

Protéines alimentaires

Biochimie . Propriétés fonctionnelles

Valeur nutritionnelle . Modifications chimiques

J.-C. CHEFTEL

J.-L. CUQ

D. LORIENT



Protéines alimentaires

Biochimie - Propriétés fonctionnelles
Valeur nutritionnelle - Modifications chimiques

Jean-Claude CHEFTEL

Professeur à l'Université des Sciences
et Techniques du Langue
Directeur du Laboratoire de Biochimie
et Technologie Alimentaire
Montpellier

Jean-Louis CUQ

Maître-Assistant à l'Université
des Sciences et Techniques du Langue
Montpellier

Denis LORIENT

Professeur à l'École Nationale Supérieure
de Biologie Appliquée à la Nutrition
et à l'Alimentation
Laboratoire de Biochimie Alimentaire
Dijon

© J.C. Chefte, J.L. Cuq, D. Lorient, 1985
ISBN : 2-85206-268-2

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite" (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

Table des matières

Préface	06
Avant-Propos	16
Chapitre 1 : INTRODUCTION	1
Chapitre 2 : PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DES ACIDES AMINÉS ET DES PROTÉINES	5
1. - Propriétés générales des acides aminés	5
1.1. - Structure générale et classification	5
1.2. - Propriétés acido-basiques des acides aminés. Ionisation	8
1.3. - Hydrophobicité des acides aminés	9
1.4. - Stéréochimie des acides aminés	11
1.5. - Spectre d'absorption - Fluorescence	12
2. - Propriétés générales des protéines	12
2.1. - Structure primaire	12
2.2. - Structure secondaire	14
2.3. - Structure tertiaire	17
2.4. - Structure quaternaire	18
2.5. - Interactions et liaisons impliquées dans la structure protéique	21
2.5.1. - Les contraintes stériques - 2.5.2. - Les interactions de Van der Waals - 2.5.3. - Les in- teractions électrostatiques - 2.5.4. - La liaison hydrogène - 2.5.5. - Interactions hydrophobes - 2.5.6. - Les ponts covalents disulfure	
2.6. - Hydrophobicité des protéines	24
2.7. - Volume et masse volumique des protéines	26

3. - Les réactions chimiques et les interactions des acides aminés et des protéines.	26
3.1. - Réactions des divers groupes fonctionnels des acides aminés et des protéines.	26
3.1.1. - Réactions avec la ninhydrine - 3.1.2. - Réaction avec la fluorescamine - 3.1.3. - Réaction avec la O-phtaldialdéhyde - 3.1.4. - Réaction avec le chlorure de dansyle	
3.2. - Interactions protéine-eau	30
3.2.1. - Influence du pH - 3.2.2. - Influence de la force ionique μ - 3.2.3. - Influence des solvants - 3.2.4. - Influence de la température - 3.2.5. - Classification des protéines en fonction de leur solubilité	
3.3. - Interactions protéine-lipide.	32
Bibliographie	33
<i>Chapitre 3 : DÉNATURATION DES PROTÉINES</i>	35
1. - Agents physiques	36
1.1. - Chaleur	36
1.2. - Le froid.	38
1.3. - Traitements mécaniques.	38
1.4. - Pression hydrostatique.	38
1.5. - Irradiation	38
1.6. - Interfaces.	39
2. - Agents chimiques	40
2.1. - Acides et bases	40
2.2. - Métaux.	40
2.3. - Solvants organiques	40
2.4. - Solutions aqueuses de composés organiques	40
3. - Energétique de la dénaturation	41
Bibliographie	43
<i>Chapitre 4 : PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES DES PROTÉINES</i>	45
1. - Propriétés d'hydratation	47
1.1. - Considérations générales.	47
1.2. - Nature des interactions protéine-eau.	48
1.3. - Méthodes pour la détermination pratique des propriétés d'hydratation.	49

1.4. - Facteurs d'environnement influençant les propriétés d'hydratation	50
1.5. - Relations entre hydratation et autres propriétés fonctionnelles	52
2. - Solubilité.	54
3. - Viscosité	56
4. - Gélification.	58
4.1. - Aspects généraux de la formation de gels protéiques	58
4.2. - Méthodes d'évaluation des gels protéiques.	59
4.3. - Mécanismes de gélification et structure des gels	60
4.4. - Propriétés gélifiantes de quelques protéines alimentaires	64
5. - Texturation	65
5.1. - Coagulation thermique et formation de film	65
5.2. - Formation de fibre	66
5.3. - Extrusion thermoplastique.	67
6. - Formation d'une pâte protéique.	68
7. - Propriétés émulsifiantes.	70
7.1. - Aspects généraux de la formation et de la rupture des émulsions	70
7.2. - Emulsions alimentaires stabilisées par les protéines.	73
7.3. - Méthodes de détermination des propriétés émulsifiantes des protéines.	73
7.4. - Facteurs influençant l'émulsification.	75
7.5. - Propriétés de surface des protéines.	77
8. - Propriétés moussantes	80
8.1. - Aspects fondamentaux des mousses alimentaires.	80
8.2. - Appréciation des propriétés moussantes	82
8.3. - Facteurs d'environnement influençant la formation et la stabilité de la mousse.	84
8.4. - Propriétés moussantes caractéristiques des protéines.	86
9. - Fixation d'arômes	88
9.1. - Interactions entre substances volatiles et protéines.	89

9.2. - Méthodes d'évaluation de la fixation des composés volatils.	90
9.3. - Facteurs influençant la fixation	90
10. - Fixation d'autres composés.	92
Bibliographie	92

Chapitre 5 : PROPRIÉTÉS NUTRITIONNELLES DES PROTÉINES 95

1. - Métabolisme protéique	95
1.1. - Digestion des protéines et absorption.	95
1.2. - Anabolisme et catabolisme protéiques	95
1.2.1. - Acides aminés libres plasmatiques -	
1.2.2. - Acides aminés libres tissulaires -	
1.2.3. - Métabolisme protéique musculaire -	
1.2.4. - Métabolisme des protéiques plasmati-	
ques - 1.2.5. - Azote urinaire	
2. - Besoins de l'homme en protéines et en acides aminés	98
2.1. - Besoins protéiques	98
2.2. - Besoins en acides aminés indispensables.	101
3. - La valeur protéique des aliments.	102
3.1. - Facteurs influençant la valeur protéique	102
3.1.1. - Teneur en protéine - 3.1.2. - Qualité	
des protéines - 3.1.3. - Disponibilité des aci-	
des aminés	
3.2. - Détermination de la valeur nutritive des	
protéines.	106
3.2.1. - Méthodes biologiques - 3.2.2. - Méthodes	
chimiques - 3.2.3. - Méthodes enzymatiques et mi-	
crobiologiques	
4. - Acceptabilité des protéines alimentaires et allergie.	110
4.1. - Introduction	110
4.2. - Mécanismes de la protection immunitaire.	110
4.2.1. - Rôle de la muqueuse intestinale -	
4.2.2. - Effecteurs moléculaires : les anticorps -	
4.2.3. - Effecteurs cellulaires : les immunocytes	
4.3. - L'intolérance alimentaire et les systèmes	
immunitaires mis en cause.	112
4.3.1. - Hypersensibilité et allergie - 4.3.2. -	
Différents types d'allergies - 4.3.3. - Réponse im-	
munitaire à la pénétration des antigènes alimentaires	
dans le milieu intérieur - 4.3.4. - Symptômes de	
1'allergie et facteurs favorisants	

4.4. - Les allergies protéiques alimentaires	115
4.4.1. - Caractéristiques structurales des allergènes - 4.4.2. - Principaux allergènes protéiques - 4.4.3. - Exemples connus d'allergies aux protéines alimentaires	
Bibliographie.	120
<i>Chapitre 6 : LES PRINCIPAUX SYSTÈMES PROTÉIQUES ALIMENTAIRES.</i>	123
1. - Le système protéique musculaire.	123
1.1. - Les protéines sarcoplasmiques	125
1.2. - Les protéines du stroma	130
1.2.1. - Le collagène - 1.2.2. - L'élastine -	
1.3. - Les protéines myofibrillaires	133
1.3.1. - La myosine - 1.3.2. - L'actine -	
1.3.3. - Les troponines - 1.3.4. - La troponomyosine	
1.4. - La contraction musculaire	138
1.5. - Evolution du système musculaire après la mort	138
1.5.1. - Le phénomène de rigor mortis - 1.5.2. - La maturation -	
1.6. - Particularités du système protéique musculaire du poisson.	141
1.7. - Influence des traitements technologiques sur les protéines musculaires	141
1.7.1. - Influence de la température - 1.7.2. - Influence de la congélation - 1.7.3. - Influence de la déshydratation - 1.7.4. - Effets de la stimulation électrique des carcasses	
Bibliographie.	144
2. - Les protéines de l'oeuf.	146
2.1. - Composition et structure de l'oeuf de poule	146
2.2. - Les protéines de l'albumen.	148
2.3. - Les protéines du jaune d'oeuf	153
Bibliographie.	155
3. - Les protéines du lait.	156
3.1. - Introduction.	156
3.2. - Composition des protéines du lait de vache.	156
3.2.1. - Composition globale de la fraction protéique - 3.2.2. - Hétérogénéité - 3.2.3. - Composition des différents constituants -	
3.2.4. - Protéines du lait d'autres espèces de mammifères	

3.3. - Structures primaires, conformation et propriétés physico-chimiques des monomères.	163
3.3.1. - Caséines - 3.3.2. - Protéines du lactosérum - 3.3.3. - La phase micellaire du lait	
3.4. - Biosynthèse des protéines du lait	179
3.5. - Dosage, identification.	181
3.5.1. - Dosage des protéines totales et des fractions azotées - 3.5.2. - Isolement et identification	
3.6. - Effets des traitements technologiques	185
3.6.1. - Effets des traitements thermiques - 3.6.2. - Effets de la réfrigération - 3.6.3. - Traitements mécaniques	
Bibliographie	189
4. - Les protéines du sang.	193
4.1. - Introduction.	193
4.2. - Collecte et fractionnement.	193
4.3. - Composition	194
4.4. - Les protéines du plasma et leurs principales propriétés.	194
4.4.1. - La sérum albumine - 4.4.2. - Les globulines - 4.4.3. - Le fibrinogène - 4.4.4. - Effets des traitements thermiques sur les protéines du plasma	
4.5. - L'hémoglobine	199
4.5.1. - Structure - 4.5.2. - Propriétés spectrales et colorantes	
Bibliographie	202
5. - Les protéines de blé	204
5.1. - Structure et composition du grain de blé.	204
5.2. - Classification des protéines de grains de céréales ; composition en acides aminés	206
5.3. - Biosynthèse des protéines de céréales	209
5.4. - Génétique des protéines de blé. Amélioration par sélection de la teneur en protéine et de la qualité protéique	211
5.5. - Les gliadines	217
5.6. - Gluténines.	218
Bibliographie	220
6. - Les protéines de soja.	223
6.1. - Structure et composition de la graine de soja	223

6.2. - Solubilité des protéines de soja.	224
6.3. - Fractionnement et caractéristiques des différentes protéines de soja	225
6.4. - Dénaturation des protéines de soja.	234
6.4.1. - Modifications des structures secondaire et tertiaire - 6.4.2. - Modification de la struc- ture quaternaire - 6.4.3. - Gélification des protéines de soja	
Bibliographie.	239
<i>Chapitre 7 : NOUVELLES RESSOURCES PROTÉIQUES</i>	241
1. - Besoins et disponibilités en protéines à l'échelle mondiale	241
2. - Extraction chimique de protéines végétales	243
3. - Protéines d'organismes unicellulaires.	248
4. - Synthèse chimique et génie génétique	249
Bibliographie.	251
<i>Chapitre 8 : MODIFICATIONS DES PROTÉINES ALIMENTAI- RES AU COURS DES TRAITEMENTS TECHNO- LOGIQUES ET DE L'ENTREPOSAGE</i>	255
1. - Modifications de la valeur nutritionnelle et effets toxiques.	255
1.1. - Dénaturation par des traitements thermiques modérés	255
1.2. - Pertes d'acides aminés par fractionnement des protéines	258
1.3. - Destruction d'acides aminés	258
1.4. - Interactions protéine-protéine.	260
1.4.1. - Effets des traitements thermiques à pH alcalin - 1.4.2. - Effets des traitements thermiques sévères - 1.4.3. - Effets d'autres traitements	
1.5. - Interactions entre protéines et agents oxydants	263
1.5.1. - Oxydation de la méthionine - 1.5.2. - Oxydation de la cystéine et de la cystine - 1.5.3. - Oxydation du tryptophane	
1.6. - Interactions entre protéines et glucides ou aldéhydes.	267
1.7. - Interactions des protéines avec d'autres cons- tituants, contaminants et additifs alimentaires	271
1.7.1. - Réactions avec les lipides - 1.7.2. - Réactions avec les polyphénols - 1.7.3. - Réactions avec les solvants halogénés - 1.7.4. - Réactions	

avec les nitrites - 1.7.5. - Réactions avec
les sulfites - 1.7.6. - Réactions avec les
agents acétylants et les anhydrides d'acides
aminés

Bibliographie.	275
2. - Altération ou amélioration des propriétés fonc- tionnelles	278
2.1. - Modifications des propriétés fonctionnelles des protéines dues aux changements de la structure secondaire, tertiaire et/ou quaternaire	278
2.1.1. - Effets des variations de l'environnement chimique - 2.1.2. - Déshydratation - 2.1.3. - Traitement avec des solvants apolaires - 2.1.4. - Traitements mécaniques - 2.1.5. - Traitements thermiques	
2.2. - Modifications dues à l'action d'enzymes	285
2.2.1. - Modifications "in vivo" de protéines - 2.2.2. - Traitements enzymatiques de protéines alimentaires. Protéolyse	
2.3. - Modifications chimiques spécifiques	290
2.3.1. - Modifications des chaînes latérales des protéines - 2.3.2. - Formation de ponts covalents	
Bibliographie.	295
Index.	