidor não competitivo).

9. Conclusão

A ampla aplicabilidade da atividade enzimática permite utilizá-la em diversos processos. Através do controle das enzimas pode-se interferir desde a matéria-prima, a colheita, o armazenamento, o processamento e até em situações mais específicas da ciência, como é o caso da imobilização e do uso em métodos analíticos.

Hoje, o número de enzimas conhecidas e caracterizadas quimicamente anda por volta de 2000. Mas não passa de uma vintena o número de enzimas que são produzidas e aplicadas industrialmente em grandes quantidades. Por isso torna-se necessário um estudo avançado das enzimas e suas condições ótimas de atuação.

Em vista do exposto pode-se concluir que a estrutura química íntegra das proteínas com atividade catalítica é determinante para a atuação delas. No entanto, fatores externos que alteram a conformação protéica, e, portanto, a velocidade das reações enzimáticas são as ferramentas empregadas nos processos naturais ou não para modular as reações metabólicas dos seres vivos.

10. Bibliografia

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A.. Introdução à Química de Alimentos. Livraria Varela Ltda. São Paulo. 1995. 2ª edição.

FURLONG, E. B. Bioquímica: um enfoque para "Alimentos". Edgraf. Rio Grande. 2000.

PRICE, N. C.; STEVENS, L. Fundamentals of Enzymology. Oxford Science Publications. Second edition. New York.

REGULY, J. C. Biotecnologia dos Processos Fermentativos. V.3. Editora e Gráfica Universitária UFPel. Pelotas. 2000.

<http://www.ehu.es/biomoleculas/ENZ/ENZ.htm>

<http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/enzimas>

<http://www.lafacu.com/apuntes/biologia/enzimas/default.htm>