

# Table des matières

Liste des auteurs .....	III
Préambule .....	V

## Chapitre 1

### Composition de l'œuf

(Catherine Guérin-Dubiard, Marc Anton, Joël Gautron,  
Yves Nys et Françoise Nau)

1. Structure et composition de l'œuf .....	1
2. Coquille et membranes coquillières .....	3
2.1. Structure et composition globale de la coquille .....	4
2.2. Minéraux de la coquille .....	5
2.3. Constituants organiques de la coquille de l'œuf .....	5
2.3.1. Composition des membranes coquillières .....	6
2.3.2. Matrice organique de la coquille .....	6
2.4. Fonctions des protéines de la matrice organique de la coquille .....	20
2.4.1. Propriétés mécaniques de la coquille .....	20
2.4.2. Matrice organique et propriétés antibactériennes de la coquille .....	26
2.5. Conclusion .....	28
3. Le blanc d'œuf .....	28
3.1. Composition biochimique globale .....	28
3.2. Les protéines .....	29
3.2.1. Famille des serpins : les ovalbumines .....	29
3.2.2. Famille des transferrines : ovotransferrine .....	40
3.2.3. Famille des antiprotéases .....	42
3.2.4. Famille 22 des glycosyl hydrolases : lysozyme .....	45
3.2.5. Famille des mucines : ovomucine .....	48
3.2.6. Famille des lipocalines .....	50

3.2.7. Famille des « folates receptors » : flavoprotéine (ou riboflavin-binding protein ou RBP) . . . . .	51
3.2.8. Famille avidine/streptavidine : avidine . . . . .	53
3.2.9. Famille des <i>bactericidal-permeability-increasing protein</i> (ou BPI) : Tenp. . . . .	56
3.2.10. Famille des clustérines : clustérine . . . . .	56
3.2.11. Superfamille UPAR/CD59/Ly6/neurotoxine de serpent : HEP21 . . . . .	57
3.2.12. Famille des protéases . . . . .	57
3.2.13. Autres protéines mineures . . . . .	58
3.3. Les minéraux . . . . .	59
3.4. Les vitamines . . . . .	60
4. Le jaune d'œuf. . . . .	61
4.1. Composition biochimique globale . . . . .	61
4.2. Macrostructure du jaune d'œuf . . . . .	62
4.3. Microstructure des granules . . . . .	64
4.4. Constituants majeurs du jaune d'œuf . . . . .	67
4.4.1. Lipoprotéines de faible densité (LDL) . . . . .	67
4.4.2. Livétines . . . . .	71
4.4.3. Phosvitine . . . . .	73
4.4.4. Lipoprotéines de haute densité (HDL) . . . . .	79
4.4.5. Lipides . . . . .	80
5. Les œufs des autres espèces . . . . .	83
5.1. Caractéristiques globales . . . . .	84
5.2. Composition biochimique globale et valeur nutritionnelle . . . . .	86
5.2.1. Composition du blanc d'œuf . . . . .	86
5.2.2. Composition du jaune d'œuf . . . . .	86
5.2.3. Composition de l'œuf entier . . . . .	87
5.3. Spécificités de la fraction protéique . . . . .	87
5.3.1. Ovalbumine . . . . .	87
5.3.2. Ovotransferrine . . . . .	88
5.3.3. Lysozyme . . . . .	88
5.3.4. Flavoprotéine . . . . .	89
5.3.5. Phosvitine . . . . .	89
5.4. Spécificités de la fraction lipidique . . . . .	89
Références bibliographiques . . . . .	93
Annexe 1 – Composition nutritionnelle moyenne de l'œuf liquide et de l'œuf en poudre . . . . .	121
Annexe 2 – Composition en acides aminés des protéines de la coquille. . . . .	127
Annexe 3 – Séquence en acides aminés des protéines de la coquille . . . . .	131
Annexe 4 – Composition en acides aminés des protéines du blanc d'œuf . . . . .	137
Annexe 5 – Séquence en acides aminés des protéines du blanc d'œuf. . . . .	147
Annexe 6 – Composition en acides aminés des protéines du jaune d'œuf . . . . .	165
Annexe 7 – Séquence en acides aminés des protéines du jaune d'œuf . . . . .	169

## Chapitre 2

### Valeur nutritionnelle et allergénicité

(Yoshiko Yamakawa et Françoise Nau)

1. Valeur nutritionnelle de l'œuf	178
1.1. Quelques définitions	178
1.1.1. Nutrition et nutriment	178
1.1.2. Besoins nutritionnels et apports nutritionnels conseillés (ANC)	178
1.1.3. Digestibilité et biodisponibilité	180
1.2. Protéines d'œuf et nutrition	180
1.2.1. Généralités sur la digestion des protéines	180
1.2.2. Caractéristiques nutritionnelles des protéines d'œuf	182
1.2.3. Effet satiétogène	186
1.2.4. Protéines et peptides à activité biologique	186
1.3. Lipides de l'œuf et nutrition	189
1.3.1. Généralités sur la digestion des lipides	189
1.3.2. Caractéristiques nutritionnelles des lipides de l'œuf	191
1.3.3. Œuf et cholestérol	193
1.3.4. Œuf et acides gras poly-insaturés	195
1.3.5. Œuf et acides linoléiques conjugués	197
1.4. Œuf et apports minéraux	199
1.5. Œuf et apports vitaminiques	201
1.6. Œuf et apports en pigments caroténoïdes	203
2. Propriétés allergéniques de l'œuf	206
2.1. Généralités sur l'allergie alimentaire	206
2.2. Caractéristiques de l'allergie à l'œuf	208
2.3. Allergènes de l'œuf	209
2.4. Quelles stratégies face à l'allergie à l'œuf?	210
Références bibliographiques	211

## Chapitre 3

### Les ovoproduits

(Olivier Galet, David Cassin et Romain Jeantet)

1. Ovoproduits issus du cassage	223
1.1. Qualité des œufs en casserie	223
1.1.1. Typologie des œufs en casserie	223
1.1.2. Organisation du transfert de l'élevage vers l'unité de cassage	224
1.2. Stockage des œufs avant cassage	225
1.2.1. Évolution de la composition et des fonctionnalités au cours du stockage	225
1.2.2. Évolution de la solidité de la membrane vitelline au cours du stockage	226
1.3. Cassage des œufs	227
1.3.1. Manutention des œufs coquilles	228

1.3.2. Cassage et découpe de la coquille	229
1.3.3. Séparation du blanc et du jaune	229
1.4. Filtration et refroidissement	230
1.5. Formulation des ovoproduits liquides	231
1.6. Applications industrielles spécifiques	232
1.6.1. Jaune d'œuf dans l'univers des sauces	233
1.6.2. Jaune d'œuf dans l'univers des produits sucrés	234
1.6.3. Blanc d'œuf pour la préparation de mousses	235
1.6.4. Utilisations de l'œuf entier	236
1.7. Pasteurisation des ovoproduits liquides	238
1.7.1. Pasteurisation par batch	239
1.7.2. Pasteurisation dans l'emballage (ou « <i>hot-filling</i> »)	239
1.7.3. Pasteurisation en ligne	240
1.8. Séchage des ovoproduits	246
1.8.1. Intérêts des poudres d'œuf et aspects commerciaux	246
1.8.2. Traitements des produits liquides avant séchage	248
1.8.3. Technologies de séchage et fonctionnalités induites	256
1.8.4. Traitement thermique à l'état sec	262
1.8.5. Diversité des poudres de blanc d'œuf	265
2. Œufs cuits et ovoproduits cuisinés	266
2.1. Œufs cuits	266
2.1.1. Œufs durs écalés	266
2.1.2. Autres produits issus de la cuisson des œufs	270
2.2. Ovoproduits cuisinés	271
2.2.1. Omelettes	271
2.2.2. Autres ovoproduits cuisinés	273
Références bibliographiques	274

## Chapitre 4

### Les ovoproduits en Chine et en Amérique du Nord

(Ying Ma, Françoise Nau, Yoshinori Mine et Marie Yang)

1. Les ovoproduits traditionnels chinois	279
1.1. Les œufs Pidán	280
1.1.1. Origine	280
1.1.2. Principe de fabrication	280
1.1.3. Procédés de fabrication	283
1.1.4. Caractéristiques organoleptiques et valeur nutritionnelle	289
1.2. Les œufs salés	293
1.2.1. Principe de fabrication	293
1.2.2. Procédés de fabrication	296
1.2.3. Composition chimique et valeur nutritionnelle	298
1.3. Les œufs marinés (Zaodan)	299
1.3.1. Principes de fabrication	300
1.3.2. Procédés de fabrication	300
1.3.3. Caractéristiques qualitatives et valeur nutritionnelle	306
1.4. Les œufs marinés dans la liqueur (Zuidan)	307

1.4.1.	Œufs frais marinés dans la liqueur	307
1.4.2.	Œufs cuits marinés dans la liqueur	308
1.4.3.	Œufs marinés dans la liqueur, à jaune semi-liquide	308
1.5.	Autres œufs aromatisés traditionnels chinois	308
1.5.1.	Œufs Tiedan	308
1.5.2.	Œufs Ludan	309
1.5.3.	Œufs Xundan	310
1.5.4.	Œufs Chayedan	310
2.	Les ovoproduits en Amérique du Nord	311
2.1.	Diversité des ovoproduits commercialisés aux États-Unis	312
2.1.1.	Ovoproduits liquides et réfrigérés	312
2.1.2.	Ovoproduits congelés	314
2.1.3.	Ovoproduits déshydratés	314
2.1.4.	Ovoproduits de spécialité	314
2.2.	Procédés de transformation de l'œuf	314
2.3.	Avantages liés à l'utilisation des ovoproduits	317
2.3.1.	Critère qualité et valeur ajoutée	318
2.3.2.	Critère économique	318
2.3.3.	Commodité/praticité	318
2.3.4.	Stabilité et uniformité	318
2.3.5.	Moindre besoin d'espace pour le stockage	318
2.3.6.	Critère salubrité	319
2.4.	Conclusion	319
	Références bibliographiques	320

## *Chapitre 5*

### **Qualité microbiologique des ovoproduits**

*(Florence Baron, Sophie Jan et Romain Jeantet)*

1.	Réception des œufs coquilles	321
2.	Stockage des œufs coquilles	322
3.	Cassage	322
4.	Transformation et/ou stabilisation des ovoproduits : impact sur les micro-organismes	324
4.1.	Séparation des micro-organismes de la matrice	324
4.2.	Inhibition des micro-organismes	324
4.2.1.	Inhibition par réfrigération	325
4.2.2.	Inhibition par diminution du pH	327
4.2.3.	Inhibition par diminution de l'activité de l'eau	327
4.3.	Destruction des micro-organismes	329
4.3.1.	Traitement thermique	329
4.3.2.	Autres traitements de destruction	335
5.	Microflore des ovoproduits	336
6.	Comportement des micro-organismes dans les ovoproduits	340
7.	Maîtrise du risque microbiologique	342
8.	Contrôle microbiologique des ovoproduits	342
	Références bibliographiques	344

## Chapitre 6

### L'œuf ingrédient alimentaire

(Valérie Lechevalier, Thomas Croguennec, Marc Anton  
et Yann Desfougères)

1. Viscosité . . . . .	350
2. Propriétés interfaciales . . . . .	352
2.1. Mousses . . . . .	354
2.1.1. Mécanismes moléculaires de formation des mousses protéiques . . . . .	355
2.1.2. Stabilité des mousses . . . . .	357
2.1.3. Caractéristiques d'un bon agent tensioactif . . . . .	360
2.1.4. Propriétés du film interfacial . . . . .	362
2.1.5. Le blanc d'œuf, un mélange de protéines doué de propriétés moussantes . . . . .	383
2.2. Émulsions . . . . .	401
2.2.1. Quelques définitions . . . . .	401
2.2.2. Techniques expérimentales d'étude des émulsions . . . . .	402
2.2.3. Rôle des émulsifiants . . . . .	406
2.2.4. Rôle des constituants du jaune . . . . .	407
2.2.5. Importance des interactions protéines-phospholipides . . . . .	411
2.2.6. Mécanisme proposé pour l'adsorption des LDL à l'interface huile-eau . . . . .	411
3. Propriétés gélifiantes . . . . .	415
3.1. Blanc d'œuf . . . . .	415
3.1.1. Méthodes d'analyse des propriétés gélifiantes . . . . .	415
3.1.2. Mécanisme de gélification thermotropique . . . . .	418
3.1.3. Influence des conditions physico-chimiques lors de la gélification . . . . .	420
3.1.4. Influence des traitements technologiques . . . . .	430
3.1.5. Billes gélifiées de protéines de blanc d'œuf de taille nanométrique . . . . .	436
3.2. Jaune d'œuf . . . . .	437
4. Pouvoir anticristallisant . . . . .	442
5. Propriétés organoleptiques . . . . .	443
5.1. Couleur . . . . .	443
5.1.1. Origine de la couleur du jaune . . . . .	443
5.1.2. Évaluation de la couleur du jaune . . . . .	443
5.1.3. Influence de l'alimentation des poules . . . . .	443
5.1.4. Influence du système de production . . . . .	444
5.1.5. Influence des traitements technologiques . . . . .	445
5.2. Flaveur . . . . .	445
5.2.1. Influence du régime alimentaire des poules pondeuses . . . . .	446
5.2.2. Influence du système de production . . . . .	447
5.2.3. Influence de la conservation des œufs . . . . .	448
5.2.4. Influence des traitements technologiques . . . . .	448
Références bibliographiques . . . . .	450

## Chapitre 7

### Fractionnement de l'œuf

(Catherine Guérin-Dubiard et Marc Anton)

1. Fractionnement du blanc d'œuf . . . . .	471
1.1. Principes des techniques d'extraction et de purification des protéines . . . . .	472
1.1.1. Extraction par précipitation selon le pH, la force ionique, ou la modification de la constante diélectrique du milieu . . .	472
1.1.2. Cristallisation d'une protéine purifiée . . . . .	473
1.1.3. Extraction selon la taille. . . . .	473
1.1.4. Extraction selon la charge par chromatographie d'échange d'ions . . . . .	474
1.1.5. Extraction selon l'affinité. . . . .	475
1.2. Extraction des protéines faisant l'objet d'une production à l'échelle industrielle . . . . .	475
1.2.1. Lysozyme . . . . .	475
1.2.2. Ovotransferrine . . . . .	481
1.2.3. Avidine . . . . .	484
1.3. Extraction des protéines du blanc d'œuf à l'échelle du laboratoire . . . . .	488
2. Fractionnement des protéines, des lipoprotéines et des lipides du jaune d'œuf . . . . .	500
2.1. Extraction des fractions du jaune d'œuf . . . . .	500
2.2. Extraction et purification des lipoprotéines, protéines et lipides du jaune d'œuf . . . . .	501
2.2.1. Lipoprotéines de faible densité . . . . .	501
2.2.2. Phosvitine . . . . .	501
2.2.3. $\gamma$ -livétine . . . . .	504
2.2.4. Phospholipides . . . . .	504
Références bibliographiques . . . . .	506

## Chapitre 8

### Les ovoproduits impropres à la consommation humaine (ICH)

(Françoise Nau et Michel Pousset)

1. Nature et origine des produits ICH issus de la filière œufs et ovoproduits . . . . .	513
1.1. Œufs clairs . . . . .	513
1.2. Œufs non conformes pour la consommation humaine . . . . .	516
1.3. Rebutis de casseries . . . . .	517
1.4. Jus de coquilles . . . . .	517
1.5. Coquilles . . . . .	518
2. Procédés de transformation et filières de valorisation des produits d'œufs ICH . . . . .	519
2.1. Œufs clairs, œufs de 1 <sup>er</sup> tri, œufs non conformes et rebutis de casseries . . . . .	520

2.2. Jus de coquilles . . . . .	523
2.3. Coquilles . . . . .	523

## *Chapitre 9*

### **Réglementation européenne concernant les ovoproduits**

*(David Cassin)*

1. Définition réglementaire de l'ovoproduit . . . . .	527
2. Hygiène et sécurité des aliments . . . . .	528
2.1. Évolutions réglementaires : nouvelle approche . . . . .	528
2.2. Sécurité des aliments et responsabilités . . . . .	529
2.2.1. Denrée dangereuse . . . . .	529
2.2.2. Obligation de traçabilité . . . . .	529
2.3. Dispositions « hygiéniques » . . . . .	530
2.3.1. Dispositions transversales . . . . .	530
2.3.2. Agrément sanitaire . . . . .	531
2.3.3. Fabrication des ovoproduits . . . . .	533
2.4. Critères microbiologiques . . . . .	537
2.4.1. Ancienne approche . . . . .	537
2.4.2. Nouvelle approche . . . . .	537
2.5. Contrôles officiels . . . . .	539
3. Étiquetage . . . . .	540
3.1. Dispositions générales . . . . .	540
3.1.1. Dénomination de vente . . . . .	541
3.1.2. Liste des ingrédients . . . . .	542
3.1.3. Déclaration de la quantité de certains ingrédients . . . . .	542
3.1.4. Cas des ingrédients allergènes . . . . .	542
3.1.5. Date de durabilité . . . . .	543
3.2. Dispositions spécifiques . . . . .	543
3.3. Étiquetage nutritionnel . . . . .	543
3.4. Allégations nutritionnelles et de santé . . . . .	544
3.5. Perspectives . . . . .	544
4. Additifs et auxiliaires technologiques . . . . .	545
4.1. Additifs . . . . .	545
4.2. Auxiliaires technologiques . . . . .	548
4.3. Perspectives . . . . .	549
5. Ionisation . . . . .	549
6. Résidus de contaminants . . . . .	550
6.1. Pesticides . . . . .	550
6.2. Médicaments vétérinaires . . . . .	550
6.3. Autres contaminants . . . . .	551
7. Conclusion . . . . .	551
Références bibliographiques . . . . .	552

<b>Index . . . . .</b>	<b>555</b>
------------------------	------------