

CHAPITRE 16 - ENZYMES EN INDUSTRIE - QROC

16.1- Quelles sont les différentes classes d'enzymes ?

16.2- Quelles sont les sources d'enzymes à l'échelle industrielle ? Donnez un exemple dans chaque cas.

16.3- À l'aide d'un exemple, montrer le(s) avantage(s) des enzymes par rapport aux catalyseurs chimiques dans le domaine de la synthèse.

16.4- Donner des arguments écologiques en faveur de l'utilisation des enzymes dans le secteur industriel.

16.5- Quels sont les conditions requises pour qu'une enzyme soit autorisée dans l'industrie agro-alimentaire ?

16.6- Nommer les enzymes intervenant dans la transformation industrielle de l'amidon en sirop riche en fructose. Discuter la fonction de chacune d'elles.

16.7- Comparer (avantages et inconvénients) les hydrolyses acide et enzymatique de la cellulose.

16.8- Quelle est l'origine des pectinases commerciales ?

16.9- Quel est le problème d'ordre nutritionnel posé par les phytates en alimentation animale ? Comment est-il résolu ?

16.10- Compléter le tableau suivant :

Enzyme	Matière première	Principale utilisation
α -Amylase		
	Glucose	transformation du glucose en fructose pour la production de sirop de fructose
Cellulase		
	protéine de soja	production de peptides ou d'acides aminés (hydrolysats)
	Fruits	clarification de jus de fruits (destruction des pectines)
Lipase	Lipides	
Invertase		inversion du sucre

RÉPONSES QROC

16.1- Quelles sont les différentes classes d'enzymes ?

1 : oxydoréductase - 2 : transférase - 3 : hydrolases - 4 : lyases - 5 : isomérase - 6 : ligases

16.2- Quelles sont les sources d'enzymes à l'échelle industrielle ? Donnez un exemple dans chaque cas.

Enzymes d'origine végétale - protéases comme : la papaïne, extraite d'une plante équatoriale et tropicale, le papayer.

Enzymes d'origine animale - la chymosine extraite de la caillette de veau.

Enzymes issues de microorganismes - 50 % proviennent des champignons et des levures - 35 % des bactéries, les 15 % restant ayant des origines diverses.

16.3- À l'aide d'un exemple, montrer le(s) avantage(s) des enzymes par rapport aux catalyseurs chimiques dans le domaine de la synthèse.

Procédé chimique classique de production de l'acrylamide à partir d'acrylonitrile se fait à haute température à l'aide d'un catalyseur à base de cuivre ou d'acide sulfurique - méthode chimique remplacée par un bioprocédé qui utilise une enzyme la nitrile hydratase, pour catalyser la conversion de l'acrylonitrile en acrylamide - procédé enzymatique réduit de 80 % la consommation d'énergie - abaisse les coûts - permet d'obtenir une acrylamide plus pure que celle obtenue avec le procédé chimique classique.

16.4- Donner des arguments écologiques en faveur de l'utilisation des enzymes dans le secteur industriel.

Pour l'extraction des huiles : le traitement enzymatique permet d'éviter l'utilisation de bases et d'acides forts - de réduire considérablement la quantité d'eau utilisée - la production de boues résiduelles - d'obtenir une réduction globale des coûts de 50 % - augmentation du rendement en huiles.

Présence dans les détergents : réduction du temps de lavage, de la température et de la consommation d'eau. De plus, ces enzymes sont produites par des processus de fermentation qui utilisent des ressources renouvelables.

Lipases pour le désencrage du papier usagé augmentent la productivité de la pâte à papier - la blancheur - diminue l'usage de produits chimiques - prolonge la durée de vie des équipements - réduit la pollution - le gaspillage de l'eau - économise de l'énergie - réduit le temps et le coût du traitement.

16.5- Quels sont les conditions requises pour qu'une enzyme soit autorisée dans l'industrie agro-alimentaire ?

Innocuité des préparations en précisant les conditions d'obtention, les critères de pureté chimique et microbiologique, les normes d'étiquetage des emballages et les conditions d'emploi - les tissus animaux ou végétaux d'où sont extraites les enzymes ne doivent pas présenter de risques toxicologiques - les tissus animaux servant à la production des enzymes doivent provenir d'animaux en bon état sanitaire au moment de l'abattage et être aptes à la consommation humaine - le mode d'obtention de l'enzyme ne doit donc pas laisser des résidus ou des métabolites susceptibles de présenter un danger du point de vue toxicologique dans le produit alimentaire fini ou apporter à ce dernier des substances dont la présence n'est pas admise par la réglementation - l'étude toxicologique doit également tenir compte de l'action des enzymes sur les substrats envisagés et, en particulier, des produits d'hydrolyse et/ou de métabolisation néoformés.

16.6- Nommer les enzymes intervenant dans la transformation industrielle de l'amidon en sirop riche en fructose. Discuter la fonction de chacune d'elles.

L' α -amylase découpe les longues chaînes de l'amidon en maltose et en dextrines, - l' α -amylase, la β -amylase, l'amyloglucosidase et la pullulanase décomposent les molécules obtenues en molécules de glucose.

16.7- Comparer (avantages et inconvénients) les hydrolyses acide et enzymatique de la cellulose.

	Acide	Enzyme
1	Catalyseur non-spécifique : peut aussi bien délignifier le matériel végétal qu'hydrolyser la cellulose	Catalyseur spécifique mais nécessite un pré-traitement physique et chimique intense pour rendre la cellulose plus accessible à la dégradation
2	Décomposition des hémicelluloses en composés inhibiteurs (ex : furfural)	Production d'un sirop de sucres prêt à la fermentation anaérobie
3	Génération d'effluents divers	Génération de peu d'effluents à traiter
4	Conditions d'action dures et, par conséquent, qui augmentent le coût du procédé : l'équipement doit être résistant à la corrosion et à la chaleur	Conditions d'action modérées (50 °C, pression atmosphérique, pH 4,8) et donc pas de problèmes de corrosion
5	Coût du catalyseur élevé	L'étape la plus coûteuse du procédé est celle de la production des cellulases
6	Vitesse d'hydrolyse élevée	Vitesse d'hydrolyse faible
7	Rendement global en glucose faible en raison des dégradations	Rendement global en glucose dépendant du prétraitement
8	Perspectives d'amélioration faibles	Perspectives d'amélioration importantes

16.8- Quelle est l'origine des pectinases commerciales ?

Pectinases

Macerozyme R-10	<i>Rhizopus ssp.</i>
Macerozyme R-200	<i>Rhizopus ssp.</i>
Macerase	<i>Rhizopus ssp.</i>
Pectolyase Y-23	<i>Aspergillus japonicus</i>
Pectinol AC	<i>A. niger</i>
Pectinase	<i>A. niger</i>

16.9- Quel est le problème d'ordre nutritionnel posé par les phytates en alimentation animale ? Comment est-il résolu ?

Non bio-disponible pour l'animal bien que très riches en phosphore - chélate le potassium, le calcium, le cuivre, le zinc, le fer et le magnésium, diminuant ainsi leur biodisponibilité - addition de phytases à la ration alimentaire des animaux d'élevage.

16.10- Compléter le tableau suivant :

Enzyme	Matière première	Principale utilisation
α -Amylase	Amidon	- Production de dextrans ou de glucose pour la biscuiterie, pâtisserie, viennoiserie, jus de fruits et de légumes, sirops, - Amélioration de la qualité du pain (antirassissant), - Destruction de l'apprêt à base d'amidon des fils textiles - Formulation de détergents
Glucose isomérase	Glucose	transformation du glucose en fructose pour la production de sirop de fructose
Cellulase	Cellulose	- Production de glucose - Amélioration du rendement en jus par destruction des parois cellulaires - Formulation de détergents
Protéase	protéine de soja	production de peptides ou d'acides aminés (hydrolysats)
Pectinase	Fruits	clarification de jus de fruits (destruction des pectines)
Lipase	Lipides	-Production d'acides gras responsables de la saveur dans la fabrication du fromage (hydrolyse des lipides) et de glycérol - Détergents
Invertase	Saccharose	inversion du sucre