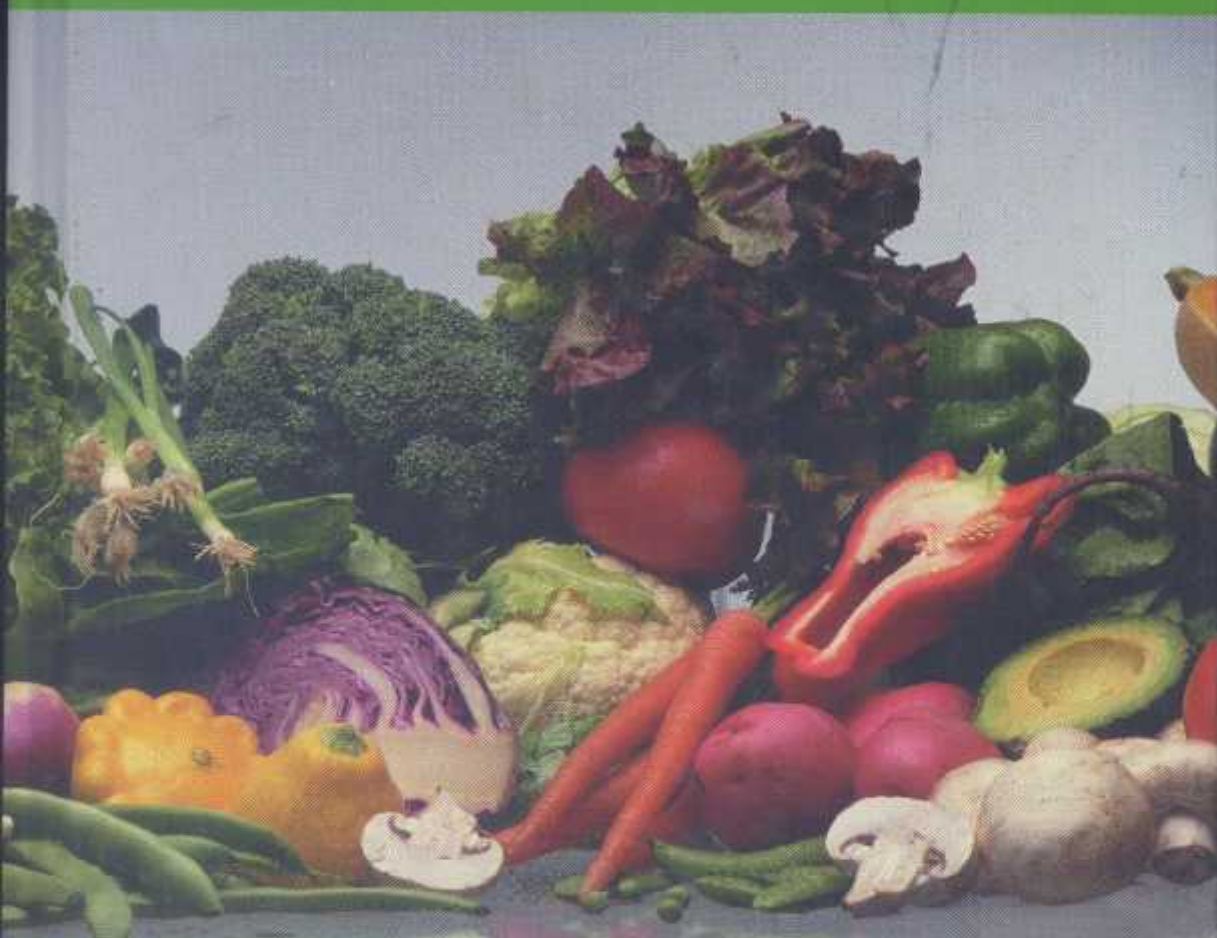


Yves Tirilly • Claude Marcel Bourgeois

coordonnateurs



Technologie des légumes



COLLECTION
SCIENCES & TECHNIQUES
AGROALIMENTAIRES

Editions
TEC
& **DOC**

Ces dernières années ont été marquées par une véritable explosion du nombre de nouveaux produits dérivés des légumes. *Technologie des légumes* vient combler le vide documentaire dont souffraient jusqu'ici les professionnels du secteur.

Après un rappel des aspects botaniques, agronomiques et génétiques, cet ouvrage aborde l'évolution des légumes après récolte. Cette question, essentielle pour maîtriser la conservation, est développée en étudiant successivement les bases scientifiques de cette évolution, les méthodes de conservation, les problèmes rencontrés.

Les différentes voies de transformation sont ensuite passées en revue, des plus classiques aux plus novatrices (4^e et 5^e gammes, fermentation, extraction de fibres...).

Enfin sont considérés les aspects microbiologiques, toxicologiques et nutritionnels de la qualité des légumes. L'ensemble est parachevé par une étude économique détaillée de l'activité légumière.

Ingénieurs et techniciens des industries agroalimentaires impliquées dans la conservation ou la transformation des légumes trouveront dans cette synthèse unique l'essentiel des connaissances nécessaires à leur pratique quotidienne.

Yves Tirilly est professeur de microbiologie à l'université de Bretagne occidentale et directeur adjoint de l'École supérieure de microbiologie et sécurité alimentaire de Brest.

Claude Marcel Bourgeois est professeur émérite de microbiologie à l'université de Bretagne occidentale.

2-7430-0299-9



9782743002992

COLLECTION
SCIENCES & TECHNIQUES
AGROALIMENTAIRES



BL392

Président du Directoire : J.-L. MULTON

35622

②

TECHNOLOGIE DES LÉGUMES



Yves Tirilly
Claude Marcel Bourgeois

Coordonnateurs

LONDRES

Editions
TEC
& **DOC**

NEW YORK

PARIS

11, rue Lavoisier
F. 75384 Paris cedex 08

Table des matières

Première partie Description, production et amélioration génétique des légumes

Chapitre 1

Classification et caractéristiques physiologiques majeures des légumes (Daniel Côme et Françoise Corbineau)	3
Introduction	3
1. Nature des produits en cause	3
2. Grandes catégories de légumes	5
2.1. Fruits charnus	6
2.2. Organes feuillés et organes assimilés	6
2.3. Organes souterrains	6
2.4. Semences	7
3. Caractéristiques physiologiques	7
3.1. Sénescence	7
3.1.1. Déficit hydrique	7
3.1.2. Altération du fonctionnement cellulaire	8
3.1.3. Dérégulations métaboliques	9
3.1.4. Intervention de l'éthylène	9
3.2. Maturation des fruits charnus	9
3.2.1. Évolution des principaux constituants	9
3.2.2. Lien avec la respiration	10
3.2.3. Rôle de l'éthylène	11
3.3. Croissance et germination	12
3.3.1. Cas des bourgeons	12
3.3.2. Cas des semences	12
Conclusion	12
Références bibliographiques	14

Chapitre 2

Incidences diverses des pratiques culturales*(Jean-Pierre Thicoïpé)*

15

Introduction	15
1. Incidence sur le rendement	15
1.1. Une culture semée : l'oignon	15
1.2. Un légume-fruit : la tomate	17
2. Les outils d'étalement de la production	17
3. Produire de la qualité	20
3.1. Au niveau de la présentation	20
3.2. Au niveau de la qualité nutritionnelle et gustative	21
4. La récolte	23
5. Le maintien de la qualité	24
Conclusion	24
Références bibliographiques	25

Chapitre 3

Génétique et création de nouvelles variétés de légumes*(Michel Branchard et Michel Pitrat)*

27

Introduction	27
1. Objectifs de sélection	27
1.1. Qualité	28
1.2. Résistances aux maladies et ravageurs	28
1.3. Adaptation aux conditions de production, distribution, consommation	29
1.4. Diversification	30
2. Les méthodes de sélection et la création variétale	30
2.1. Différentes structures variétales	31
2.2. Un cycle de sélection	32
2.3. Les ressources génétiques	32
2.4. Exemples de schéma de sélection	33
2.4.1. Sélection généalogique	33
2.4.2. Rétrocroisement	35
2.4.3. Sélection récurrente	35
2.5. Le contrôle de l'hétérozygotie pour la production de variétés hybrides	35
2.5.1. Castration manuelle	35
2.5.2. Stérilité mâle génique et géno-cytoplasmique	35
2.5.3. Allogamie préférentielle	36
2.5.4. Autoincompatibilité	36
2.5.5. Monoécie, gynocécie et dioécie	36
3. Applications de méthodes de biologie cellulaire et moléculaire	36
3.1. Multiplication végétative <i>in vitro</i>	36
3.2. Culture de méristèmes	37

3.3. Sélection <i>in vitro</i>	37
3.4. Fusion de protoplastes	37
3.5. Culture <i>in vitro</i> d'embryons immatures isolés et autres méthodes pour croisements interspécifiques	38
3.6. Haplo-diploïdisation	38
3.7. Transgénèse	39
3.8. Marqueurs génétiques et sélection assistée par marqueurs	41
4. La « filière semence »	41
4.1. Création variétale	41
4.2. Inscription au catalogue	42
4.3. Multiplication des semences	42
4.4. Contrôles variétaux	42
4.5. Expérimentation variétale	42
5. Perspectives	43
Quelques ouvrages ou documents de référence en langue française	44

Chapitre 4

La carotte (François Villeneuve)	45
---	----

Introduction	45
1. Morphologie et développement de la plante	48
1.1. Les premières phases de développement	48
1.2. Morphologie de la racine au moment de la récolte	49
1.3. La vernalisation des racines	50
1.4. Montaison, floraison et biologie florale	50
2. Évolution de la composition biochimique	51
2.1. Composition de la racine en sucres solubles	51
2.2. Évolution de la teneur en caroténoïdes	52
2.3. Évolution de la teneur en fibres totales	52
2.4. La teneur en nitrates	53
3. Quelques facteurs pouvant influencer la qualité	54
3.1. Effet de la variété sur l'évolution biochimique	54
3.2. Effet de la conservation au froid sur l'évolution biochimique	54
3.3. Effet de l'année sur les évolutions biochimiques	58
4. La culture de la carotte	58
4.1. Pratiques culturales	58
4.2. Choisir sa variété de carotte	59
Références bibliographiques	62

Chapitre 5

La pomme de terre (Daniel Ellissèche)	65
--	----

Introduction	65
1. Rappels historiques	66

1.1. Origines de la pomme de terre	66
1.2. Évolution en Europe jusqu'au début du xx ^e siècle	66
2. Éléments de botanique	67
2.1. La plante : appareil aérien	67
2.2. La plante : appareil souterrain	68
3. Physiologie de la croissance et du développement	69
3.1. Cycle végétatif	69
3.2. Évolution du tubercule ; conséquences alimentaires et agronomiques	70
3.2.1. Repos végétatif et dormance	70
3.2.2. Respiration, transpiration	72
3.2.3. Germination	72
3.2.4. Âge physiologique du tubercule	72
3.3. Tubérisation	75
3.3.1. Rôles du feuillage et du tubercule mère dans l'induction de la tubérisation	75
3.3.2. Relations entre induction de la tubérisation et croissance axiale des plantes	76
3.4. Élaboration du rendement	77
4. Types de cultures et modes d'utilisation en France	78
4.1. Plants de pomme de terre	78
4.2. Pommes de terre de consommation (Crosnier, 1996)	80
4.2.1. Pommes de terre de primeur	80
4.2.2. Pommes de terre de conservation	81
4.3. Pommes de terre féculières	81
5. Amélioration génétique de la pomme de terre	82
5.1. Objectifs et méthodes	82
5.1.1. Ressources génétiques	82
5.1.2. Objectifs de la création variétale	83
5.1.3. Méthodes	84
5.2. Panorama variétal	87
6. Conclusion : parts respectives de la génétique et de l'environnement dans l'amélioration de la qualité	88
6.1. Part de la génétique	88
6.2. Part de l'environnement	88
Références bibliographiques	90

Chapitre 6

Légumes tiges et feuilles (Jean Le Bohec)

93

Introduction

93

1. Le poireau - *Allium porrum* (Liliacée)

93

1.1. Morphologie

93

1.2. Composition

95

1.3. Caractères physiologiques particuliers

96

1.4. Critères recherchés par la transformation et conséquences culturelles

98

2. Chou à choucroute - *Brassica oleracea capitata* (Crucifères)

99

2.1. Morphologie	99
2.2. Composition du produit frais	100
2.3. Caractères physiologiques particuliers	100
3. Chou de Bruxelles - <i>Brassica oleracea</i> var. <i>bullata gemmiferu</i> (Crucifères)	100
3.1. Morphologie	100
3.2. Composition du produit frais	101
3.3. Caractères physiologiques particuliers	101
4. Chicorées - <i>Cichorium intybus</i> , <i>Cichorium endiva</i> (Astéracées composées)	102
4.1. Morphologie	102
4.2. Composition du produit frais	102
4.3. Caractères physiologiques particuliers	103
5. Mâche - <i>Valerianella olitor</i> (Valerianacées)	104
5.1. Morphologie	104
5.2. Composition du produit frais	104
5.3. Caractères physiologiques particuliers	104
6. Épinard - <i>Spinacia oleracea</i> (Chénopodiacées)	105
6.1. Morphologie	105
6.2. Composition du produit frais	105
6.3. Caractères physiologiques particuliers	106
7. Céleri-branches ou céleri à côtes - <i>Apium graveolens</i> (Ombellifères)	106
7.1. Morphologie	106
7.2. Composition du produit frais	106
7.3. Caractères physiologiques particuliers	107
8. Fenouil - <i>Foeniculum dulce</i> D.C., <i>Foeniculum vulgare</i> P. Mill	107
8.1. Morphologie	107
8.2. Composition du produit frais	107
8.3. Caractères physiologiques particuliers	107
9. Bette à cardo ou Poirée - <i>Beta vulgaris</i> (Chénopodiacées)	108
9.1. Morphologie	108
9.2. Composition du produit frais	108
9.3. Caractères physiologiques particuliers	108
Références bibliographiques	109

Chapitre 7

La tomate et son amélioration génétique

(Jacqueline Philouze)	111
Introduction	111
1. Présentation de la tomate	112
1.1. Origine	112
1.2. La plante	113
1.2.1. Quelques généralités	113
1.2.2. La croissance	113
1.2.3. La biologie florale	113
1.3. Quelques particularités	114
1.3.1. La richesse en caractères à déterminisme monogénique	114

1.3.2. La faible variabilité à l'intérieur de l'espèce <i>L. esculentum</i>	116
1.3.3. Les espèces sauvages comme ressources génétiques	116
2. Variétés fixées et hybrides F1	116
2.1. Des cultivars variétés fixées aux cultivars hybrides F1	116
2.2. Cultivars hybrides F1	117
2.2.1. Leur intérêt	117
2.2.2. La production de semences hybrides	119
2.2.3. La stérilité mâle	119
3. Les méthodes de sélection	121
4. Les objectifs de sélection	122
4.1. Adaptation de l'appareil végétatif à divers modes de culture	122
4.2. Résistance aux stress abiotiques	124
4.3. Résistance aux maladies et parasites	124
4.4. Amélioration de la qualité des fruits	125
Références bibliographiques	130

Chapitre 8

Le haricot vert – *Phaseolus vulgaris*

(Brigitte Hopquin) _____ 131

1. Historique	131
2. Importance économique	132
3. Composition du haricot vert	133
4. Caractères d'adaptation du haricot vert à la transformation	134
4.1. Évolution de la finesse	134
4.2. Longueur, couleur et forme de la gousse	135
4.3. Groupement de maturité et évolution de la maturation	135
4.4. Productivité	136
4.5. Port de plante et répartition des gousses	136
4.6. Précocité	137
4.7. Aptitude à la récolte mécanique	137
5. Contraintes liées à la transformation	137
5.1. Les causes de refus de parcelles	137
5.1.1. Présence de fil	137
5.1.2. Présence de gousses tachées	138
5.1.3. Présence de gousses déformées ou endommagées	138
5.1.4. Présence de corps étrangers	139
5.1.5. Stade de maturité dépassé	139
5.2. Autres contraintes : limites maximales de résidus de pesticides	139
Références bibliographiques	141

Chapitre 9

Le pois de conserve – *Pisum sativum*

(Brigitte Hopquin)	143
1. Historique	143
2. Importance économique	143
3. Composition nutritionnelle du petit pois	145
4. Caractères d'adaptation du petit pois à la transformation	145
4.1. Le type de grain et sa couleur	146
4.2. La finesse du grain	146
4.3. La précocité	147
4.4. La productivité	147
4.5. Le port de plante	148
4.6. Le caractère afile	148
4.7. L'aptitude au battage	148
4.8. Le groupement de maturité et l'évolution de la maturation	149
5. Contraintes liées à la transformation	149
5.1. Les causes de refus de parcelles	149
5.2. Autres contraintes : limites maximales de résidus de pesticides	151
Références bibliographiques	152

Chapitre 10

L'amélioration du pois

(Roger Cousin)	153
Introduction	153
1. Ressources génétiques et différents types de pois	154
1.1. Pois fourrager	154
1.2. Pois maraîcher	154
1.3. Pois mangetout	155
1.4. Pois mangetout charnu	155
1.5. Pois de casserie	155
1.6. Pois de conserve	155
1.7. Pois protéagineux	155
2. Biologie florale et techniques de sélection	157
3. Productivité	157
4. Biomasse et production de graines	160
5. Aptitude génétique pour la fixation de l'azote	162
6. Amélioration pour les résistances aux stress abiotiques et biotiques	164
6.1. Résistance au froid	164
6.2. Résistances aux maladies	166
6.2.1. Anthracnose	166
6.2.2. Oïdium	167
6.2.3. Mildiou	167
6.2.4. Fusariose	167

6.2.5. Mosaïque commune	168
6.2.6. Mosaïque Enation	168
6.2.7. Pea seed borne mosaic	169
6.2.8. Jaunisse apicale	169
6.2.9. Brunissement précoce	169
6.2.10. Maladie bactérienne	169
6.2.11. Analyse par marqueurs moléculaires	170
6.2.12. Transformation	171
7. Qualité	171
7.1. Pois de conserve	171
7.2. Pois protéagineux	176
7.2.1. Protéines	177
7.2.2. Sucres solubles	178
7.2.3. Facteurs antitrypsiques	180
Conclusion	181
Références bibliographiques	183

Chapitre II

Chou-fleur et brocoli

(*Véronique Ruffio-Châble et Yves Hervé*) 187

1. Situation génétique et origine du chou-fleur et du brocoli	187
1.1. Diversité au sein de l'espèce chou	187
1.2. Origine du chou-fleur et du brocoli	188
1.3. Analogies et différences entre le chou-fleur et le brocoli	188
1.3.1. Analogies	188
1.3.2. Différences	188
2. Importance économique	189
2.1. Chou-fleur	189
2.2. Brocoli	190
3. Éléments de physiologie et conséquences pratiques	191
3.1. Initiation florale et conséquences pratiques pour la culture	191
3.2. Croissance de l'inflorescence et conséquences pratiques pour la récolte et la qualité	192
4. Utilisations et qualité	193
4.1. Valeur alimentaire	193
4.2. Présentation	193
4.3. Aptitude à la conservation	194
5. Objectifs de sélection	195
5.1. Améliorer le produit pour le consommateur	195
5.1.1. Couleur	195
5.1.2. Grain, forme et densité	196
5.1.3. Calibre	196
5.1.4. Absence d'anomalies	196
5.2. Satisfaire les besoins du producteur	197
5.2.1. Rendement, résistance aux maladies et rusticité	197

5.2.2. Homogénéité et facilité de récolte	198
5.3. Répondre aux contraintes de la commercialisation et de la transformation	198
5.3.1. Gamme variétale et commercialisation en frais	198
5.3.2. Aptitude à la conservation et au transport	198
5.3.3. Aptitude à la transformation	199
6. Méthodes de sélection	199
6.1. Ressources génétiques	199
6.2. Caractéristiques biologiques et agronomiques conditionnant la sélection et la production de semences	200
6.3. Création de variétés hybrides F1	200
6.3.1. Obtention de lignées stables	200
6.3.2. Sélection des hybrides	201
6.3.3. Maîtrise de la production de semences	202
Conclusion	204
Références bibliographiques	205

Deuxième partie

Évolution des légumes après récolte et conservation

Chapitre 12

Bases de la physiologie des légumes après récolte

(Daniel Côme et Françoise Corbineau) 209

Introduction	209
1. Aspects structuraux	209
1.1. La cellule végétale	210
1.2. Les membranes cellulaires	211
1.3. L'atmosphère interne	211
2. Aspects hydriques	212
3. Aspects métaboliques	213
3.1. La respiration	213
3.2. La biosynthèse de l'éthylène	214
3.3. L'oxydation des composés phénoliques	217
4. Facteurs de la survie après récolte	217
4.1. La température	218
4.1.1. Effets élémentaires du froid	219
4.1.2. Conséquences pour la survie des organes	220
4.2. La composition de l'atmosphère	221
4.2.1. Influence de la raréfaction de l'oxygène	221
4.2.2. Influence d'un enrichissement en CO ₂	222
4.3. L'humidité de l'atmosphère	223
Conclusion	223
Références bibliographiques	224

Chapitre 13

Le brunissement enzymatique*(Jean Billot)*

225

Introduction	225
1. Généralités sur le brunissement	225
1.1. Le brunissement des organes végétaux	225
1.1.1. Brunissement superficiel	225
1.1.2. Brunissement interne	226
1.2. Brunissement et traitements technologiques	226
1.3. Décompartmentation cellulaire et oxydation enzymatique	226
1.3.1. Décompartmentation cellulaire	226
1.3.2. Oxydation enzymatique	227
2. Mécanisme du brunissement	227
2.1. Les enzymes d'oxydation	227
2.1.1. Généralités	227
2.1.2. Nomenclature	227
2.1.3. Propriétés	229
2.2. La réaction de brunissement	229
2.2.1. Composés phénoliques et oxydation	229
2.2.2. Première étape : formation de quinones	230
2.2.3. Réactions à partir des quinones	230
2.2.4. Autres oxydations	231
3. Relations entre brunissements, PPO et substrats phénoliques	232
3.1. Les composés phénoliques, substrats naturels des PPO	232
3.1.1. Structures orthodiphénoliques	232
3.1.2. Exemples de composition phénolique de légumes	233
3.2. Mesure du brunissement	233
3.2.1. Mesure sur les extraits	233
3.2.2. Mesure sur le matériel solide	236
3.3. Recherches de corrélations	236
3.3.1. Les facteurs du brunissement enzymatique	236
3.3.2. Corrélations du brunissement avec l'activité PPO et les teneurs en phénols	237
3.3.3. Complexité du problème	237
4. Contrôle du brunissement	238
4.1. Inhibition des polyphénoloxydases	238
4.2. Réduction et piégeage des quinones	239
4.3. Action au niveau des substrats	240
4.3.1. Substrats phénoliques	240
4.3.2. Limitation de la disponibilité en oxygène ; utilisation d'atmosphères modifiées	240
4.4. Autres aspects de la lutte contre les brunissements	240
4.4.1. Effets des caroténoïdes	240
4.4.2. Traumatismes tissulaires et cellulaires	241
4.5. Amélioration génétique	241
Références bibliographiques	242

Chapitre 14

**Incidence des problèmes pathologiques sur la qualité
des légumes à la consommation (Francis Rouxel et Bernard Jouan) 247**

Introduction	247
1. Incidence des altérations d'origine parasitaire à la récolte	248
1.1. Sur légumes-feuilles et fruits	248
1.2. Sur légumes-racines	249
1.3. Sur légumes-tubercules	250
2. Incidence des altérations d'origine parasitaire sur légumes conservés ou transformés	252
2.1. Sur légumes-feuilles	252
2.2. Sur légumes-racines	253
2.3. Sur légumes-tubercules	254
Conclusion	256
Références bibliographiques	258

Chapitre 15

**La chaîne du froid : prérefrigération, stockage,
transport et distribution des légumes (François Billiard) 259**

Introduction	259
1. Généralités sur la réfrigération	260
1.1. Définitions	260
1.2. Vitesse de refroidissement	261
1.3. Notion d'humidité	261
1.4. Pertes d'eau - Déficit de pression de vapeur	262
2. Production du froid	262
2.1. Détermination des besoins	262
2.1.1. Bilan thermique en réfrigération	263
2.1.2. Bilan thermique en conservation	265
2.2. Les composants du système frigorifique	266
2.2.1. Le compresseur	266
2.2.2. L'évaporateur	266
2.2.3. Le condenseur	267
2.3. Détente directe ou refroidissement indirect	268
2.3.1. Avantages du refroidissement indirect	269
2.3.2. Inconvénients du refroidissement indirect	269
2.4. Les frigorigènes	270
2.4.1. Installations neuves	270
2.4.2. Installations en service	270
3. Techniques de prérefrigération	271
3.1. Réfrigération par air forcé	271
3.2. Technique du froid humide	271
3.3. Brumisation	273

3.4. Réfrigération par eau glacée	273
3.5. Refroidissement par le vide	274
3.6. Glaçage	274
4. Conservation	275
5. Transport frigorifique	275
5.1. Transport routier	275
5.2. Les équipements	275
5.2.1. Caisse isotherme	276
5.2.2. Groupe frigorifique	277
5.3. Les bonnes pratiques en transport frigorifique	277
5.3.1. Avant le chargement	278
5.3.2. Pendant le chargement	278
5.3.3. Pendant le parcours	278
5.3.4. Au déchargement	278
6. Distribution	279
6.1. Les meubles de vente	280
6.2. L'exploitation des meubles de vente	280
Conclusion	281
Nomenclature	282
Références bibliographiques	282

Chapitre 16

Incidence physiologique de la conservation au froid (chilling injury) (Claude Willemot) 283

Introduction	283
1. Définition	284
2. Importance	284
3. Symptômes généraux et spécifiques	286
4. Base moléculaire de la maladie physiologique du froid	288
5. Prévention	290
5.1. Importance de la prévention	290
5.2. Modulation de la température d'entreposage	291
5.2.1. Conditionnement au froid	291
5.2.2. Fluctuation de la température	291
5.2.3. Conditionnement à la chaleur	291
5.3. Contrôle de l'humidité	292
5.4. Conservation sous atmosphère modifiée	292
5.5. Emballage et enrobage	292
5.6. Autres moyens de prévention	293
5.6.1. Traitement au calcium	293
5.6.2. Traitements aux antioxydants	293
5.6.3. Pression réduite	293
5.6.4. Amélioration génétique	294
Conclusion	294
Références bibliographiques	295

Chapitre 17

Conservation et conditionnement des légumes sous gaz*(Michel Baccaudaud)*

297

Introduction	297
1. Tolérances relatives des légumes à l'oxygène et au dioxyde de carbone	298
2. Effets bénéfiques ou préjudiciables de la modification de l'atmosphère	299
2.1. Incidence du type d'organe et rôle de l'éthylène	299
2.2. Exemples d'effets bénéfiques de la modification de l'atmosphère	300
2.3. Effets de la modification de l'atmosphère sur la physiologie et l'état sanitaire	302
3. Effet d'un conditionnement sous films de polymères	302
3.1. Rôles des films de polymères	302
3.2. Exemples d'application des films plastiques	303
4. Création et maintien des atmosphères	304
4.1. Modification passive de l'atmosphère	304
4.1.1. Activités respiratoires des produits	306
4.1.2. Obtention des mélanges gazeux dans l'emballage	306
4.1.3. Perméabilité des films plastiques utilisés	306
4.2. Modification active de l'atmosphère	308
4.3. Cas particulier des enrobages biologiques	308
4.3.1. Les cires ou les huiles (cires végétales, paraffine, Carnauba...)	309
4.3.2. Les polysaccharides (pectines, cellulose et esters, amidon, gommes végétales...)	309
4.3.3. Les protéines	310
5. Mises en œuvre industrielles	311
5.1. Formes de l'emballage	311
5.2. Problèmes rencontrés et solutions	311
Conclusion	313
Références bibliographiques	314

*Troisième partie***Transformation et produits**

Chapitre 18

La conserve appertisée *(Michel Biton)*

319

Introduction	319
1. La préparation	319
1.1. Le nettoyage lavage	319
1.1.1. Le nettoyage	319
1.1.2. Le lavage	320
1.2. Le calibrage	320
1.3. Le pelage	321
1.3.1. Pelage mécanique	321

1.3.2. Pelage à la vapeur	321
1.3.3. Pelage chimique	321
1.4. L'éboutage	321
1.5. La découpe	322
1.5.1. Découpe en morceaux	322
1.5.2. Découpe en cubes	322
1.5.3. Découpe en lamelles	324
2. Le blanchiment	324
2.1. Le principe et les objectifs du blanchiment	324
2.1.1. Destruction des enzymes	324
2.1.2. Désaération du légume	324
2.1.3. Modification de la structure	324
2.1.4. Correction de la teneur en eau	324
2.2. Les problèmes liés au blanchiment	325
2.2.1. Les pertes par dissolution	325
2.2.2. Pertes résultant de la thermolabilité de certains composants	325
2.2.3. La dureté de l'eau	325
2.3. Les techniques de blanchiment	326
2.3.1. Blanchiment à l'eau	326
2.3.2. Le blanchiment à la vapeur	326
3. L'emboitage	327
3.1. L'emboitage volumétrique	327
3.2. Emboitage par machines Solbern ou Nico	327
3.3. Emboitage par pesée	327
4. Le jutage	327
5. Le conditionnement sous-vide	328
6. L'appertisation	328
6.1. Généralités	328
6.2. Les principales caractéristiques thermiques des légumes appertisés	329
6.2.1. Légumes appertisés s'échauffant par convection	329
6.2.2. Légumes appertisés s'échauffant par conduction	329
6.3. Exemples de barèmes de stérilisation	330
7. Les stérilisateur	330
7.1. Les appareils discontinus	330
7.2. Les appareils continus	331
7.3. Autres procédés	333
7.3.1. Conditionnement aseptique en emballage continu	333
7.3.2. Conditionnement aseptique sous-vide (procédé Vatech)	334
8. Le choix des emballages	334
8.1. Emballages métalliques	334
8.2. Emballages verre	334
Références bibliographiques	336

Chapitre 19

Les surgelés (Michel Biton)	337
Introduction	337
1. La préparation	337
2. Le blanchiment	337
2.1. Le principe et les objectifs du blanchiment	337
2.1.1. Destruction des enzymes	338
2.1.2. Désaération des légumes	338
2.2. Les problèmes liés au blanchiment	338
2.3. Matériel	339
3. La surgélation	340
3.1. Généralités	340
3.2. Calcul de la durée de congélation	340
3.2.1. Équation de Plank	340
3.2.2. Autres modèles	341
3.3. Les surgélateurs	342
3.3.1. Les appareils à froid mécanique	342
3.3.2. Les surgélateurs cryogéniques	345
4. Choix des emballages	345
Références bibliographiques	347

Chapitre 20

La quatrième gamme (Jérôme Mazollier et Danièle Scandella)	349
Introduction	349
1. La fabrication	350
1.1. Description de la chaîne de fabrication	350
1.1.1. Le parage	350
1.1.2. La coupe	351
1.1.3. Le lavage	352
1.1.4. L'essorage	352
1.1.5. Le conditionnement	352
1.2. Quelques spécificités des produits prêts à l'emploi	353
1.2.1. Basses températures en fabrication	353
1.2.2. Un process sans stabilisation définitive du produit	354
2. Évolution du produit et principaux éléments de maintien de la qualité	354
2.1. Évolution physiologique	354
2.1.1. Respiration et survie du végétal	354
2.1.2. Maîtrise de l'évolution physiologique	356
2.2. Évolution microbienne	357
2.2.1. Contamination microbienne et végétaux prêts à l'emploi	357
2.2.2. Principales techniques de réduction de la flore microbienne	358
2.3. Le brunissement enzymatique	359
2.3.1. Un phénomène inévitable	359

2.3.2. Quelques techniques de prévention	359
Conclusion	360
Références bibliographiques	361

Chapitre 21

Les produits élaborés à base de légumes (5^e gamme)

(Emmanuel Starek)	363
Introduction	363
1. Définitions	363
1.1. Définition générale de la « 5 ^e gamme légumes »	363
1.2. Définitions de sous-catégories	363
2. Les légumes précuits	364
2.1. Les produits	364
2.2. Technologie des légumes précuits pasteurisés	365
2.3. Problèmes de sécurité et de conservation posés *par les légumes précuits pasteurisés	366
2.4. Technologie des légumes précuits stérilisés	370
3. « Charcuterie » de légumes	371
3.1. Les produits	371
3.2. Fabrication	372
3.2.1. Formulation des terrines et mousses de légumes	372
3.2.2. Technologie	372
3.2.3. Conservation	373
4. Les soupes, potages et purées	374
4.1. Les produits	374
4.2. La fabrication	374
4.3. Conservation	375
Références bibliographiques	376

Chapitre 22

La transformation de la pomme de terre pour l'alimentation humaine (Jean-Michel Gravouelle et Fabienne Poupard-Caron)

377

1. Quelques données économiques	377
2. Critères de qualité de la matière première	380
2.1. Forme, calibre et variétés	380
2.2. Défauts du tubercule	382
2.2.1. Noircissement interne	382
2.2.2. « Phénomène de repousse » et vitrosité	384
2.3. Matière sèche et sucres solubles	385
2.3.1. Composition chimique du tubercule	385
2.3.2. Rôle des glucides sur la qualité technologique	386

2.3.3. Mécanisme de la formation des sucres pendant la phase de tubérisation	391
2.3.4. Évolution des sucres en cours de conservation	394
2.4. Texture	399
2.5. Brunissement enzymatique	401
2.6. Noircissement après cuisson	404
2.7. Aspects nutritionnels	405
3. Technologie des différents produits	408
3.1. Produits frits	408
3.1.1. Pelage	408
3.1.2. Parage	408
3.1.3. Découpage	408
3.1.4. Blanchiment	409
3.1.5. Séchage	409
3.1.6. Friture	409
3.1.7. Refroidissement et congélation	410
3.1.8. Conditionnement	410
3.2. Produits déshydratés	410
3.2.1. Pelage, découpage et blanchiment	411
3.2.2. Cuisson	411
3.2.3. Séchage	411
3.2.4. Floconnage et conditionnement	411
3.3. Pommes de terre stérilisées, appertisées	412
Références bibliographiques	415

Chapitre 23

Les légumes fermentés (Dominique Jehanno et Joëlle Le Guern) 419

Introduction	419
1. Principe	419
1.1. Inhibition des germes indésirables	419
1.2. Saveurs des légumes fermentés	420
1.3. Déroulement d'une fermentation spontanée	421
1.4. La succession des différentes flores	422
2. Quelques exemples de produits végétaux obtenus par fermentation	423
2.1. La choucroute	423
2.2. Les olives fermentées	424
2.3. Les concombres fermentés	426
2.4. Autres exemples	426
3. Moyens de maîtrise des fermentations	426
3.1. Maîtrise de la qualité initiale des produits	427
3.2. Modification des conditions de fermentation	427
3.3. Utilisation des ferments sélectionnés	428
3.3.1. Intérêt de l'utilisation de tels ferments	428
3.3.2. Critères de sélection	429
3.3.3. Cas des concombres	429

3.3.4. Utilisation de ferments sélectionnés pour d'autres légumes	429
3.3.5. Problèmes liés à l'emploi des souches sélectionnées	430
Conclusion - Perspectives	431
Références bibliographiques	433

Chapitre 24

Les fibres extraites de légumes

(Anne-Claude Lefebvre, Jean-Yves Thébaudin) _____ 437

Introduction	437
1. Définition, structure et composition des fibres de légumes	438
2. Obtention des fibres - ingrédients issues de légumes	440
2.1. Obtention de fibres alimentaires insolubles	441
2.2. Obtention de fibres solubles	442
3. Effet des traitements technologiques sur la composition et les propriétés des fibres	442
3.1. Effet des traitements technologiques (thermiques) sur les propriétés des légumes	442
3.2. Traitements de modification des fibres-ingrédients	444
3.2.1. Traitements thermiques et mécaniques	444
3.2.2. Traitements enzymatiques	444
3.2.3. Traitements chimiques	444
4. Propriétés nutritionnelles des fibres de légumes	445
4.1. Effet des fibres sur le transit intestinal	445
4.2. Fibres et métabolisme des lipides	445
4.3. Fibres et métabolisme protéique	445
4.4. Fibres et métabolisme glucidique	446
4.5. Fibres et disponibilité des minéraux	446
4.6. Fibres et disponibilité des vitamines	446
4.7. Fibres et cancer	446
4.8. Fibres et effet probiotique	447
5. Les propriétés technologiques des fibres de légumes	447
5.1. Les propriétés d'hydratation	447
5.2. Rétention de matière grasse	449
5.3. Propriétés de stabilisation et d'apport de texture	449
5.4. Les propriétés anticristallisantes	450
5.5. Capacité d'échange de cations (CEC)	450
6. Application des fibres issues de légumes à la formulation d'aliments	450
6.1. Incorporation des fibres de légumes dans un but nutritionnel	451
6.2. Incorporation des fibres de légumes dans un but technologique	451
Conclusion	454
Références bibliographiques	455

Quatrième partie Perspectives

Chapitre 25

Risques sanitaires liés à la présence de bactéries pathogènes dans les légumes (<i>Daniel Thouvenot et Yves Tirilly</i>)	461
Introduction	461
1. Sources de contamination des légumes	463
1.1. L'eau	463
1.2. Le sol et les amendements organiques	463
1.3. Les animaux	463
1.4. La récolte	463
1.5. Les conditions en post-récolte	464
1.6. Le consommateur	464
2. Principaux micro-organismes pathogènes et toxinogènes pour l'homme	464
2.1. Bactéries pathogènes non sporulées	464
2.2. Bactéries pathogènes sporulées	468
3. Réduction des risques par mise en place du système HACCP	469
4. La désinfection	469
Conclusion	470
Références bibliographiques	471

Chapitre 26

Les pesticides dans les végétaux (<i>René Roudaut</i>)	473
Introduction	473
1. Qu'est-ce qu'un produit phytosanitaire ?	473
2. Historique	473
3. Intérêt	475
4. Classification	476
4.1. Principales familles d'insecticides	476
4.2. Principales familles d'herbicides	477
4.3. Principales familles de fongicides	477
5. Un mode d'action spécifique et complexe	478
6. Persistance des produits phytosanitaires dans les végétaux	479
7. Persistance des produits phytosanitaires dans les sols	480
8. Réglementation concernant les produits phytosanitaires	480
8.1. Quelques définitions	480
8.2. Procédures de mise sur le marché	481
8.3. Agrément des distributeurs et applicateurs	482
8.4. Emballage	483
9. Les bonnes pratiques d'utilisation des produits phytosanitaires	483
Références bibliographiques	485

Chapitre 27

Les métaux lourds dans les végétaux*(René Rondaut et Brigitte Cornu)* 487

1. Que sont les métaux lourds ?	487
2. Rappels toxicologiques	487
2.1. Le cadmium (degré d'oxydation : + 2)	487
2.2. Le plomb (degrés d'oxydation : + 2 et + 4)	488
2.3. Le mercure (degrés d'oxydation : + 3 et + 5)	488
2.4. L'arsenic (degrés d'oxydation : + 3 et + 5)	489
2.5. Le sélénium (degrés d'oxydation : + 6, + 4, - 2)	489
2.6. L'aluminium	490
3. Généralités pédologiques	491
4. Les métaux lourds dans la plante	491
4.1. La phytotoxicité des métaux lourds	491
4.2. Répartition des métaux lourds dans les végétaux	492
4.3. Absorption des métaux lourds	492
4.4. Transport des métaux lourds	493
4.5. Formes transportées et répartition cellulaire	493
5. Les sources polluantes	494
5.1. Les sources agricoles	494
5.2. Les sources urbaines et industrielles	496
Conclusion	496
Références bibliographiques	497

Chapitre 28

Valeur nutritionnelle des légumes*(Odile Adragna-Bourgeois et Claude Marcel Bourgeois)* 499

Introduction	499
1. Alimentation et santé	499
1.1. Les comportements alimentaires	499
1.2. Alimentation et maladies cardiovasculaires	500
1.3. Alimentation et cancer	500
1.4. Conséquences nutritionnelles	500
2. La valeur nutritive des composants des légumes	502
2.1. Protéines	502
2.2. Lipides (Bourre, 1993)	504
2.3. Glucides	505
2.3.1. Polysaccharides	505
2.3.2. Oligosaccharides	506
2.4. Vitamines	506
2.5. Autres molécules organiques	507
2.6. Minéraux	507
3. L'effet des transformations culinaires et industrielles sur la valeur nutritionnelle des légumes	507

3.1. Les préparations culinaires, la cuisson	508
3.2. Les traitements industriels : blanchiment, surgélation, appertisation	509
Conclusion	510
Références bibliographiques	511

Chapitre 29

Légumes et gastronomie

(Jean-Marie Guilbault) 513

Introduction	513
1. Qualité des légumes en gastronomie	514
2. Le choix des légumes	516
2.1. Les différentes variétés utilisées en gastronomie	516
2.2. Conseils pour choisir ses légumes	516
3. Le travail des légumes en gastronomie : les traitements préalables	517
3.1. L'épluchage ou le pelage	517
3.2. Lavage et essuyage	519
3.3. Essorage et égouttage	519
3.4. Épépinage	519
3.5. Le calibrage	519
3.5.1. Les tailles	520
3.5.2. Le ciselage	520
3.5.3. Autres opérations comparables au calibrage	520
3.6. Autres préparations de légumes	520
4. La cuisson des légumes	521
4.1. Les cuissons traditionnelles dans la gastronomie française	521
4.2. Les cuissons les plus utilisées dans d'autres gastronomies	522
4.3. Remise en cause de certaines pratiques	522
4.4. Légumes et nouvelles cuissons	523
5. Recettes classiques de potages et garnitures à partir de légumes	524
Conclusion	524

Chapitre 30

Économie légumière

(Alain Sébille) 525

Introduction	525
1. Typologie des produits et géographie économique de la production	526
1.1. Types de produits et données statistiques	526
1.1.1. Nature des produits et situation en France en 1995	526
1.1.2. Des évolutions divergentes depuis le début des années 1990	527
1.1.3. Évolution des prix agricoles des légumes frais et des pommes de terre	529
1.1.4. Les légumes destinés à la transformation : impact et évolution récente	529

1.2. Géographie économique de la production légumière	529
1.2.1. Impact économique et typologie des producteurs	529
1.2.2. Les mutations géographiques récentes	532
1.2.3. La première région légumière en France : la Bretagne	533
1.2.4. La situation dans l'Union européenne : impact et disparités géographiques	535
2. Organisation, mutations industrielles, évolutions commerciales	538
2.1. Organisations institutionnelles et économiques	538
2.1.1. Un organe institutionnel : l'Oniflor	538
2.1.2. Un exemple d'organisation économique : la Bretagne	539
2.2. Le conditionnement et la transformation industrielle en profonde mutation	540
2.2.1. Évolution du conditionnement des légumes frais	540
2.2.2. Une industrie en évolution constante	541
2.2.3. L'émergence de grands groupes industriels	541
2.3. Les grandes tendances de la consommation et des structures de marché	542
2.3.1. Les tendances de la consommation des ménages sur le marché français	542
2.3.2. Des méthodes et des stratégies commerciales révolutionnées par les FMD (formes modernes de distribution)	544
2.4. Grandes lignes et principaux flux d'échanges liés au commerce extérieur	546
Conclusion	548
Références bibliographiques	550

Index