

MICROBIOLOGIE ALIMENTAIRE

TOME
1

Aspect microbiologique
de la sécurité et de la qualité
des aliments

C. M. BOURGEOIS, J.-F. MESCLE et J. ZUCCA
Coordonnateurs



lavoisier
TEC
DOC

T A B L E D E S M A T I È R E S

PARTIE I

LE COMPORTEMENT DES MICROORGANISMES DANS LES ALIMENTS

1. Les facteurs du développement

J.F. MESCLE

J. ZUCCA

1 Origine et comportement des microorganismes des aliments _____ 4

Introduction • Les origines de la contamination • Évolution de la contamination au cours des traitements d'élaboration des produits alimentaires • Les contaminations au cours du stockage, du transport et de la commercialisation des produits • Conclusion

2 Les conditions de la multiplication des microorganismes dans les aliments _____ 11

Introduction • Influence de la structure du produit alimentaire sur la croissance des microorganismes • Influence de la composition générale du milieu sur la nutrition des microorganismes • Influence du pH du milieu sur les microorganismes, et réaction de leur métabolisme au stress acide • Influence de l'activité de l'eau (A_w) et du stress osmotique sur les microorganismes • Influence de l'oxygène et du stress oxydatif sur les microorganismes • Effet de la température et du stress thermique • Interactions entre les paramètres et réactions croisées des microorganismes aux variations du milieu • Conclusion

Références bibliographiques _____ 34

2. La microbiologie prévisionnelle

C.M. BOURGEOIS

1 L'intérêt de la prévision en microbiologie alimentaire _____ 42

2 Principe de la méthode _____ 43

3 La démarche de modélisation _____ 44

Identification des paramètres limitants de la conservation du produit • Délimitation du champ de l'expérimentation • Planification de l'expérimentation • Recueil des données • Modélisation • Validation • Prévision

4 Applications, limites et perspectives _____ 51

Les applications • Les limitations actuelles • Perspectives

Références bibliographiques _____ 56

PARTIE II

LES TOXI-INFECTIONS ET LES INTOXICATIONS

1. Le genre *Salmonella*

J. GLEDEL

1 Caractéristiques microbiologiques	62
Position systématique et principaux caractères • Physiologie • Principes de la détection et de l'identification	
2 Caractères particuliers	71
Les facteurs de virulence • Les facteurs de résistance aux antibiotiques	
3 Symptomatologie	72
La maladie humaine • La maladie animale	
4 Épidémiologie	74
5 Prévention	76
Éradication chez les animaux producteurs d'aliments • Décontamination des denrées alimentaires crues et surveillance des chaînes de production dans les industries agroalimentaires • Préparation et conservation des aliments	
Références bibliographiques	78

2. Le genre *Campylobacter*

J. GLEDEL

1 Caractéristiques bactériologiques	82
Position systématique • Physiologie • Principes de la détection et de la caractérisation des souches	
2 Caractères particuliers	85
Pouvoir pathogène • Antibiorésistance	
3 Symptomatologie	85
4 Épidémiologie	86
5 Prévention	86
Références bibliographiques	88

3. Le genre *Listeria*

M. CATTEAU

Taxonomie - Identification • Sérotypie • Lysotypie • Pouvoir pathogène • Épidémiologie	
1 Conditions de survie et de multiplication de <i>Listeria monocytogenes</i>	94
<i>Listeria monocytogenes</i> chez les animaux • <i>Listeria monocytogenes</i> et produits alimentaires • <i>Listeria</i> en ateliers de transformation et en distribution	
2 Méthodes de détection de <i>L. monocytogenes</i> dans les aliments	98
Méthodes traditionnelles • Méthodes rapides • Améliorations attendues	
3 Critères microbiologiques	100
Conclusion	101
Références bibliographiques	103

4. Les staphylocoques

M.L. DE BUYSER

1 Caractéristiques microbiologiques des microorganismes	106
Position systématique • Physiologie de <i>S. aureus</i> • Principes de la détection, du dénombrement et de l'identification de <i>S. aureus</i>	

	2 Les entérotoxines et la toxinogénèse	111
	Les entérotoxines • Toxinogénèse	
	3 Symptomalogie	114
	4 Épidémiologie	115
	Incidence • Conditions requises pour déclencher une TIA à staphylocoques • Enquête épidémiologique	
	5 Prévention	117
	Références bibliographiques	118
5. Clostridium botulinum	1 Caractéristiques générales des bactéries	122
D. HAUSER	Position systématique et caractères principaux • Physiologie	
M. SEBALD	• Principe de la détection, du dénombrement et de l'identification	
	2 Les neurotoxines et la toxinogénèse	128
	Toxinogénèse • Structure • Génétique • Mode d'action	
	3 Symptomatologie du botulisme	131
	4 Épidémiologie	131
	5 Prévention	132
	Références bibliographiques	134
6. Clostridium perfringens	1 Caractéristiques microbiologiques	136
M. POUMEYROL	Position systématique et caractères principaux • Physiologie	
	• Principes du dénombrement et de l'identification	
	2 Toxines et toxinogénèse	141
	Principales exotoxines de <i>Clostridium perfringens</i> • Entérotoxine	
	3 Symptomatologie des toxi-infections alimentaires à <i>Clostridium perfringens</i>	144
	4 Diagnostic des toxi-infections alimentaires à <i>Clostridium perfringens</i>	145
	5 Épidémiologie des toxi-infections alimentaires à <i>Clostridium perfringens</i>	146
	Incidence • Aliments le plus souvent responsables	
	6 Prévention des toxi-infections alimentaires à <i>Clostridium perfringens</i>	147
	Références bibliographiques	149
7. Bacillus cereus	1 Caractéristiques générales de l'agent	154
E. DROMIGNY	Position systématique • Physiologie • Principes de la détection	
	2 Toxines et toxinogénèse	156
	Toxine diarrhéigène • Toxine émétisante	
	3 Symptomatologie	159
	Syndrome diarrhéique • Syndrome émétique	
	4 Épidémiologie	160
	Aliments responsables • Origine de la contamination	
	5 Prévention	162
	Références bibliographiques	164

8. *Yersinia enterocolitica*

E. DROMIGNY

1 Caractéristiques générales	166
Position systématique • Physiologie • Principe de la détection	
2 Toxines et virulence	169
Entérotoxine • Caractère invasif	
3 Symptomatologie	170
Les formes entéritiques ou entérocolitiques • Les syndromes aigus de la fosse iliaque droite ou forme pseudo-appendiculaire • Autres formes	
4 Épidémiologie	171
Les souches pathogènes • Les aliments responsables • Origine de la contamination alimentaire	
5 Prévention	172
Références bibliographiques	174

9. Les mycotoxines

C. MOREAU

1 Définitions	176
2 Détection et dosage	176
3 Principales mycotoxines	177
Aflatoxines • Patuline • Ochratoxines • Citrinine • Citréoviridine • Acide cyclopiazonique • Trichothécènes • Mycotoxines trémorgéniques • Zéaralénone • PR toxine • Fumonisines	
4 Les mycotoxines en alimentation animale	183
5 Les mycotoxines en alimentation humaine	183
Références bibliographiques	185

10. Les amines biogènes

N. RAGUENES

1 Introduction	188
2 Amines et mécanismes de formation	188
Nature des amines • Formation des amines	
3 Intoxications par les amines biogènes	195
Symptomatologie • Épidémiologie • Étiologie	
4 Réglementation	199
France • C.E.E. • Codex alimentarius	
5 Prévention	200
Poisson • Produits fermentés	
6 Dosage	201
Méthode biologique • Méthodes chimiques • Méthodes enzymatiques	
Références bibliographiques	204

PARTIE III

LES PRINCIPALES FLORES D'ALTÉRATION DES ALIMENTS

1. Les *Pseudomonas* et autres bactéries gram – d'altération

J.C. LABADIE

X. DOUSSET

M. HEBRAUD

- 1 Importance relative des différentes bactéries psychrotrophes isolées des produits alimentaires 210
Dans les viandes • Dans le lait • Dans les produits végétaux
- 2 Caractères généraux permettant de différencier les bactéries à gram négatif psychrotrophes isolées des viandes, du lait et des produits végétaux 211
- 3 Le genre *Pseudomonas* 211
Les *Pseudomonas* des viandes et produits carnés • Les *Pseudomonas* psychrotrophes du lait • Les *Pseudomonas* isolés des produits végétaux
- 4 Dénombrement sélectif des *Pseudomonas* 215
- 5 Action des enzymes protéolytiques et lipolytiques des *Pseudomonas* dans le lait et les produits laitiers 216
Les protéases bactériennes • Les lipases bactériennes
- 6 Contrôle du développement des psychrotrophes 218
Produits laitiers • Produits carnés
- Références bibliographiques 220

2. Les levures

J.M. BELIN

- 1 Caractéristiques microbiologiques 222
Position systématique et caractères principaux • Physiologie • Principes de détection, dénombrement et identification
- 2 Particularités biochimiques responsables de l'altération 230
- 3 Principe de la prévention 232
- Références bibliographiques 233

3. Les moisissures

C. MOREAU

- 1 Quelques exemples 236
- 2 Définition, position systématique 237
- 3 La vie des moisissures 237
L'envahissement d'un substrat : le mycélium • La dissémination et la survie : les spores
- 4 Conditions et développement des moisissures 241
Température • Humidité • Divers
- 5 Adaptation des moisissures 243
- 6 Particularités biochimiques 244
- 7 Détection, dénombrement et identification 245
- 8 Moyens de lutte et de prévention 246
Traitement direct des aliments • Traitements de prévention
- Références bibliographiques 248

PARTIE IV

ÉTUDE DE LA MICROFLORE DES DIFFÉRENTS ALIMENTS ET DE SES EFFETS

1. Eaux de consommation

H. LECLERC

1 Microorganismes pathogènes et épidémiologie	253
Morbidity-Mortality • Maladies et agents responsables	
2 Les bactéries indicatrices	259
Les coliformes • Les streptocoques du groupe D	
3 Les microorganismes autochtones	262
Eaux rouges et bactéries ferrugineuses • Corrosions biologiques et bactéries sulfato-réductrices	
4 Survie et croissance en milieu hydrique	264
Adhésion • Carence et stress • Conséquences de phénomènes d'adhésion et de carence	
Références bibliographiques	269

2. Laits et produits laitiers non fermentés

J.P. LARPENT

1 Caractéristiques du lait	272
Composition • Inhibition spécifique • Inhibition non spécifique	
2 Microflore du lait	274
Bactéries • Les levures et les moisissures	
3 Modifications du lait après récolte	288
4 Destruction des microorganismes	289
5 Microbiologie des produits laitiers non ou peu fermentés	291
Beurres • Poudres de lait • Laits concentrés • Glaces et desserts glacés	
6 Accidents de fabrication d'origine microbienne	292
Surissement et acidification avec coagulation • Protéolyse et lipolyse • Le filage • Autres accidents	
Références bibliographiques	294

3. L'œuf et les ovoproduits

J.L. THAPON

1 Les défenses naturelles de l'œuf	296
Les défenses physiques • Les défenses chimiques	
2 Contamination de l'œuf avant la ponte	300
3 Contamination et altération de l'œuf après la ponte	301
Niveau de contamination • Les œufs contaminés ; les œufs pourris	
4 Microbiologie des ovoproduits	304
Origine de la contamination des ovoproduits • Assainissement des ovoproduits	
5 Conservation des ovoproduits	307
Congélation • Concentration • Déshydratation	
6 Les toxi-infections alimentaires dues aux œufs et aux ovoproduits	309
Conclusion	309
Références bibliographiques	311

4. Viandes de volailles

C. LAHELLEC

G. SALVAT

P. COLIN

1 Caractéristiques importantes de l'aliment pour le développement des microorganismes 314

Les carcasses entières • Les produits transformés

2 Flore caractéristique 315

Les différents microorganismes rencontrés • Variations quantitatives • Origine des bactéries retrouvées

3 Développement de la microflore dans les conditions normales de stockage, de transport et de transformation 321**4 Les modes d'altération du produit et leurs conséquences technologiques, organoleptiques et commerciales** 323**5 Les risques sanitaires spécifiques du produit** 324**6 Les moyens de lutte contre les problèmes d'altération et les risques sanitaires** 325

L'assurance de la qualité : la méthode HACCP • Quelques méthodes de décontamination des viandes de volailles

Conclusion 326**Références bibliographiques** 327**5. Autres viandes et produits carnés**

R. ROSSET

1 La viande ; transformation du muscle en viande 332

Évolution physique • Évolution biochimique aseptique • Évolution microbiologique

2 La microflore de la viande 336

Contamination initiale • Multiplication de la microflore initiale : ses facteurs • Conséquences de la multiplication microbienne : l'altération de la viande • Risques sanitaires spécifiques - Les viandes, sources de germes pathogènes et d'intoxications

Références bibliographiques 346**6. Poissons et autres produits de la mer**

B. ABGRALL

1 La microflore caractéristique des produits de la mer frais 348

Aspects quantitatifs • Aspects qualificatifs • Facteurs influençant la flore

2 L'altération des produits de la mer 351

Mécanismes de l'altération • Durée de conservation des produits de la mer

3 Influence des traitements 356

Traitement et stockage à bord • Traitement après débarquement

4 Les risques sanitaires des produits de la mer 358**Conclusion** 359**Références bibliographiques** 360**7. Les fruits**

P. BONDOUX

1 Caractéristiques des fruits charnus 364

Types de fruits charnus • Évolution des fruits

2 Types d'altérations 369**3 Microflore fongique et conservation des fruits** 369

Origine de la microflore • Évolution en conservation • Les parasites dans l'environnement de la conservation • Les principaux champignons responsables d'altérations

4 Conclusions – Moyens de lutte _____ 374

Mesures prophylactiques • Traitements préventifs • Traitements curatifs

Références bibliographiques _____ 377

8. Les légumes

Y. TIRILLY

D. THOUVENOT

1 Facteurs physiologiques _____ 380

Composition des légumes et pH • Respiration - transpiration • Facteurs de résistance

2 Microflore d'altération des légumes _____ 382

Champignons • Bactéries

3 Flore pathogène de l'homme et métabolites toxiques _____ 385

4 Conservation des légumes _____ 387

Les prétraitements • Utilisation du froid en conservation • Atmosphères contrôlées ou modifiées

Conclusion _____ 389

Références bibliographiques _____ 390

9. Céréales et produits dérivés

B. CAHAGNIER

1 Les grains et graines _____ 392

2 Aspects généraux de la microbiologie céréalière _____ 393

3 Les microorganismes des grains et dérivés _____ 394

Bactéries • Micromycètes (levures et moisissures) • Devenir de la microflore présente sur les grains et graines

4 Croissance microbienne et hydratation _____ 400

Incidence de l'humidité sur les développements microbiens • Conséquences du développement des moisissures • Causes directes d'altération par les micromycètes

5 Méthode d'appréciation de la mycoflore céréalière _____ 408

Méthodes directes • Méthodes classiques de dénombrement par dilutions-ensemencements • Méthodes d'évaluation de la biomasse fongique par le dosage d'un constituant spécifique : l'ergostérol

6 Problème de normalisation de la qualité microbiologique _____ 411

Conclusion _____ 413

Références bibliographiques _____ 414

× 10. Les boissons rafraîchissantes non fermentées

C.M. BOURGEOIS

1 Introduction _____ 416

2 Les produits _____ 416

3 La microflore des boissons rafraîchissantes non fermentées _____ 418

Les agents typiques d'altération • Les agents d'altération potentiels • Les microorganismes sans effet d'altération

4 Les altérations _____ 420

Modifications de l'aspect • Augmentation de la pression dans les récipients (giclage, bombage ou éclatement du contenant) • Modifications de l'odeur et du goût

5 Le contrôle microbiologique des boissons rafraîchissantes _____ 421

6 La prévention des altérations	422
Réduction de la contamination • Blocage de la multiplication des microorganismes présents	
Conclusion	424
Références bibliographiques	425

PARTIE V

LA PRÉVENTION DES CONTAMINATIONS

1. La maîtrise de l'hygiène dans l'industrie alimentaire

J.Y. LEVEAU

J.F. MESCLE

1 Les phénomènes de contamination	430
2 Sensibilité à la biocontamination et niveaux de risque	432
3 Niveaux d'hygiène et niveaux de risque	435
Conclusion	439
Références bibliographiques	440

2. La désinfection

P. GUYADER

A. AMGAR

M. COIGNARD

1 Introduction	442
2 Les objectifs de la désinfection	443
3 Quelle désinfection choisir ?	435
La désinfection thermique • La désinfection chimique • La désinfection par procédé physique non thermique	
4 La mise en œuvre de la désinfection	446
La désinfection thermique par vapeur d'eau • La désinfection chimique	
5 La vérification et la validation de l'efficacité des opérations de désinfection	451
Les méthodes de routine • Les méthodes de validation	
6 Les limites de la désinfection	455
La conception des équipements • Le biofilm	
7 Conclusion	457
Références bibliographiques	459

3. La filtration de l'air pour la maîtrise de la qualité dans les IAA

J.M. VANHÉE

1 Le rôle de la filtration de l'air	462
2 Les mécanismes de la filtration de l'air : comprendre le fonctionnement des filtres à air	464
Les lois physiques de la filtration d'air • Minimum d'efficacité des filtres à air • Bases de conception des filtres à air	
3 Efficacité des filtres à air : des normes pour parler un langage commun	468
Normalisation européenne CEN • Autres dénominations courantes	
4 Le vrai visage des filtres à air de ventilation générale	473

4. Maîtrise de la contamination microbienne aéroportée des aliments J.Y. MALEGEANT J.F. MESCLE	5 Composition d'une chaîne de filtration optimisée en industrie alimentaire 474
	Schéma général • Premier étage de filtration • Deuxième étage de filtration • Troisième étage de filtration • Filtration de l'air extrait Références bibliographique 476
	1 Introduction 482
	2 Modalités de la contamination 483
	3 Nature et importance de la contamination par l'air ambiant 484
	Les classes d'empoussièrement • Aspects quantitatifs • Aspects qualitatifs
	4 Conception de l'aéraulique d'une salle microbiologiquement maîtrisée (S.M.M.) 486
	Sectorisation des ateliers en fonction des niveaux de danger • Paramètres aérauliques d'une SMM • Suivi centralisé des paramètres aérauliques d'une SMM
	Conclusion 493
	Références bibliographiques 494
5. Le HACCP = un outil pour l'assurance de la sécurité des aliments J.L. JOUVE	1 Logique fondamentale - principes 496
	2 Mise en œuvre 498
	Réunir une équipe pluridisciplinaire • Décrire le produit • Identifier l'utilisation attendue • Construire un diagramme de fabrication - Décrire les conditions de fabrication • Confirmer sur site le diagramme de fabrication • Identifier les dangers et évaluer le risque • Déterminer les points critiques pour la maîtrise (CCP) • Établir des limites critiques à chaque CCP • Établir un système de surveillance • Établir un plan d'actions correctives • Établir des procédures pour la vérification • Établir la documentation
	3 Application pratique 507
	Références bibliographiques 509

PARTIE VI

L'ÉLIMINATION DES MICROORGANISMES

1. Pasteurisation et stérilisation thermique O. CERF X. DOUSSET J. BROSSARD	1 Effets de la chaleur sur les microorganismes 515
	Facteurs influant sur la thermorésistance • Cinétique de destruction des formes viables • Modes de pénétration de la chaleur et calcul des barèmes de stérilisation
	2 Traitements technologiques 530
	Définitions • Les critères de choix des traitements thermiques • Les traitements et leurs applications pour les conserves • Les traitements de pasteurisation et leurs applications aux plats cuisinés
	3 Accidents et prévention 537
	Les altérations des produits stérilisés • La prévention des accidents • Contrôle des lots par échantillonnage
	Références bibliographiques 542

2. La filtration stérilisante

V. GIN

J.Y. LEVEAU

1 Introduction historique - définition	544
2 Conception des cartouches de filtration stérilisante	545

Fabrication des membranes (exemple des membranes en Nylon 66) • Construction de la cartouche de filtration stérilisante (exemple des cartouches Ultipor N66 de PALL) • Cas des gaz (exemple des cartouches Emflon II de PALL)

3 Validation des filtres stérilisants	552
---------------------------------------	-----

Validation et challenges bactériens • Contrôle d'intégrité • Qualité et labels de fabrication

4 Productions utilisant la filtration stérilisante	557
--	-----

Filtration stabilisante du vin • Filtration stérilisante d'eau • Filtration stérilisante des gaz et de l'air comprimé

Conclusion	561
------------	-----

Références bibliographiques	562
-----------------------------	-----

3. Traitements ionisants

F. LE STER

L. VENAILLE

1 Techniques utilisées	565
------------------------	-----

Définition et unités de mesure • Les radiations ionisantes • Les installations d'ionisation • La dosimétrie

2 Mode d'action des rayonnements ionisants	570
--	-----

Principe • Formation des produits de radiolyse • Conséquence de l'action des rayonnements ionisants

3 Effets des rayonnements ionisants sur les microorganismes	573
---	-----

Conséquence biologique • Radiorésistance des microorganismes • Facteurs influençant la radiorésistance du microorganisme • Effet sur les flores pathogènes et d'altération

4 Application de l'ionisation aux produits alimentaires	583
---	-----

Application aux produits d'origine animale • Application aux produits d'origine végétale • Développements industriels

5 La législation	586
------------------	-----

Références bibliographiques	587
-----------------------------	-----

PARTIE VII

LA STABILISATION DES ALIMENTS PAR INHIBITION DE LA CROISSANCE DE LA MICROFLORE

1. Réfrigération et congélation

R. ROSSET

1 La réfrigération	596
--------------------	-----

Incidences microbiologiques du stockage de la viande réfrigérée • Influence des paramètres de la réfrigération (température, vitesse) sur le développement des microorganismes • Techniques de réfrigération (cas de bovins) • Viandes conditionnées sous vide et sous atmosphère contrôlée • Conclusion

2 La congélation	608
------------------	-----

Généralités • Action du processus de congélation • Action du stockage en congélation • Sensibilité des microorganismes à la congélation • La décongélation • Conclusion

Références bibliographiques	618
-----------------------------	-----

2. La conservation sous vide et sous atmosphère modifiée

C.M. BOURGEOIS

1 Les échanges gazeux entre les produits alimentaires emballés et leur environnement 625

Évolution des concentrations gazeuses au contact du produit mis sous vide • Conservation sous atmosphère modifiée par réinjection de gaz et sous atmosphère contrôlée

2 Distinction des effets de la faible pression partielle d'O₂ et de la forte pression partielle de CO₂ 627

3 Les effets des faibles pressions partielles d'oxygène 628

4 Facteurs de l'inhibition par le CO₂ 630

Effet de la pression et de la concentration • Incidence de la température • Mode d'action du CO₂

5 L'effet du CO₂ sur les populations microbiennes 635

L'effet du CO₂ sur les espèces responsables des altérations • Le comportement des microorganismes responsables des toxoinfections et intoxications • Modification des effets de la microflore

6 Les applications de la conservation sous vide et sous atmosphère modifiée 636

Conclusion 637

Références bibliographiques 638

3. Conservateurs chimiques

C.M. BOURGEOIS

1 Introduction 642

Définition et délimitation du sujet • Les buts de la conservation chimique

2 Les agents conservateurs minéraux 643

Les chlorures • Les nitrates et nitrites de sodium et de potassium • L'anhydride sulfureux et les sulfites • L'anhydride carbonique • Le peroxyde d'hydrogène ou eau oxygénée

3 Les agents conservateurs organiques 646

Les acides gras saturés, sels de sodium, potassium, calcium • L'acide sorbique et les sorbates de calcium, sodium et potassium • L'acide benzoïque et ses dérivés • Les autres acides organiques • Les alcools • Les antioxydants phénoliques • Les antibiotiques • Les enzymes • Les autres inhibiteurs d'origine végétale ou animale

4 La conservation chimique 652

Le choix d'un conservateur efficace adapté au problème posé • L'exploitation des effets de synergie entre agents inhibiteurs physicochimiques

5 Conclusion : la prise en compte des intérêts et des souhaits des consommateurs 654

Références bibliographiques 656

INDEX

659