

# Avant-propos

**Mohamed GHOU**

*LRGP, CNRS, Université de Lorraine, Nancy, France*

Pour répondre à une demande croissante des consommateurs pour des produits sains, naturels, sans additifs et avec un faible impact environnemental, les matières premières d'origine végétale se sont imposées comme une alternative pertinente pour remplacer les dérivés issus de l'industrie de pétrochimie. Cependant, la plupart de ces matières premières sont complexes et difficilement digestibles en l'état. Elles nécessitent donc de nombreux traitements physicochimiques, mécaniques et la mise en œuvre de nombreuses réactions de transformation.

L'utilisation des enzymes et des micro-organismes comme catalyseurs pour hydrolyser, condenser et/ou fractionner ces matières premières est bien adaptée. En effet, les procédés enzymatiques permettent de mettre en œuvre des procédés dans des conditions douces et de produire des molécules ciblées. De même, compte tenu de la sélectivité et de la spécificité de ces catalyseurs, les opérations de séparation et/ou de purification en aval des étapes de production sont plus simples et moins onéreuses.

Cet ouvrage est dédié à la description des dernières évolutions de l'utilisation de ces biocatalyseurs dans le domaine agro-alimentaire.

La partie 1 est consacrée à la présentation des procédés enzymatiques actuels en industries agro-alimentaires (caractéristiques générales des enzymes, classification des enzymes utilisées en agro-alimentaire, mode d'action des principales enzymes utilisées en agro-alimentaire, la production d'enzymes pour des applications alimentaires), des

voies d'amélioration des procédés enzymatiques (ingénierie enzymatique, ingénierie des procédés) et les principaux procédés enzymatiques en industries agro-alimentaires (boulangerie et pâtisserie, malterie et brasserie, amidon et ses dérivés, lait, matières grasses, produits carnés et marins, arômes et additifs, jus de fruits et vins).

La partie 2 décrit dans un premier temps une famille de micro-organismes très utilisés dans les transformations alimentaires et dans la formulation d'aliments santé. Il s'agit des bactéries lactiques et bifidobactéries (notions taxonomiques et définition de « probiotique », marché des probiotiques et allégation santé, production de probiotiques et de métabiotiques, applications industrielles, perspectives de développement et d'innovation, impact des lactobacilles sur la santé digestive, etc.). Dans un second temps, elle décrit les procédés d'encapsulation des bactéries lactiques (atomisation, extrusion, émulsification, enrobage), les matrices d'encapsulation les plus utilisées et le processus d'adhésion des bactéries sur ces matrices. Puis, en fin de partie, nous présentons les aliments fermentés les plus connus et les nouvelles approches développées dans ce domaine.

# Introduction

**Mohamed GHOU**

*LRGP, CNRS, Université de Lorraine, Nancy, France*

Les matières premières utilisées dans les différents procédés de production de denrées alimentaires et des principes actifs non alimentaires ont des structures très variées (cellulose, hémicellulose, lignine, protéines, composés phénoliques, matières grasses, etc.). Ainsi, compte tenu de cette complexité structurale, une partie de ces matières ne sont pas directement assimilables par le consommateur et ne présentent pas des activités et des fonctionnalités biologiques (nutrition, santé, nutraceutique, etc.) recherchées.

La digestion et le transfert des principes actifs de ces matières premières au travers des parois cellulaires et/ou leur fonctionnalisation nécessitent donc une ou plusieurs étapes d'hydrolyse et de réarrangement mettant en jeu plusieurs types de réactions (synthèse, hydrolyse) catalysées *in vitro* ou *in vivo* par des systèmes enzymatiques complexes. Ces systèmes enzymatiques peuvent être constitués soit par des enzymes ou cocktails d'enzymes extraits à partir de matrices végétales, bactériennes ou animales par l'application des opérations unitaires appropriées, soit par l'utilisation des cellules entières (bactéries, levures, champignons, etc.).

Pour assurer le fonctionnement dans des conditions optimales de ces systèmes catalytiques (enzymes extraits ou cellules entières), plusieurs facteurs (pH, température, concentration, potentiel rédox, taux d'oxygène, etc.) doivent être judicieusement ajustés. De même, pour préserver et maintenir en activité certains de ces systèmes catalytiques, sur une longue période, il est nécessaire de réaliser une étape de protection, comme l'encapsulation ou l'immobilisation. Ces opérations de protection sont réalisées par l'application des matrices adaptées qui permettent un transfert adéquat des substrats entre

macro- et micro-environnement du système catalytique et maintiennent les activités catalytiques et les fonctionnalités recherchées.

Différentes sources et classes d'enzymes et de bactéries existent à l'état naturel et sont d'ores et déjà exploitées efficacement dans de nombreuses filières agro-alimentaires et non alimentaires. Cependant, pour accroître les activités catalytiques de ces enzymes et de ces micro-organismes, de nombreux travaux sont consacrés régulièrement à la découverte de nouvelles bactéries et de nouvelles enzymes et à l'amélioration de leurs activités catalytiques. Ces travaux utilisent soit des outils classiques de sélection, clonage, mutation, soit des outils mettant en jeu un design rationnel par l'application de différentes approches de modélisation moléculaires.

Dans cet ouvrage, la partie 1 est consacrée à la présentation i) des différentes classes d'enzymes industrielles, ii) des techniques de production de ces enzymes, iii) des voies actuelles et des futures d'amélioration des enzymes, iv) des techniques d'intensification des procédés enzymatiques et v) à la description des principales filières exploitant des enzymes industrielles.

La partie 2 de cet ouvrage est dédiée à la description d'un groupe de bactéries très utilisées dans les transformations alimentaires, en l'occurrence les bactéries lactiques. Une présentation générale de ces bactéries est donc réalisée et le sous-groupe de bifido-bactéries est ensuite abordé plus en détail.

Pour maintenir en vie et prolonger leurs activités, ces bactéries peuvent faire l'objet de plusieurs techniques d'encapsulation. Ainsi, les techniques d'encapsulation les plus adaptées aux bactéries lactiques et exploitées à l'échelle industrielles sont décrites et les interactions bactéries – matrice et leur rôle dans la rétention des bactéries dans les micro-particules au cours du stockage et du transit gastro-intestinal sont aussi abordés. Enfin, les applications industrielles les plus courantes mettant en jeu des bactéries lactiques sont présentées.