

# Table des matières

<b>Remerciements</b> . . . . .	1
<b>Introduction</b> . . . . .	3
<b>Chapitre 1. Présentation de la matrice « ovoproduits »</b> . . . . .	5
Marc ANTON, Françoise NAU, Valérie LECHEVALIER et Anne MEYNIER	
1.1. Structure et composition des œufs de poule . . . . .	5
1.2. Caractéristiques biochimiques et structurales des protéines et des lipides de l'œuf . . . . .	8
1.2.1. Les protéines de l'albumen . . . . .	8
1.2.2. Les lipoprotéines et protéines du jaune d'œuf . . . . .	11
1.2.3. Les lipides du jaune . . . . .	13
1.3. Propriétés physico-chimiques et applications . . . . .	14
1.3.1. Propriétés interfaciales . . . . .	14
1.3.1.1. Propriétés moussantes des protéines de l'albumen . . . . .	14
1.3.1.2. Propriétés émulsifiantes des lipoprotéines du jaune . . . . .	16
1.3.2. Propriétés de gélification . . . . .	20
1.3.2.1. L'albumen . . . . .	20
1.3.2.2. Le jaune . . . . .	23
1.4. Des œufs aux ovoproduits . . . . .	24
1.4.1. Décontamination de la coquille d'œuf . . . . .	27
1.4.2. Cassage des œufs et séparation albumen/jaune . . . . .	27
1.4.3. Stabilisation des ovoproduits . . . . .	28
1.4.3.1. Destruction des micro-organismes : la pasteurisation . . . . .	28
1.4.3.2. Stabilité chimique : l'oxydation . . . . .	30

1.4.3.3. Inhibition de la croissance des micro-organismes : la diminution de l'activité de l'eau . . . . .	31
1.4.4. Ovoproduits de spécialité . . . . .	33
1.5. Applications industrielles spécifiques . . . . .	34
1.5.1. Le jaune d'œuf dans les sauces . . . . .	34
1.5.2. Le jaune d'œuf dans les produits sucrés . . . . .	36
1.5.3. L'albumen d'œuf pour des produits moussants . . . . .	37
1.5.4. L'utilisation d'œufs entiers . . . . .	38
1.6. Bibliographie . . . . .	39

## **Chapitre 2. Les mécanismes de l'altération des ovoproduits . . . . . 45**

Sophie JAN, Florence BARON, Rémy COAT et Olivier GONÇALVES

2.1. Introduction . . . . .	45
2.2. Les bactéries mises en jeu dans l'altération de l'œuf coquille . . . . .	46
2.3. Les bactéries mises en jeu dans l'altération de l'entier . . . . .	48
2.3.1. Les bactéries du groupe <i>Bacillus cereus</i> . . . . .	49
2.3.1.1. Présentation générale . . . . .	49
2.3.1.2. Les bactéries du groupe <i>Bacillus cereus</i> dans l'industrie des ovoproduits . . . . .	51
2.3.2. <i>Streptococcus</i> et <i>Enterococcus</i> . . . . .	52
2.3.2.1. Présentation générale . . . . .	52
2.3.2.2. Le genre <i>Streptococcus</i> . . . . .	54
2.3.2.3. Le genre <i>Enterococcus</i> . . . . .	55
2.3.2.4. Les bactéries du genre <i>Enterococcus</i> dans l'industrie des ovoproduits . . . . .	57
2.4. Les métabolismes bactériens susceptibles d'altérer l'entier . . . . .	58
2.4.1. L'entier en tant que milieu de culture optimal . . . . .	58
2.4.1.1. Les protéines de l'entier . . . . .	61
2.4.1.2. Les lipides de l'entier . . . . .	63
2.4.1.3. Les glucides de l'entier . . . . .	66
2.4.1.4. Les minéraux de l'entier . . . . .	66
2.4.1.5. Les vitamines de l'entier . . . . .	67
2.4.1.6. La couleur de l'entier . . . . .	68
2.4.2. Métabolisme des bactéries du groupe <i>B. cereus</i> . . . . .	68
2.4.2.1. Métabolisme central . . . . .	68
2.4.2.2. Activités protéolytiques . . . . .	70
2.4.2.3. Activités phospholipases . . . . .	73
2.4.2.4. Activités lipases . . . . .	74
2.4.2.5. Régulation de l'expression des activités hydrolytiques . . . . .	75

2.4.3. Métabolisme des entérocoques . . . . .	78
2.4.3.1. Métabolisme central . . . . .	78
2.4.3.2. Activités hydrolytiques des entérocoques . . . . .	79
2.4.3.3. Régulation des activités hydrolytiques des entérocoques . . . . .	84
2.4.4. Le <i>quorum sensing</i> dans les phénomènes d'altération . . . . .	86
2.5. Synthèse et mise en évidence de marqueurs potentiels de l'altération de l'entier. . . . .	89
2.5.1. Des marqueurs volatils potentiels . . . . .	90
2.5.2. Les acides organiques en tant que critères microbiologiques . . . . .	92
2.5.3. Autres marqueurs potentiels. . . . .	94
2.5.4. Méthodes proposées dans la littérature pour le dosage de marqueurs potentiels d'altération des ovoproduits. . . . .	95
2.6. Bibliographie. . . . .	96

### **Chapitre 3. Caractérisation de l'altération des ovoproduits par des approches ciblées et non ciblées . . . . . 125**

Rémy COAT, Boris GOUILLEUX, Gérald THOUAND, Ali ASSAF, Abdellah ARHALIASS, Jack LEGRAND, Anne THIERRY, Estelle MARTINEAU, Frédérique COURANT, Patrick GIRAUDEAU et Olivier GONÇALVES

3.1. Introduction. . . . .	125
3.2. Les analyses règlementaires pour la mesure de la qualité de l'entier liquide ne sont pas suffisantes pour estimer leur altération . . . . .	129
3.2.1. Critères physicochimiques. . . . .	130
3.2.2. Critères microbiologiques . . . . .	132
3.2.3. Limitations des analyses actuelles et importance de trouver des approches complémentaires . . . . .	133
3.3. La spectroscopie vibrationnelle permet de typer les grandes classes de molécules présentes dans la matrice de l'EL . . . . .	136
3.3.1. Généralités sur les avantages des techniques vibrationnelles . . . . .	136
3.3.2. La spectroscopie infrarouge (IR) . . . . .	136
3.3.2.1. Introduction générale sur le principe de la spectroscopie IR . . . . .	136
3.3.2.2. La spectroscopie moyen infrarouge (MIR). . . . .	142
3.3.2.3. La spectroscopie proche infrarouge (SPIR) . . . . .	150
3.3.3. La spectroscopie Raman . . . . .	155
3.3.3.1. Historique . . . . .	155
3.3.3.2. Principe . . . . .	155
3.3.3.3. Instrumentation . . . . .	158

---

3.3.3.4. Les principales bandes caractéristiques d'un spectre Raman . . . . .	161
3.3.3.5. Domaines d'application de la spectroscopie Raman . . . . .	161
3.4. La résonance magnétique nucléaire pour l'étude de la qualité des ovoproduits . . . . .	164
3.4.1. Introduction à la résonance magnétique nucléaire . . . . .	165
3.4.1.1. Principe de la RMN . . . . .	165
3.4.1.2. Diversité des techniques et des appareillages . . . . .	167
3.4.1.3. Avantages et limites de la RMN pour l'étude des ovoproduits . . . . .	169
3.4.2. Relaxométrie RMN . . . . .	171
3.4.2.1. Principe . . . . .	171
3.4.2.2. Application à l'étude des ovoproduits. . . . .	172
3.4.3. Spectroscopie RMN à haut champ . . . . .	173
3.4.3.1. Introduction . . . . .	173
3.4.3.2. Application à l'étude des ovoproduits. . . . .	175
3.5. La spectrométrie de masse . . . . .	177
3.5.1. Introduction . . . . .	177
3.5.2. La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse . . . . .	179
3.5.2.1. Quelques généralités . . . . .	179
3.5.2.2. Exemples d'application en recherche de marqueurs de l'altération des aliments . . . . .	181
3.5.3. La chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse . . . . .	188
3.5.3.1. Généralités sur la LC-MS . . . . .	188
3.5.3.2. Exemples d'application en recherche de marqueurs d'altération des aliments . . . . .	189
3.5.3.3. Vers une utilisation plus importante de la LC-MS ? . . . . .	190
3.5.4. Introduction directe par spectrométrie de masse. . . . .	190
3.5.4.1. Généralités sur l'introduction directe en spectrométrie de masse . . . . .	190
3.5.4.2. Quelles applications pour ces techniques d'introduction directe ? . . . . .	191
3.6. Conclusion . . . . .	191
3.7. Bibliographie . . . . .	192

---

<b>Chapitre 4. Potentiel des systèmes d'analyse en ligne pour le chémotypage de la matrice ovoproduct</b> . . . . .	203
Rémy COAT, Boris GOUILLEUX, Abdellah ARHALIASS, Jack LEGRAND, Gérald THOUAND, Estelle MARTINEAU, Ali ASSAF, Patrick GIRAUDEAU et Olivier GONÇALVES	
4.1. Introduction . . . . .	203
4.2. Les nouveaux systèmes d'analyse au cœur des procédés . . . . .	204
4.2.1. Introduction . . . . .	204
4.2.2. La norme NeSSI . . . . .	205
4.2.2.1. Historique . . . . .	205
4.2.2.2. Les objectifs technologiques de NeSSI . . . . .	205
4.2.2.3. Quelques exemples de micro-analyseurs compatibles avec la norme NeSSI . . . . .	207
4.2.2.4. Conclusion . . . . .	212
4.3. Les technologies analytiques transitoires, dites transportables ou de paillasse . . . . .	213
4.3.1. Les systèmes d'analyse chromatographique à détection simple ou couplés à la spectrométrie de masse . . . . .	213
4.3.2. Les systèmes permettant d'obtenir des signatures chimiques par spectrométrie vibrationnelle . . . . .	217
4.3.3. Les systèmes permettant d'obtenir des signatures chimiques par spectrométrie de résonance magnétique (RMN portable) . . . . .	220
4.4. Conclusion . . . . .	223
4.5. Bibliographie . . . . .	224
<b>Conclusion</b> . . . . .	227
<b>Liste des auteurs</b> . . . . .	229
<b>Index</b> . . . . .	231