

MICROBIOLOGIE ALIMENTAIRE

TOME

2

Aliments fermentés
et fermentations alimentaires

C. M. BOURGEOIS, J.-P. LARPENT

Coordonnateurs

COLLECTION

SCIENCES ET TECHNIQUES

AGROALIMENTAIRES

Lavoisier

TEC

DOC

COLLECTION
SCIENCES & TECHNIQUES
AGROALIMENTAIRES



Président du Directoire : J.-L. MULTON

3L 232/T2

MICROBIOLOGIE ALIMENTAIRE

Tome 2

Aliments fermentés et fermentations alimentaires

2^e édition

Coordonnateurs
C.M. BOURGEOIS
J.P. LARPENT

221 19 1/7



LONDRES



NEW YORK

PARIS

11, rue Lavoisier
F 75384 Paris cedex 08

T A B L E D E S M A T I È R E S

PARTIE I

LES MICROORGANISMES DES FERMENTATIONS ALIMENTAIRES

1. Les bactéries lactiques <i>J.P. LARPENT</i>	1 Généralités	4
	2 Cocci Streptococcus, Lactococcus, Enterococcus • Leuconostoc • Pediococcus	7
	3 Bacilli Carnobacterium • Le genre Lactobacillus subdivisé en trois groupes • Bifidobacterium	16
	Références bibliographiques	32
2. Les levures <i>J.M. BELIN</i>	1 Position systématique et caractères généraux Morphologie • Cytologie • Classification	36
	2 Physiologie Reproduction • Nutrition et métabolisme	39
	3 Génétique Cycles biologiques • Types sexuels • Amélioration des souches	45
	Références bibliographiques	50
3. Les moisissures <i>C. MOREAU</i>	1 Introduction	54
	2 Moisissures en fromagerie et charcuterie Penicillium camemberti • Penicillium roqueforti • Geotrichum candidum • Moisissures des fromages à pâte pressée • Starters utilisés en charcuterie	55
	3 Moisissures utilisées dans des préparations culinaires exotiques (Extrême-Orient et Afrique) Principales moisissures • Substrats et éléments de base • Principales préparations culinaires • Boissons • Divers	58
	4 Moisissures et additifs alimentaires Acides organiques • Production industrielle d'enzymes • Additifs divers • Autres interventions de moisissures utiles dans l'alimentation	64

5 Technologie	68
6 Conclusions	69
Références bibliographiques	70

PARTIE II

LES ALIMENTS FERMENTÉS D'ORIGINE VÉGÉTALE

1. Les fermentations panaires et pâtisseries M. MALINEAU M. ARNOUX	1 Introduction	76
	Histoire de la fermentation panaire • Le système fermentaire mis en œuvre	
	2 La flore des levains	77
	Données quantitatives sur la flore des levains • Données qualitatives sur la flore des levains	
	3 La fermentation dans la fabrication du pain	80
	La farine : composition • Les propriétés de la farine • Le diagramme de fabrication et les différentes techniques • Métabolisme de la levure de boulangerie dans la pâte à pain	
	4 La production de levure de boulangerie	87
	5 Évolutions actuelles et prévisibles	88
	Références bibliographiques	90
2. La brasserie C.M. BOURGEOIS P. MAEART	1 Introduction historique	92
	2 La fabrication	93
	Les matières premières • Le brassage • Le moût • La fermentation • Les évolutions récentes et en cours de la technologie de fabrication	
	3 La mise en œuvre et le comportement des levures	96
	La propagation • La fermentation primaire • La fermentation secondaire	
	4 Caractérisation, sélection et amélioration des souches de levures	100
	La caractérisation et la sélection des souches • L'amélioration des souches	
	5 Les problèmes de contamination	105
	6 Conclusion	106
	Références bibliographiques	108
3. La vinification B. DUTEURTRE	1 Introduction	112
	2 Composition et propriétés des substrats de fermentation	113
	3 Fermentation spontanée du jus de raisin	114

		4 Mise en œuvre industrielle des fermentations	116
		La fermentation alcoolique • La fermentation malolactique • La seconde fermentation alcoolique	
		5 Les contaminations en œnologie	130
		Références bibliographiques	132
	4. La cidrerie	1 Généralités et élaboration	138
	<i>J.F. DRILLEAU</i>	2 Quelques constituants du substrat fermentaire	139
		Préparation du substrat • Composés azotés • Composés phénoliques	
		3 Microflore de la fermentation	141
		Levures • Bactéries lactiques	
		4 Contrôle des fermentations	143
		Clarification • Anhydride sulfureux • Élimination de biomasse	
		5 Rôle de la microflore	144
		Action des levures • Action des bactéries lactiques	
		6 Perspectives	146
		Références bibliographiques	148
	5. Les boissons distillées	1 Introduction	152
	<i>C. JOURET</i>	2 Les substrats de fermentations	153
		3 Les microorganismes	154
		4 Mise en œuvre industrielle de la fermentation	156
		5 Conclusion	159
		Références bibliographiques	160
	6. Le vinaigre	1 Introduction	164
	<i>C. DIVIES</i>	2 Les utilisations du vinaigre et la production	164
	<i>R. CACHON</i>	3 Les procédés	165
		Le procédé dit d'Orléans • Le procédé dit rapide • La culture immergée • Les réacteurs à haute densité cellulaire	
		4 Les bactéries acétiques	171
		Classification • Métabolisme • Souches • Génétique • Physiologie	
		5 Conclusion	177
		Références bibliographiques	178
	7. Les légumes fermentés	1 Intérêt	184
	<i>D. JEHANNO</i>	2 Fermentation spontanée	185
	<i>J. LE GUERN</i>	3 Quelques exemples de produits végétaux obtenus par fermentation	187
		La choucroute • Les olives fermentées • Les concombres fermentés • Autres exemples	

	4 Moyens de maîtrise des fermentations _____	190
	Maîtrise de la qualité initiale des produits • Modification des conditions de fermentation • Utilisation des ferments sélectionnés	
	5 Conclusion - Perspectives _____	195
	Références bibliographiques _____	196
8. La fermentation de la choucroute	1 Définition et origine _____	202
<i>J. LECLAIR</i>	2 La matière première : le chou _____	202
	3 Process de production de la choucroute _____	203
	La préparation du chou • Le salage • L'encuvage	
	4 La fermentation de la choucroute _____	205
	Déroulement de la fermentation • Paramètres physicochimiques influençant la qualité de la choucroute • Les accidents de fabrication • Méthodes d'accélération et d'orientation de la fermentation	
	5 Traitement des effluents _____	212
	Références bibliographiques _____	214
9. L'ensilage des végétaux	1 Introduction _____	216
<i>P. GOUET</i>	2 La microflore des fourrages sur pied _____	216
	3 Évolution fermentaire et bactériologique des ensilages _____	218
	Composition et évolution du substrat • Évolution quantitative et qualitative de la microflore • Lactobacillus et Streptococcus • Bactéries nuisibles	
	4 Facteurs contrôlant la croissance bactérienne _____	223
	La température • La concentration en glucides et leur disponibilité • Le pouvoir tampon • L'élévation du taux de matière sèche	
	5 Agents de conservation _____	225
	La voie chimique • La voie biologique	
	Références bibliographiques _____	229
10. Les aliments fermentés à base de soja	1 Sauce de soja _____	232
<i>S. GAUTHIER</i>	2 Miso _____	235
<i>J. DE PRENEUF</i>	3 Tofu, Sufu et Meitauza _____	238
<i>M. ROCHEMAN</i>	4 Natto _____	240
	5 Tempeh _____	241
	6 Lait de soja fermenté _____	243
	Références bibliographiques _____	248
11. Aliments fermentés à base de manioc	1 Le gari _____	251
<i>G. CHUZEL</i>	La fabrication traditionnelle du gari • Toxicité du manioc • La fermentation du manioc dans la fabrication traditionnelle du gari • Perspectives	
<i>M.P. CEREDA</i>	2 L'amidon aigre de manioc _____	261
<i>D. GRIFFON</i>	Le procédé de fabrication • Le produit • Fermentation de l'amidon • Séchage de l'amidon • Perspectives • Conclusion	
	Références bibliographiques _____	270

12. La « fermentation » du cacao <i>M. BAREL</i>	1 Introduction	276
	2 Les fermentations dans la pulpe	276
	Phase anaérobie • Phase aérobie	
	3 Les transformations dans les cotylédons	282
	Pénétration de produits d'origine microbienne • Influence de la chaleur • Action de l'acide acétique	
	4 Perspectives d'améliorations de la maîtrise des transformations	284
	Conclusion	285
	Références bibliographiques	286
13. La fermentation du café <i>M. JACQUET</i>	1 Introduction	288
	Le fruit du caféier • Le traitement post-récolte • Les modes de démucilagination • Composition du mucilage	
	2 La fermentation naturelle	291
	Conduite de la fermentation • Durée de la fermentation • Tem- pérature du milieu de fermentation • Enzymes et microorga- nismes • Composés libérés dans le milieu • La perte de matière sèche	
	3 Autres modes de démucilagination	295
	La démucilagination enzymatique • La démucilagination chi- mique • La démucilagination mécanique	
4 Fermentation et qualité	296	
5 Conclusion et perspectives	297	
	Références bibliographiques	298

PARTIE III

LES ALIMENTS FERMENTÉS
D'ORIGINE ANIMALE

1. Les yaourts et les laits fermentés <i>J. HERMIER</i> <i>J.P. ACCOLAS</i> <i>M. DESMAZEAUD</i>	1 Le yaourt	303
	Composition et propriétés du lait en tant que substrat de la fer- mentation du yaourt • Mise en œuvre industrielle de la fermenta- tion du yaourt • Produits à base de yaourt • Caractérisation, sélection et amélioration des souches de bactéries du yaourt	
	2 Les autres laits fermentés	310
	Boissons lactiques alcoolisées • Laits fermentés mettant en œuvre des bactéries lactiques mésophiles • Les laits fermentés contenant des bactéries d'origine intestinale	
	3 Perspectives	314
	Références bibliographiques	315

2. Les fromages à pâte fraîche, molle, pressée ou persillée J.P. LARPENT	1 Divers types de fromages _____	321
	Les fromages frais • Les fromages maturés • Les fromages à pâte molle • Les fromages à pâte pressée non cuite et demi-cuite • Les fromages à pâte persillée	
	2 Ferments microbiens _____	331
	Cultures de ferments lactiques • Les divers types de ferments laitiers	
	3 Rôle des microorganismes dans la fabrication des produits laitiers _____	346
	Glucides et substances proches • Lipides • Protides	
	Références bibliographiques _____	352
3. Les fromages à pâte pressée cuite J.F. CHAMBA F. PROST	1 Introduction _____	354
	2 La fermentation lactique _____	354
	Les bactéries lactiques thermophiles • Fermentation lactique et technologie fromagère • Autres fonctions des bactéries lactiques thermophiles • L'infection phagique en fromagerie de pâte cuite • Mise en œuvre industrielle de la fermentation lactique	
	3 La fermentation propionique _____	364
	Caractères généraux des bactéries propioniques • La fermentation propionique et la formation de l'ouverture • Mise en œuvre industrielle	
	4 La fermentation butyrique _____	371
	Les bactéries responsables de la fermentation butyrique • Origine des bactéries butyriques • Manifestation de la fermentation butyrique dans les fromages • Mise en évidence de l'origine butyrique des défauts observés • Relation entre le niveau de la contamination du lait en spores de clostridia et les défauts butyriques • Les moyens de lutte contre la fermentation butyrique lors de la transformation	
	5 Perspective d'avenir _____	376
	Références bibliographiques _____	378
4. Les produits carnés, fermentés J.P. LARPENT	1 Les microorganismes des viandes et leurs effets _____	384
	Lipolyse • Protéolyse • Microorganismes verdissants • Altérations diverses	
	2 Les ferments _____	386
	Les lactobacilles • Les pédiocoques • Les staphylocoques	
	3 L'activité des ferments microbiens _____	389
	Évolution des microorganismes au cours de la maturation • Action sur le pH • Aromatisation	
	4 Les ferments de surface _____	394
	5 Conservation et valorisation des déchets carnés _____	394
	Références bibliographiques _____	396

5. Les produits de la pêche fermentés	1 Produits traditionnels	398
<i>T. IN</i>	Europe • Asie	
	2 Produits modernes	401
	Les ensilages biologiques • Produits élaborés fermentés	
	3 Aspects biochimiques	402
	Protéolyse associée • La fermentation microbienne • Le rôle du sel	
	4 Intérêt de la fermentation des produits de la pêche	403
	Références bibliographiques	404

PARTIE IV

PERSPECTIVES

1. La maîtrise des saveurs	1 Voies de synthèse des composés déterminant la saveur des aliments fermentés	410
<i>H.E. SPINLER</i>	Catabolisme des sucres et des acides organiques de la matière première • Catabolisme des protéines en acides aminés puis en composés d'arômes • Catabolisme des triglycérides et des acides gras	
<i>M. DESMAZEAUD</i>	2 La maîtrise des ferments	417
	Maîtrise de leurs qualités technologiques majeures • Prévenir les défauts • Améliorer les qualités organoleptiques de la typicité	
	3 Les microorganismes agents de production d'aromatizants	424
	Conclusions	425
	Références bibliographiques	427
2. Propriétés antimicrobiennes des bactéries lactiques	1 Introduction	432
<i>A.G. MATHOT</i>	2 Activité antimicrobienne due à la production d'inhibiteurs à large spectre d'action	432
<i>E. BÉLIARD</i>	Activité antimicrobienne due à la production d'acides organiques	
<i>D. THUAULT</i>	• Activité antimicrobienne due au peroxyde d'hydrogène	
	• Autres inhibiteurs non spécifiques	
	3 Les bactériocines	437
	Définition, bactéries productrices • Lantibiotiques • Peptides de faible poids moléculaire (non lantibiotiques) • Peptides de haut poids moléculaire • Complexes lipo- ou glyco-protéiques	
	• Applications des bactériocines	
	Conclusion	447
	Références bibliographiques	448

3. Les microorganismes immobilisés

C. DIVES
R. CACHON

1 Les techniques d'immobilisation	457
L'adsorption • La liaison covalente • La floculation • L'inclusion • Rétention par procédés membranaires	
2 Contraintes cinétiques des microbes immobilisés sous forme incluse et réacteurs utilisables	462
3 Comportement des levures et des bactéries lactiques sous forme incluse	464
4 Les applications industrielles	468
La fermentation malolactique (F.M.L.) • La production d'acide lactique • La fabrication des produits laitiers fermentés • La prise de mousse selon la méthode champenoise • Réalisation de la fermentation alcoolique et élaboration de boissons effervescentes	
5 Conclusion	475
Références bibliographiques	476

4. Les perspectives ouvertes à l'industrie par la génétique moléculaire et le génie génétique des bactéries lactiques

G. NOVEL

1 Introduction ; les deux voies de l'amélioration des souches microbiennes : la mutagenèse et la recombinaison génétique	482
La mutagenèse et l'obtention de souches mutantes améliorées • Les propriétés variables codées par des plasmides • La recombinaison génétique : les transferts génétiques naturels	
2 Le transfert génétique provoqué	489
La fusion de protoplastes • Le génie génétique : le transfert de gènes recombinés in-vitro	
3 Les résultats de la génétique moléculaire et du génie génétique	492
Les dernières améliorations du clonage moléculaire • Le clonage moléculaire et le séquençage des gènes de bactéries lactiques • La génétique moléculaire du métabolisme des bactéries lactiques • Les bactériophages et les mécanismes de défense cellulaire • La génétique de la production de bactériocines • La cartographie des génomes • Le développement de la taxonomie moléculaire • La reprogrammation des protéines par mutagenèse dirigée : le génie protéique • La reprogrammation des voies métaboliques	
4 Perspectives actuelles et futures	499
Améliorer et stabiliser les propriétés métaboliques de souches de ferments • Améliorer la résistance des souches à l'environnement • Utiliser les bactéries lactiques comme probiotiques ou comme vecteurs de vaccins • Produire des protéines homologues et hétérologues	
Références bibliographiques	503