

Table des matières

Chapitre 1

Composés phénoliques dans la plante – Structure, biosynthèse, répartition et rôles (*Jean-Jacques Macheix, Annie Fleuriet et Pascale Sarni-Manchado*) _____ 1

1. Principales structures phénoliques	2
1.1. Formes les plus simples	3
1.1.1. Acides phénoliques	3
1.1.2. Ensemble des flavonoïdes	4
1.1.3. Autres exemples	8
1.2. Formes condensées	8
1.2.1. Tanins	8
1.2.2. Lignines	10
1.2.3. Formes liées à des macromolécules non phénoliques	11
2. Biosynthèse des composés phénoliques	12
2.1. Grandes lignes de la biosynthèse	12
2.2. Enzymes du métabolisme phénolique	14
2.3. Action des facteurs externes	17
2.4. Apports de la biologie moléculaire	18
3. Composés phénoliques dans la plante	19
3.1. Répartition cellulaire, tissulaire et dans les différents organes de la plante	20
3.2. Variations interspécifiques et intervariétales : importance des facteurs génétiques	22
3.3. Importance des facteurs physiologiques	23
3.4. Les composés phénoliques ont-ils un rôle dans la plante ?	24
3.4.1. Composés phénoliques et physiologie de la plante	24
3.4.2. Composés phénoliques et interactions de la plante avec son environnement	25
Conclusion	26
Références bibliographiques	27

Chapitre 2

Propriétés chimiques des polyphénols (Olivier Dangles)	29
Introduction	29
1. Rappels sur les propriétés chimiques fondamentales des phénols	29
1.1. Nucléophilie	31
1.2. Propriétés réductrices	32
1.3. Polarisabilité	34
1.4. Liaisons hydrogène	36
1.5. Acidité	36
2. Polyphénols	36
2.1. Acidité	36
2.2. Propriétés redox : pouvoir antioxydant, oxydation	38
2.2.1. Propriétés antioxydantes	38
2.2.2. Oxydation	40
2.2.3. Autoxydation	42
2.3. Nucléophilie	43
2.4. Propriétés électrophiles des anthocyanes	44
2.5. Complexation métallique	45
2.6. Complexation moléculaire	46
2.6.1. Complexation polyphénol-protéine	46
2.6.2. Complexation polyphénol-polyphénol	48
Conclusion	49
Références bibliographiques	50

Chapitre 3

Structures phénoliques et arômes (Jean Crouzet)	55
Introduction	55
1. Phénols volatils	57
1.1. Fruits et légumes	58
1.2. Épices et aromates	60
1.3. Vin et boissons alcoolisées	62
1.4. Produits fumés	65
1.5. Café, cacao, thé et malt	67
1.5.1. Café	67
1.5.2. Cacao	68
1.5.3. Thé	68
1.5.4. Malt	69
2. Précurseurs de phénols volatils	69
2.1. Glycoconjugués	69
2.1.1. Copule glucidique	70
2.1.2. Partie aglycone et glycosides	71
2.1.3. Structure des glycosides	74
2.1.4. Hydrolyse des glycosides	77
2.2. Dérivés cinnamoyle	78
Conclusion	79
Références bibliographiques	80

Chapitre 4

Structures phénoliques et goût (Véronique Cheyrier

et Pascale Sarni-Manchado)

	89
Introduction	89
1. Contribution des polyphénols au goût – Bases moléculaires et physiologiques	91
1.1. Saveurs élémentaires	92
1.1.1. Acidité et saveur sucrée	92
1.1.2. Amertume	93
1.2. Astringence	95
1.2.1. Protéines et glycoprotéines salivaires	95
1.2.2. Tanins	97
1.2.3. Mécanismes des interactions	100
2. Caractérisation gustative des composés phénoliques	103
2.1. Méthodes d'évaluation du goût	104
2.2. Caractéristiques gustatives des polyphénols	106
2.2.1. Composés phénoliques simples	106
2.2.2. Tanins	111
2.3. Influence du milieu	112
2.3.1. Effet de l'alcool	113
2.3.2. Influence de l'acidité	113
2.3.3. Sucres et viscosité	114
2.3.4. Phénomènes d'interaction	115
2.4. Variabilité individuelle dans la perception des goûts	116
2.4.1. Paramètres physiologiques	116
2.4.2. Rôle des facteurs psychosociologiques	116
3. Applications en agroalimentaire	117
3.1. Contrôle de l'amertume	118
3.1.1. Olive	118
3.1.2. Agrumes	119
3.2. Évolution et contrôle de l'astringence	121
3.2.1. Fruits	121
3.2.2. Boissons	122
Conclusion	124
Références bibliographiques	124

Chapitre 5

Brunissement enzymatique – Importance des polyphénols,

des polyphénoloxydases et des peroxydases (Laurence Marquès, Annie Fleuriet

et Jean-Jacques Macheix)

	135
Introduction	135
1. Principaux paramètres du brunissement enzymatique	136
2. Conditions d'apparition des brunissements enzymatiques	137
3. Évaluation du brunissement	138
3.1. Méthode tristimulaire	139
3.2. Méthodes utilisant les spectres de réflexion et de transmission	140
3.3. Évaluation des potentialités de brunissement	140

3.4. Solutions modèles	142
4. Enzymes d'oxydation – Polyphénoloxydases et peroxydases	142
4.1. Caractéristiques structurales et génétiques	144
4.1.1. PPO	144
4.1.2. POD	145
4.2. Expression et localisation	146
4.2.1. PPO	146
4.2.2. POD	147
4.3. Propriétés biochimiques	147
4.3.1. PPO	147
4.3.2. POD	148
4.4. Extraction, purification et mesures d'activité	148
4.5. Rôles physiologiques	151
4.6. Importance relative des PPO et des POD dans le brunissement	152
5. Substrats et pigments bruns formés	153
5.1. Importance de l'oxygène et des peroxydes	153
5.2. Substrats phénoliques des PPO et POD et formation des quinones	154
5.3. Évolution des quinones vers les pigments caractéristiques du brunissement – Importance des réactions couplées	158
6. Variations de l'intensité du brunissement	161
6.1. Comparaisons intervariétales	161
6.2. Variations en fonction des stades physiologiques	163
6.3. Variations post-récolte	164
Conclusion	165
Références bibliographiques	166

Chapitre 6

Brunissement enzymatique – Prévention (*Jacques Nicolas et Catherine Billaud*)

Introduction	173
1. Méthodes agissant sur l'enzyme	174
1.1. Dénaturation par voies physicochimiques	174
1.1.1. Effets du pH	174
1.1.2. Effets des traitements thermiques	175
1.1.3. Effets des traitements hautes pressions	177
1.1.4. Effets des radiations ionisantes	178
1.1.5. Effets des champs électriques pulsés	179
1.2. Inhibition par voie chimique	179
1.2.1. Inhibiteurs interagissant avec le cuivre	179
1.2.2. Inhibiteurs interagissant avec le site de fixation des phénols	180
2. Méthodes agissant sur les substrats	184
2.1. Élimination de l'oxygène	184
2.2. Élimination des composés phénoliques	185
2.2.1. Élimination par complexation sans modification de structure	185
2.2.2. Élimination avec modification de structure	186
3. Méthodes agissant sur les produits	187
3.1. Acide ascorbique et dérivés	187

3.2. Composés thiols	189
3.3. Sulfités et dérivés	190
4. Divers	190
Conclusion	192
Références bibliographiques	196

Chapitre 7

Composés phénoliques des boissons fermentées (<i>Véronique Cheynier, Sylvain Guyot et Hélène Fulcrand</i>)	211
Introduction	211
1. Matière première et technologie des boissons fermentées	212
1.1. Vin	212
1.1.1. Composition phénolique du raisin	212
1.1.2. Obtention des moûts et fermentation	215
1.2. Cidre	216
1.2.1. Différentes catégories de pommes à cidre	216
1.2.2. Principales classes de composés phénoliques de la pomme à cidre	217
1.2.3. Obtention des moûts	219
1.3. Bière	220
1.3.1. Composés phénoliques de l'orge et du houblon	220
1.3.2. Devenir des polyphénols en brasserie	221
1.4. Thé	222
1.4.1. Composition phénolique de la feuille de thé	222
1.4.2. Composition phénolique du thé manufacturé	223
2. Mécanismes enzymatiques de transformation des polyphénols	224
2.1. Oxydation enzymatique	224
2.1.1. Catécholoxydases et formation des quinones	224
2.1.2. Autres enzymes d'oxydation des polyphénols	225
2.1.3. Devenir des quinones	226
2.1.4. Cas du moût de raisin	227
2.1.5. Cas du cidre	229
2.1.6. Cas du thé	231
2.1.7. Cas de la bière	232
2.2. Autres activités enzymatiques	233
3. Évolution postfermentaire dans les vins	234
3.1. Réactivité chimique des polyphénols	234
3.2. Réactions des anthocyanes et des flavanols	235
3.3. Autres réactions des anthocyanes	241
3.4. Réactions d'oxydation non enzymatique dans les vins	242
3.5. Impact des conditions de vinification sur la composition phénolique et la qualité des vins	243
4. Impact des interactions et phénomènes colloïdaux sur la qualité des boissons	245
4.1. Généralités	245
4.2. Propriétés colorantes et copigmentation	245
4.3. Instabilité colloïdale	246
4.4. Techniques de stabilisation	249
4.4.1. Traitement enzymatique	249

4.4.2. Collage	249
4.4.3. Colloïdes protecteurs	251
4.5. Inhibition des activités enzymatiques pectolytiques	251
Conclusion	252
Références bibliographiques	252

Chapitre 8

Antioxydants phénoliques – Structure, propriétés et sources végétales

<i>(Claudette Berset)</i>	265
Introduction	265
1. Mécanisme général d'action des antioxydants phénoliques	266
2. Caractéristiques structurales des antioxydants phénoliques	269
2.1. Mono-, di- et tri- phénols	269
2.1.1. Monophénols	269
2.1.2. Di- et triphénols	270
2.2. Tocophérols	272
2.3. Acides phénoliques	274
2.4. Diterpènes	276
2.5. Flavonoïdes	277
2.5.1. Flavonols	279
2.5.2. Flavanones	280
2.5.3. Isoflavones	280
2.5.4. Flavones	281
2.5.5. Chalcones	281
2.5.6. Flavanes 3-ols et tanins condensés	281
2.5.7. Anthocyanes	282
2.6. Stilbènes	282
3. Sources végétales d'antioxydants phénoliques	282
3.1. Extraits d'herbes aromatiques	283
3.2. Extraits de thé	285
3.3. Produits de la vigne	285
3.4. Écorces et pépins d'agrumes	286
3.5. Huiles et sous-produits de l'huilerie	287
3.6. Divers	288
Conclusion	289
Références bibliographiques	290

Chapitre 9

Pigments phénoliques – Structures, stabilité, marché des colorants naturels et effets sur la santé

<i>(Céline Malien-Aubert et Marie Josèphe Amiot-Carlin)</i>	295
Introduction	295
1. Sources et biosynthèse	296
1.1. Curcumine	296
1.2. Bétaïnes – Bétacyanines et bétaxanthines	297
1.3. Anthocyanes	299

2. Structure	
2.1. Bétacyanines	300
2.2. Anthocyanes	301
3. Stabilité et instabilité des pigments phénoliques.	305
3.1. Facteurs physicochimiques	305
3.1.1. pH	305
3.1.2. Température	307
3.1.3. Lumière	309
3.1.4. Oxygène	310
3.1.5. Complexation des pigments phénoliques – Cas des anthocyanes	310
3.2. Autres facteurs.	313
3.2.1. Enzymes	313
3.2.2. SO ₂	314
3.2.3. Acide ascorbique	314
3.2.4. Métaux	315
3.2.5. Autres composés	315
4. Marché des colorants riches en pigments phénoliques	316
5. Procédés technologiques d'extraction et de purification des pigments phénoliques	318
6. Méthodes d'analyse des pigments phénoliques	320
6.1. Identification de la nature du pigment extrait du végétal	321
6.2. Caractérisation et mesure des pigments phénoliques par spectrophotométrie UV-visible	321
6.2.1. Identification des propriétés structurales des anthocyanes à partir des données spectrales	322
6.2.2. Dosage et identification des anthocyanes.	323
6.2.3. Analyse de la couleur	327
7. Pigments phénoliques et rôle sur la santé humaine.	330
8. Législation des colorants naturels	332
Références bibliographiques	333

Chapitre 10

Aspects législatifs (Tibogo Sanogo et Béatrice de Reynal)	341
Introduction	341
1. Contexte général	342
2. Schéma général de validation d'un extrait polyphénolique	343
2.1. Mon produit polyphénolique est-il un aliment ou un médicament ?	343
2.2. Mon produit polyphénolique est-il un aliment traditionnel ou un <i>novel food</i> ?	344
2.3. Mon produit est-il un ingrédient alimentaire à but nutritionnel ou un additif ?	345
2.3.1. Les polyphénols comme colorants alimentaires (additifs).	346
2.3.2. Les polyphénols comme antioxydants, conservateurs (additifs)	347
2.3.3. Les polyphénols comme antioxydants à vocation nutrifonctionnelle	348
3. Aspects législatifs des polyphénols à vocation nutritionnelle.	349
3.1. Notion d'aliment santé.	349
3.2. Statut juridique de l'aliment santé.	350
3.3. Les différentes allégations et leur règle de présentation	351
3.3.1. Allégation nutritionnelle ou « nutritionnelle quantitative »	351
3.3.2. Allégation fonctionnelle ou « nutrifonctionnelle »	351

3.3.3. Allégation santé	352
3.4. Pouvoir antioxydant – Allégation fonctionnelle pour les polyphénols	353
4. Hypothèses d'évolution de la réglementation dans le cadre en cours d'élaboration à Bruxelles	354
5. Bref aperçu de la législation sur les aliments santé en dehors de l'Union européenne	356
5.1. Situation japonaise	356
5.2. Situation américaine	357
5.2.1. Allégations basées sur l'apport nutritionnel	357
5.2.2. Allégations établissant un lien avec la santé	358
5.2.3. Allégations établissant un lien structure/fonction	358
Conclusion	358
Références bibliographiques	359

Chapitre 11

Consommation et biodisponibilité des polyphénols (*Claudine Manach, Augustin Scalbert, Christian Rémésy et Christine Morand*) _____ 361

Introduction	361
1. Distribution des polyphénols dans les aliments	361
2. Consommation journalière de polyphénols	363
3. Biodisponibilité des polyphénols	364
3.1. Absorption intestinale et métabolisme	365
3.2. Rôle de la microflore colique	368
3.3. Conjugaison et nature des métabolites	369
3.4. Transport dans le plasma et passage dans les membranes	371
3.5. Concentrations plasmatiques	373
3.6. Biodisponibilité tissulaire	374
3.7. Élimination	375
3.8. Effets biologiques des métabolites de polyphénols	376
Conclusion	379
Références bibliographiques	380