

Thème 3 : Corps humain et santé

Glycémie et diabète

Chapitre 1 : Le rôle des enzymes dans l'apport du glucose sanguin

Introduction :

Les aliments qui composent la ration alimentaire de l'Homme sont la source des nutriments indispensables à l'organisme. Les nutriments glucidiques représentent une part importante de l'apport énergétique, dans une ration équilibrée, ils constituent 55% de l'énergie fournie à l'organisme.

Le glucose assimilé par l'organisme provient essentiellement de la digestion de composés glucidiques complexes par les enzymes du tube digestif. Les enzymes sont de véritables catalyseurs biologiques sans lesquelles aucune réaction biochimique ne serait possible.

Objectif du chapitre : On cherche à comprendre comment l'activité enzymatique contribue à la digestion.

I. La digestion des glucides complexes

L'eau, les sels minéraux, l'alcool et les vitamines sont absorbés sans modification. Les autres molécules présentes dans l'alimentation sont des molécules qui ne peuvent pas être absorbées directement dans l'intestin du fait de leur grande taille. L'appareil digestif est responsable de la réduction de la taille de ces molécules en unités plus petites directement absorbables.

Les glucides complexes contenus dans les aliments sont très importants pour le métabolisme humain : 50% des apports énergétiques proviennent des glucides, en majorité de type complexe, tels que l'amidon.

L'amidon est une macromolécule, c'est-à-dire une molécule de grande dimension formée par l'enchaînement de glucides simples, en l'occurrence du glucose, l'amidon est un polymère du glucose. Au cours de la digestion, l'amidon doit être transformé en glucose, nutriment soluble qui traverse la muqueuse intestinale.

Cette transformation est une hydrolyse, cette réaction chimique fait intervenir des molécules d'eau afin de rompre les liaisons qui unissent les glucides simples entre eux.

Au cours de la digestion, l'hydrolyse des macromolécules alimentaires nécessite l'intervention d'enzymes produites par l'estomac, le pancréas, l'intestin grêle ou certaines glandes digestives, les enzymes sont libérées dans la lumière du tube digestif.

II. Les enzymes : des catalyseurs biologiques

A. Les caractéristiques de la catalyse enzymatique

La transformation de réactifs en produits lors d'une réaction chimique peut être plus ou moins longue. Certaines réactions sont quasi instantanées, à l'opposé d'autres réactions nécessitent plusieurs heures voire plusieurs jours pour se réaliser.

In vitro, l'hydrolyse chimique de l'amidon peut se produire assez rapidement en milieu acide (pH=1) et à une température de 100°C.

A une température de 37°C, la réaction est beaucoup trop lente pour être compatible avec les contraintes de la vie. L'hydrolyse de l'amidon ne se réalise donc pas sans catalyseur.

L'amylase, produite par les sucs digestifs est une enzyme qui permet d'accélérer la réaction et de la rendre possible dans des conditions biologiques.

Après leur intervention au cours de la réaction, les enzymes se retrouvent intactes et conservent leurs propriétés, elles peuvent continuer à catalyser de nouvelle réaction d'hydrolyse de l'amidon. Les enzymes ne sont donc pas consommées par la réaction.

Deux propriétés définissent donc un catalyseur :

- Il augmente la vitesse d'une réaction
- Il participe à une réaction tout en retrouvant son état initial en fin de réaction.

Dans une réaction catalysée par une enzyme, les réactifs sur lesquels l'enzyme agit sont qualifiés de substrat.

Ainsi, l'amylase catalyse une réaction d'hydrolyse qui a pour substrat l'amidon et dont les produits sont des glucides plus courts.

L'amylase fonctionne à une température de 37°C et à pH 7.

Lorsque la température et/ ou le pH s'éloignent de ces conditions optimales, l'amylase devient moins active, voire totalement inactive.

B. Influence du pH

Une enzyme est active dans une gamme de pH étroite, autour d'un optimum. Chaque enzyme possède un pH optimal. En dehors de ces conditions, la variation de pH modifie les charges ioniques portées par les acides aminés constitutifs de l'enzyme donc la structure spatiale de la molécule. Si les acides aminés du site actif sont modifiés, la catalyse enzymatique peut être bloquée.

C. Influence de la température

Chaque enzyme possède également une température optimale d'activité correspond à une vitesse de catalyse maximale.

Une augmentation de la température entraîne un accroissement de l'agitation des molécules en solution et donc des probabilités de rencontre entre l'enzyme et son substrat. Cependant, au-delà d'une valeur de température optimale, l'agitation moléculaire propre à l'enzyme déstabilise sa structure réduisant la vitesse enzymatique. Si la température dépasse une valeur critique, des modifications irréversibles se produisent, l'enzyme perd définitivement son activité : elle est dénaturée.

Une température basse diminue l'agitation des molécules qui ont alors moins de probabilité de se rencontrer, rendant l'enzyme inactive. Si l'on remet l'enzyme à une température optimale, elle retrouve une activité catalytique normale.

D. La double spécificité des enzymes

L'amylase est une enzyme qui hydrolyse l'amidon, elle ne peut agir sur d'autres substrats tels que des protéines par exemple. Elle ne peut pas non plus catalyser une autre réaction que l'hydrolyse.

D'une façon générale, toute enzyme présente une double spécificité : une spécificité d'action et une spécificité de substrat.

1. La spécificité de substrat

Chaque enzyme n'est capable d'agir que sur un substrat. Par exemple la saccharase ne peut catalyser l'hydrolyse que du saccharose, la lactase catalyse l'hydrolyse du lactose ...

Les enzymes ont donc une spécificité de substrat.

2. La spécificité d'action

Les enzymes ne peuvent catalyser qu'un seul type de réaction sur leur substrat.

Plusieurs enzymes peuvent agir sur un même substrat, mais chacune d'elle agit de façon différente.

Les enzymes sont donc spécifiques d'un type de réaction chimique qu'elles catalysent.

III. La formation d'un complexe enzyme substrat

Pour comprendre les mécanismes d'action d'une enzyme, on étudie sa cinétique, c'est-à-dire la vitesse de réaction.

La vitesse d'une réaction est évaluée grâce à la détermination :

- Soit de la quantité de substrat qui disparaît au cours du temps
- Soit de la quantité de produit qui apparaît au cours du temps

La vitesse à laquelle les réactions enzymatiques se produisent dépend de nombreux facteurs :

- Toutes les conditions du milieu qui tendent à favoriser la rencontre entre les enzymes et leur substrat, et donc la formation de complexe enzyme- substrat, ont pour effet une augmentation de la vitesse de la catalyse enzymatique.
- Au contraire, les conditions du milieu qui perturbent l'organisation du site actif, ou celles qui diminuent les probabilités de formation d'un complexe enzyme substrat, ont pour conséquence une réduction de la vitesse de catalyse.

A. Influence de la concentration en substrat et en enzyme

La vitesse d'une réaction chimique est définie par la quantité de produit qui se forme par unité de temps :

$$V = \Delta P / \Delta t$$

Cette vitesse n'est pas constante, elle est plus importante en début de réaction (vitesse initiale) puis diminue progressivement jusqu'à devenir nulle lorsque tous les substrats ont été transformés en produits. Pour une concentration donnée d'enzyme, la vitesse d'une réaction, et notamment la vitesse initiale peut être augmentée en augmentant la concentration de substrat jusqu'à atteindre une valeur limite appelée V_{max} .

Pour augmenter la vitesse initiale de la réaction, il faut alors augmenter la concentration en enzyme. La vitesse maximale est atteinte lorsque toutes les molécules d'enzymes sont combinées à des molécules de substrat. On dit alors que l'enzyme est saturée ou qu'il y a saturation de l'enzyme. L'enzyme est donc un facteur limitant.

L'existence d'une V_{max} dépendante de la concentration initiale en substrat et en enzyme a conduit à formuler l'hypothèse de la formation d'un complexe enzyme-substrat lors de la catalyse. Lorsque V_{max} est atteint, il y a saturation des enzymes qui sont toutes « occupées » par un substrat. La concentration en substrat et en enzyme déterminent la quantité de complexes enzyme-substrat pouvant se former ce qui détermine la vitesse de la réaction.

Lorsque la réaction chimique a eu lieu, le complexe se dissocie, le produit est formé et l'enzyme est libérée, intacte.

Les études de cinétique ont ainsi permis l'élaboration du modèle suivant :



B. Configuration spatiale des enzymes

L'étude de la structure tridimensionnelle des enzymes a montré qu'il existait une zone particulière en effet, les enzymes de forme généralement globulaire, ménagent un espace, appelée site actif, dont la forme est l'exact complémentaire de leur substrat. Le site actif comprend quelques acides aminés particuliers, qui interagissent de manière privilégiée avec le substrat. Ces acides aminés forment le site de reconnaissance-fixation du substrat. Ils sont à l'origine de la spécificité de substrat de l'enzyme.

Le site actif contient d'autres acides aminés essentiels pour la réaction enzymatique elle-même. Ces acides aminés constituent le site catalytique.

La modification de la structure d'une enzyme, en particulier de son site actif, par le changement d'un seul acide aminé suffit à diminuer considérablement l'activité catalytique de l'enzyme.

D'autres facteurs peuvent modifier la structure tridimensionnelle d'une enzyme : dénaturation suite à une élévation de la température ou encore une modification du pH, cela entraîne une réduction de l'activité catalytique.

Bilan :

Les glucides jouent un rôle primordial dans la nutrition, en tant que substrats énergétiques et en tant que formes de mise en réserve. Certains glucides comme l'amidon sont des macromolécules. Ils doivent être hydrolysés en glucides simples comme le glucose lors de la digestion.

Les enzymes sont des catalyseurs biologiques, c'est-à-dire des accélérateurs des réactions chimiques du vivant. Elles agissent de manière optimale dans des conditions précises de température, de pH, de salinité...

La catalyse enzymatique nécessite la formation transitoire d'un complexe enzyme-substrat. Cette formation dépend de la structure spatiale de l'enzyme, et en particulier de celle de son site actif.

Une enzyme présente une double spécificité : une spécificité de substrat et une spécificité d'action.