



COLLECTION
SCIENCES & TECHNIQUES
AGROALIMENTAIRES

Françoise Nau • Catherine Guérin-Dubiard
Florence Baron • Jean-Louis Thapon



052841

Science et technologie de l'œuf

Volume 2

De l'œuf aux ovoproduits

Editions
TEC
& **DOC**

Lavoisier

AGR 208/Vol 2

COLLECTION
SCIENCES & TECHNIQUES
AGROALIMENTAIRES



Président du Directoire : J.-L. MULTON

054041

②

Science et technologie de l'œuf



De l'œuf aux ovoproduits

Volume 2

Françoise Nau
Catherine Guérin-Dubiard
Florence Baron
Jean-Louis Thapon†

Coordonnateurs



11, rue Lavoisier
75008 Paris

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 serpinines : 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 bactericidal-permeability-increasing protein (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 « hot-filling »)	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 Pidan	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 microbologique 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 microbologique	342
8. Contrôle microbologique des ovoproduits	342
Références bibliographiques	344

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

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. γ -livétine	504
2.2.4. Phospholipides	504
Références bibliographiques	506

Les ovoproduits impropres à la consommation humaine (ICH)

(Françoise Nau et Michel Poussat)

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. Rebuts 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 ^{er} tri, œufs non conformes et rebuts 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

Index	555
-------------	-----

La filière de production et de transformation des œufs occupe une place majeure au sein des industries agroalimentaires avec une production mondiale estimée en 2007 à 1000 milliards d'œufs. Dotés de propriétés fonctionnelles très performantes, les œufs et les ovoproduits sont devenus omniprésents dans les aliments et constituent des atouts précieux pour le développement de produits nouveaux.

Fruit de la collaboration de 33 spécialistes internationaux reconnus, scientifiques et industriels, **Science et technologie de l'œuf** rassemble en deux volumes tous les savoir-faire et les acquis scientifiques mis à la disposition des acteurs du secteur, de l'amont jusqu'à l'aval de la filière. Il constitue une référence unique dans la littérature professionnelle.

Ce deuxième volume offre une présentation détaillée de la composition de l'œuf et un inventaire technologique complet de la transformation des œufs. Il propose de nombreuses applications innovantes concernant :

- les propriétés fonctionnelles, sensorielles et nutritionnelles de l'œuf ;
- les techniques d'élaboration et de stabilisation des ovoproduits ;
- les procédés de fractionnement des œufs ;
- la valorisation des sous-produits.

Véritable synthèse technique et scientifique, cet ouvrage s'appuie sur de nombreux résultats de recherche et références bibliographiques. Il s'adresse à tous les professionnels du secteur avicole et des ovoproduits (aviculteurs, producteurs d'œufs, fournisseurs et distributeurs) ainsi qu'à tous les services R&D et qualité des industries agroalimentaires. Il intéressera également les organismes de surveillance sanitaire, les étudiants et les enseignants mais aussi tous les consommateurs.

Françoise Nau, Catherine Guérin-Dubiard et Florence Baron sont enseignants-chercheurs au Département agroalimentaire d'Agrocampus Ouest situé à Rennes. Elles ont développé leurs activités de recherche dans le domaine de l'œuf et des ovoproduits. **Jean-Louis Thapon[†]** était également enseignant-chercheur dans ce même département. Il est à l'origine de la recherche sur les ovoproduits à Rennes.

978-2-7430-1224-3



9 782743 012243