

AIDE MEMOIRE - MICROBIOLOGIE INDUSTRIELLE

ENZYMES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Les organismes vivants sont le siège d'un grand nombre de réactions biochimiques très diverses. Ces réactions s'effectuent dans des conditions où, normalement, elles ne pourraient pas se faire. Si elles ont lieu, c'est parce qu'elles sont catalysées par des macromolécules biologiques : les enzymes. Les enzymes sont des biocatalyseurs moléculaires. De plus les enzymes sont caractérisées par une très haute spécificité de reconnaissance des molécules sur lesquelles elles agissent.

DES NOMBREUX MICROORGANISMES SONT LA SOURCE D'ENZYMES POUR DES APPLICATIONS INDUSTRIELLES (voir document « source of enzymes »)

HISTORIQUE

Il est difficile de situer exactement la découverte de la notion d'enzyme et surtout d'enzyme en tant que seul catalyseur des réactions chimiques qui se déroulent dans les organismes vivants.

1783 : Lazzaro Spallanzani a rapporté que la viande est liquéfiée par un extrait gastrique. Il note également que la température a un grand effet.

1814 : Kirchhoff a observé qu'un composant « glutineux » (comme il l'a appelé à l'époque) de blé convertit l'amidon en sucre.

1833 : La première découverte d'une enzyme est attribuée à Anselme Payen et Jean-François Persoz qui ont traité un extrait aqueux de malt à l'éthanol puis précipité une substance labile à la chaleur qui hydrolysait l'amidon. Ils ont appelé cette fraction « diastase » qui signifie « séparation » en Grec, puisque cette fraction séparait le sucre soluble de l'amidon insoluble. On sait maintenant que cette préparation était une solution non purifiée d'amylase.

1834 : Theodor Schwann a obtenu le premier agent actif d'origine animale (la pepsine) qu'il a partiellement purifiée en traitant la paroi stomacale par l'acide. Il est important de souligner qu'à l'époque les premières observations d'activité enzymatique ont précédé une notion claire et précise de la catalyse. Le concept de catalyse provient de l'observation de l'action de la diastase et de la pepsine parallèlement à celle de la levure pendant la fermentation : dans tous les cas, une « substance était changée en une autre » sous l'influence d'un agent actif : le catalyseur. A l'époque, la levure n'était pas encore considérée comme une cellule vivante.

1838 : Charles Cagniard de Latour montra que le processus de fermentation est dû à des organismes vivants.

1858 à 1871 : Les travaux de Louis Pasteur confirmèrent cette idée. Pasteur émit l'hypothèse révolutionnaire que les changements chimiques lors de la fermentation résultaient des processus de la vie des micro-organismes impliqués dans la fermentation.

A l'opposé de Pasteur, Liebig et Stahl privilégiaient une théorie purement chimique : un « ferment » était une substance chimique produite par un organisme en décomposition et les atomes de ce ferment étaient supposés en mouvement incessant. Cet état d'agitation élevé était transmis aux atomes de la molécule de sucre (substrat du ferment) dont les éléments devaient être maintenus par des forces faibles. Il en résultait une scission du sucre en CO₂ et éthanol dont les liaisons étaient plus fortes.

1860 : Berthelot fit macérer de la levure et obtint une fraction précipitable à l'alcool capable de convertir le sucrose en glucose et fructose. Il conclut que l'« invertase » (nom qu'il donna à l'agent actif de cet extrait) était l'un des multiples ferments présents dans la levure.

1878 : Kühne proposa le nom d'enzyme (signifiant : « dans la levure ») pour qualifier ces ferments. Le suffixe « ase » fût proposé par Duclaux en 1898.

1897 : Hans et Edouard Büchner s'intéressaient aux extraits de levure dans un but thérapeutique. Ces extraits étant destinés à l'homme ne pouvaient contenir des bactéricides. L'un de leur collaborateur suggéra de les remplacer par de grandes quantités de sucrose dont on savait qu'elle inhibait la croissance bactérienne. Ainsi, la controverse Pasteur - Liebig prit fin quand les frères Buchner purent obtenir un extrait cellulaire total de levure qui pouvait réaliser la fermentation complète du sucre.

1897 : La même année, Bertrand observa que certaines enzymes requièrent des facteurs dialysables pour leur activité : il les nomma « coenzymes ».

Au début du 20^{ème} siècle, de gros travaux furent entrepris pour purifier des enzymes et surtout décrire leur activité catalytique en termes mathématiques.

LES LEVURES SOURCE D'ENZYMES

Les levures sont les premiers micro-organismes à avoir été utilisées par l'homme puisque la production de boissons alcoolisées par fermentation est documentée des 6000 ans avant notre ère chez les Sumériens et les Babyloniens. Elles sont également les premiers micro-organismes à avoir été observés au microscope par A. Van Leeuwenhoek qui les a dessinées vers 1680. Au XIX^e siècle, c'est à la suite de ses travaux sur les levures que Pasteur contribua à la fondation de la microbiologie. Nul n'ignore ses succès et leurs retombées incalculables, particulièrement en termes de santé publique. A la même époque, la levure fut à l'origine du développement de la biochimie avec notamment les travaux de Büchner. Dans la dernière décennie du 20^{ème} siècle, la levure de boulangerie est produite dans le monde sur un rythme de 2,5 millions de tonnes par an. C'est la production de micro-organismes la plus importante qui soit, en raison des énormes progrès techniques et scientifiques que cette industrie a su exploiter ou développer. Elle aura aussi nourri, par ses procédés innovants, toutes les industries de fermentation qui caractérisent nos biotechnologies. Production d'enzymes, d'acides aminés, de vitamines, ou encore de molécules d'intérêt thérapeutiques : hormones, antibiotiques, vaccins...

UTILISATION DES ENZYMES DANS LES PROCÉDÉS INDUSTRIELS

Avantages : utilisation dans des conditions douces (pH, température), économie d'énergie, équipements adaptés, très haute spécificité catalytique, synthèses régiospécifiques et stéréospécifiques, les enzymes sont de nature spécifique et donc biodégradable, catalyseurs qui agissent à des doses très faibles (peu de problèmes de stockage des préparations enzymatiques) très hautes vitesses de réaction et contrôle aisé de la réaction

Inconvénients : prix élevé pour certaines applications, problèmes liés à la dénaturation des enzymes, nécessité de la présence de cofacteurs (coûteux) pour certaines réactions, contrôle et ajustement du pH, contrôle de la température, milieux réactionnels variés induisant des mécanismes enzymatiques complexes : catalyse homogène (en milieu aqueux), catalyse hétérogène (substrats insolubles, enzymes immobilisées, réactions en milieu organique)

Utilisation des enzymes (quelques exemples)

Utilisation des enzymes en alimentation humaine

Les enzymes sont utilisées comme Auxiliaires de fabrication ou comme Agents de fabrication.

- Industries de l'amidonnerie-glucoserie (agents de fabrication) : amylases, glucose-isomérase, cyclodextrine-glucosyltransferases. Production de sirops de glucose et de fructose.
- Industries laitières : protéases, bêta-galactosidase, protéases
- Industries de la panification (additifs).
Objectif : améliorer la qualité boulangère des farines : xylanases, amylases, protéases, oxydases, bêta-glucanases
- Industries des boissons (additifs) : pectinases, bêta-glucanases

Utilisation des enzymes en alimentation animale

- Additifs (auxiliaires de fabrication).
- Alimentation des monogastriques (porcs, volailles)
Objectifs: augmenter la digestibilité des aliments. Les substrats : les arabinoxylanes, les bêta-glucanes, certaines pectines et les phytates présents dans les aliments des non-ruminants (blé, orge, avoine, riz) sont des facteurs anti-nutritionnels (polysaccharides visqueux réduisant l'assimilation intestinale des nutriments, problèmes liés au phosphore et aux cations divalents pour les phytates(phosphatidylinositides)).
Les xylanases, bêta-glucanases et phytases sont actives à des pH et des températures rencontrés dans les tractus intestinaux.
- Nouvelles enzymes utilisées : enzymes thermostables résistantes aux traitements thermiques des céréales, et actives aux températures et pH physiologiques.