COLLECTION
SCIENCES & TECHNIQUES
AGROALIMENTAIRES

Président du Directoire : J.-L. MULTON

Les vitamines dans les industries agroalimentaires

Claude Fernand Bourgeois

Coordonnateur

Editions TEC & DOC

11, rue Lavoisier
75008 Paris

LONDRES - PARIS - NEW YORK

Chez le même éditeur

La science alimentaire de A à Z
J. Adrian, J. Potus, R. Frangne, 3e édition, 2002

Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires
collection « Sciences et techniques agroalimentaires »
J.-L. Multon, coord., 3e édition, 2002

Aliments fonctionnels
collection « Sciences et techniques agroalimentaires »
M. Roberfroid, coord., 2002

Introduction à la nutrition des animaux domestiques
C. Jean-Blain, 2002

Apports nutritionnels conseillés pour la population française
A. Martin, coord., AFSSA, 3e édition, 2001

Précis des risques alimentaires
M. Moll, N. Moll, 2000

Compléments alimentaires et aliments santé
P. Deprez, J.-C. André, 1999

© LAVOISIER, 2003

ISSN : 0243-5624

ISBN : 2-7430-0524-6

Catalogage Électre-Bibliographie (avant publication)

Les vitamines dans les industries agroalimentaires/dir. Claude Bourgeois – Paris : Tec et Doc, 2003. – (Sciences & techniques agroalimentaires)

ISBN : 2-7430-0524-6

RAMEAU : aliments : teneur en vitamines
aliments enrichis : industrie et commerce
vitamines dans l'alimentation

DEWEY : 664.1 : Technologie des aliments. Technologie des industries alimentaires et agroalimentaires.
Questions générales

Public concerné : Professionnel, spécialiste.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins - 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1er juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

Liste des auteurs

Hamou Ait-Hadad
Docteur en médecine
UMR Inserm/Inra/Cnam
5, rue Vertbois
75003 Paris

Norbert Albers
Docteur et ingénieur agronome
Division régionale de l'Europe de l'Est, de l'Afrique et de l'Asie de l'Ouest
BASF/AG
67056 Ludwigshafen, Allemagne

André Appert
Docteur vétérinaire
Ancien responsable des affaires réglementaires Aventis Animal Nutrition
40, rue Saint Charles
78000 Versailles

Bruno Baudoin
DEA Génie enzymatique de l'UTC de Compiègne et 3e cycle Igia (Essec, Cergy)
111, rue Marcadet
75018 Paris

Jean-Pierre Belliot
Licencié ès sciences
Ancien responsable de l'assistance technique au LBTA, Roche Vitamines France à Fontenay-sous-Bois
30, rue du Maréchal de Lattre de Tassigny
94370 Sucy-en-Brie

Jean-Claude Blum
Docteur ès sciences
Docteur vétérinaire
Directeur de recherche honoraire Inra
Membre de l'Académie d'agriculture
43, boulevard Heurteloup
37000 Tours

Claude Fernand Bourgeois
Docteur ès sciences
Ingénieur chimiste Insa, Lyon
Master of sciences Wayne State University (USA)
Ancien directeur du LBTA, Roche Vitamines France, Fontenay-sous-Bois
42, rue du Rendez-vous
75012 Paris

Ana Burnat Vilà
Diététicienne
Service nutrition, Danone SA Barcelone
C/Buenos Aires, 21
08029 Barcelona, Espagne

Jacques Chemillier
Ingénieur agronome INA
Master of Science Cornell University
Ancien responsable de la documentation sur les vitamines dans la nutrition animale, Produits Roche
Ancien rédacteur Aqua Revue
55, avenue Jean Moulin
75014 Paris

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

Josée Cloutier
Bsc food science – McGill University
Responsable de la réglementation scientifique (1989-2002)
Kellogg's P.A.
Chef de groupe Pôle scientifique
Centre d'information des viandes
64, rue Taitbout
75008 Paris

Daniel Cosset
Maîtrise ès sciences
Ancien conseiller scientifique et réglementaire, Nestlé
22, rue Francine
78450 Villepreux

Alain Dehut
Ingénieur Ensic de Nancy
Manager Projets industriels, Rhodia Sciences de la vie
Rhodia life science systems
190, avenue Thiers
69457 Lyon cedex 06

Laurent Dussert
Ingénieur en agriculture, ISA de Lille
Ancien responsable formulation vitamines, Aventis Animal Nutrition
Lallemand Nutrition Animale
19, rue des briquetiers
31700 Blagnac

Anne Enon †
Ingénieur agroalimentaire
Responsable réglementation Bestfoods France

Mario Federici
Ingénieur chimiste ENSC Montpellier
Manager logistique diplômé de l'ENPC Marne-la-Vallée
16, allée des Tilleuls
45380 La Chapelle St Mesmin

Ismène Giachetti
Docteur ès sciences
Responsable affaires scientifiques et réglementaires
Unilever Bestfoods France
23, rue François Jacob
92842 Rueil-Malmaison

Roland Gissinger
Ingénieur Ensbana
Responsable assurance qualité
Eckes Granini France SNC
Zone industrielle Rimsdorf
67269 Sarre Union

Jean-Claude Guilland
Docteur ingénieur
Maître de conférences, praticien hospitalier
Unité neuromédiateurs et vitamines
Hôpital général
BP 1519
21033 Dijon cedex

Alain Guyonvarch
Ingénieur ENSA
Directeur scientifique
Evialis, BP 235
56006 Vannes

Catherine Hamelin
Ingénieur agronome INA-PG
Responsable technique et réglementaire département nutrition et santé animales
Roche Vitamines France
20-26, bd du Parc
92521 Neuilly-sur-Seine cedex

Serge Hercberg
Docteur ès sciences
Docteur en médecine
Directeur de l'UMR U 557 Inserm/U1125 Inra/Cnam et de l'unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle
Istna/Cnam
5, rue Vertbois
75003 Paris

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

Sophie Hrebicek
Ingénieur Ensaia
Responsable qualité et développement
Européenne d'embouteillage
433, chemin des Matouses
84470 Châteauneuf-de-Gadagne

Guy Janssens
Docteur en médecine vétérinaire
Technical marketing manager
Roche Vitamins Europe, Deinze, Belgique
Nutri-Ad International
Tielenseweg 14 Box 1
B-2460 Kasterlee, Belgique

Wilhelm Johannisbauer
Docteur Ingénieur (Dr. Ing.)
Cognis Deutschland GmbH
Henkelstrasse, 67
D-40551 Düsseldorf, Allemagne

Thomas Keller
Docteur ès sciences agronome
et ingénieur agronome
Global technical marketing manager
animal nutrition
BASF Aktiengesellschaft
Strategic Marketing Fine Chemicals
D-67056 Ludwigshafen, Allemagne

Yves Le Bail-Collet
Docteur en médecine vétérinaire,
Maîtrise de droit
Membre du groupe de travail
Nutriments et allégations du Synpa
Cerestar Vilvoorde
R et D Centre
Havenstraat 84
B-1800 Vilvoorde, Belgique

François Lebas
Ingénieur Agronome
Directeur de recherches Inra
Station de recherches cunicoles
BP 27
31326 Castanet-Tolosan cedex

Jean Le Grusse
Docteur en médecine
Médecin conseil au CEIV
7, rue Joseph Vié
31300 Toulouse

Alain Lemoine
Docteur en médecine
Chef de service gastroentérologie
nutrition
Centre hospitalier
58020 Nevers

Jean-Pierre Mareschi
Docteur en nutrition
Ingénieur biochimiste Insa – Lyon
Ancien directeur des relations
scientifiques et internationales,
groupe Danone, Paris
16, boulevard du Parc
92200 Neuilly-sur-Seine

Lucile Martin
Docteur en médecine vétérinaire
Docteur en nutrition
Maître de conférences
Unité de nutrition et endocrinologie
École nationale vétérinaire de Nantes
Route de Gachet
BP 40706
44307 Nantes cedex 3

Jose-Antonio Mateos Guardia
Pharmacien, ingénieur agronome,
Diplômé en biotechnologie et nutrition
Responsable du service nutrition
Danone à Barcelone
Danone SA
C/Buenos Aires, 21
08029 Barcelona, Espagne

Jean-Pierre Melcion
Ingénieur agronome
Ingénieur de recherches
Inra
Département de transformation
des produits végétaux
Rue de la Géraudière, BP 71627
44316 Nantes cedex 3

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

Juliette Mélédié
Maîtrise de biochimie
DESS communication scientifique
Membre du groupe de travail
Nutriments et allégations du Synpa
Assistante technique Synpa (Syndicat national des producteurs d'additifs et d'ingrédients alimentaires)
41 bis, boulevard de Latour Maubourg
75007 Paris

Catherine Mignot
Ingénieur Ensbana (Dijon)
Présidente du groupe de travail
Nutriments et allégations du Synpa
(Syndicat national des producteurs d'additifs et d'ingrédients alimentaires).
Responsable de la communication et de la réglementation
Roche Vitamines France
20-26, bd du Parc
92521 Neuilly-sur-Seine cedex

Eric Postaire
Docteur ès sciences pharmaceutiques
Ancien directeur santé-nutrition, centre de recherche Danone
Directeur du développement international
Laboratoire Œnobiol
59, bd Exelmans
75016 Paris

Geneviève Potier de Courcy
Docteur ès sciences
Chercheur CNRS
Cnam-Istna
2, rue Conté
75003 Paris

Brahim Rahim
Docteur en médecine
UMR Inserm/Inra/Cnam
5, rue Vertbois
75003 Paris

Willy Schüep
Docteur ès sciences
Ancien directeur du laboratoire d'analyse des vitamines dans les milieux biologiques et les aliments
F. Hoffmann La-Roche à Bâle, Suisse
Florastrasse, 8
CH-4127 Birsfelden, Suisse

Jean-Louis Tisserand
Ingénieur Ina
Professeur émérite
Enesad
26, boulevard du Docteur Petitjean
BP 87999
21079 Dijon cedex

Jean-Claude Tritsch
Pharmacien
Docteur en pharmacie
Director technical customer service and production support
Roche vitamins Inc.
253 Roche Drive
Belvidere NJ 07823, USA

Gilbert Weber
Docteur ès sciences
Global technical marketing manager
Roche Vitamins Ltd
Business Unit Feed
CH-4070 Bâle, Suisse

Bernard Yon
PhD Cornell University
Diplômé de l'Essec
Ingénieur en agriculture
Membre du comité de direction de Brioche Pasquier
Associé société de conseil Pasquier et Yon Conseil
14, rue Pierre Lavoye
95300 Pontoise

Avant-propos

Ce livre sur les vitamines, rédigé par 43 experts du domaine, sera une aide précieuse, je l'espère, pour les professions concernées par l'alimentation.

Il s'est donné pour but de mettre à la disposition du lecteur des connaissances mises à jour, rassemblées, classées, et commentées.

Les auteurs de cet ouvrage collectif sont tous des professionnels de la santé, de la nutrition, de l'industrie agroalimentaire, qui connaissent bien les problèmes relatifs aux vitamines, chacun dans son domaine propre.

Il y a un besoin évident, dans les professions concernées, pour un ouvrage de synthèse qui réponde à la plupart des questions que l'on peut se poser sur les vitamines.

J'espère que cet ouvrage remplira son rôle, que le lecteur appréciera les nombreuses informations qu'il pourra y trouver, et, qu'ainsi, son travail s'en trouvera simplifié.

Je voudrais dédier ce livre à la mémoire d'Anne Enon et de Jean-Jacques Vorsanger, dont la disparition soudaine nous a tant attristés. Anne était membre du bureau technique de la Cedap et c'est là que je l'ai connue et appréciée. Jean-Jacques était un ami de longue date, collègue de Roche. C'était un grand chimiste organicien. Il avait entrepris de rédiger un chapitre sur la synthèse des vitamines, mais il n'a pu l'achever.

Je remercie tous les auteurs des différents chapitres, dont j'ai apprécié la compétence et l'enthousiasme.

Claude Bourgeois

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

Table des matières

Première partie

Aspects généraux

Sous-partie 1

Chapitre 1

Structure chimique et propriétés physicochimiques *(Jean Le Grusse)* _____ 5

1. Généralités 5
   1.1. Définition 5
   1.2. Structure chimique 5
   1.3. Propriétés physicochimiques 5
2. Vitamine A 6
   2.1. Structure chimique 6
   2.2. Formules développées 7
   2.3. Propriétés physicochimiques 7
3. Vitamine D 7
   3.1. Structure chimique 7
   3.2. Formules développées 8
   3.3. Propriétés physicochimiques 8
4. Vitamine E 9
   4.1. Structure chimique 9
   4.2. Formules développées 9
   4.3. Propriétés physicochimiques 10
5. Vitamine K 10
   5.1. Structure chimique 10
   5.2. Formules développées 10
   5.3. Propriétés physicochimiques 11
6. Vitamine B_1 11

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

6.1. Structure chimique 11
6.2. Formules développées 11
6.3. Propriétés physicochimiques 12
7. Vitamine B_2 12
7.1. Structure chimique 12
7.2. Formules développées 13
7.3. Propriétés physicochimiques 13
8. Vitamine PP 14
8.1. Structure chimique 14
8.2. Formules développées 14
8.3. Propriétés physicochimiques 15
9. Vitamine B_5 15
9.1. Structure chimique 15
9.2. Formules développées 16
9.3. Propriétés physicochimiques 17
10. Vitamine B_6 17
10.1. Structure chimique 17
10.2. Formules développées 17
10.3. Propriétés physicochimiques 18
11. Vitamine B_8 18
11.1. Structure chimique 18
11.2. Formules développées 18
11.3. Propriétés physicochimiques 19
12. Vitamine B_9 19
12.1. Structure chimique 19
12.2. Radicaux fixés aux dérivés THF 19
12.3. Formules développées 20
12.4. Propriétés physicochimiques 21
13. Vitamine B_{12} 21
13.1. Structure chimique 21
13.2. Formules développées 21
13.3. Propriétés physicochimiques 22
14. Vitamine C 22
14.1. Structure chimique 22
14.2. Formules développées 23
14.3. Propriétés physicochimiques 23
Références bibliographiques 23

Chapitre 2

Répartition des vitamines dans la nature *(Jean-Claude Guilland)* 25

1. Facteurs de variation de la teneur en vitamines 26
2. Protistes 29
2.1. Algues 29
2.2. Champignons 32
2.3. Bactéries 32
3. Monde végétal 34
3.1. Céréales 34

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

3.1.1. Vitamines du grain entier 34
3.2. Légumes et fruits 37
3.3. Graines et fruits oléagineux 40
4. Monde animal 42
4.1. Produits carnés 43
4.2. Lait 44
4.3. Œufs 47
4.4. Poisson et produits de la mer 49
5. Autres 52
5.1 Insectes 52
Références bibliographiques 52

Sous-partie 2
Sources industrielles

Chapitre 3

Synthèses des vitamines hydrosolubles *(Mario Federici)* 59

1. Vitamine C 59
2. Thiamine (vitamine B_1) 60
3. Vitamine B_6 63
4. Acide folique 65
5. Acide pantothénique 67
6. Biotine 68
7. Niacine (vitamine B_3) 69
8. Vitamine E 69
8.1. Synthèse de la chaîne latérale 70
8.2. Synthèse de la partie dihydrobenzopyrane 70
Références bibliographiques 70

Chapitre 4

Synthèse des vitamines liposolubles *(Alain Dehut)* 71

1. Vitamine A 71
1.1. Synthèses industrielles 71
1.1.1. Synthèse de la bêta-ionone 71
1.1.2. Synthèse de l'acétate de rétinol 72
2. Vitamine E 74
2.1. Synthèses industrielles 74
2.1.1. Synthèse de l'acétate de tocophérol 74
2.1.2. Synthèse de la 2,3,6-triméthylhydroquinone (TMHQ) 74
2.1.3. Synthèse d'isophytol 75
3. Vitamine D 76
3.1. Synthèse industrielle de la vitamine D_3 77
4. Vitamine K 78
Références bibliographiques 79

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

Chapitre 5

Extraction des vitamines d'origine naturelle *(Bruno Baudoin et Wilhelm Johannisbauer)* 81

1. Vitamine E, tocophérol, tocotriénol . . . 81
   1.1. Sources naturelles . . . 83
   1.2. Procédé de séparation des tocophérols . . . 83
      1.2.1. Production et raffinage d'huiles végétales . . . 84
      1.2.2. Procédé de concentration préliminaire . . . 86
      1.2.3. Purification finale . . . 89
   1.3. Transformation du mélange de tocophérols en alpha-tocophérol . . . 91
      1.3.1. Séparation des isomères de tocophérol . . . 91
      1.3.2. Conversion chimique . . . 91
   1.4. Dérivés du tocophérol . . . 92
      1.4.1. Esters de tocophérol . . . 92
   1.5. Tocotriénols . . . 92
      1.5.1. Procédé de séparation des tocotriénols . . . 93
2. Vitamine A, caroténoïdes, bêta-carotène . . . 93
   2.1. Introduction . . . 93
   2.2. Sources naturelles . . . 94
      2.2.1. Huile de palme . . . 95
      2.2.2. Algue *Dunaliella salina* . . . 96
      2.2.3. Production fongique de β-carotène . . . 97

Références bibliographiques . . . 97

Sous-partie 3

Chapitre 6

Analyse des vitamines dans les aliments *(Willy Schüep)* 103

1. Laboratoire et équipement . . . 104
2. Vitamines liposolubles . . . 104
   2.1. Vitamine A . . . 104
      2.1.1. Formules et propriétés . . . 104
      2.1.2. Dosage . . . 105
   2.2. Provitamine A . . . 107
      2.2.1. Formules et propriétés . . . 107
      2.2.2. Dosage . . . 108
   2.3. Vitamine E . . . 111
      2.3.1. Formules et propriétés . . . 111
      2.3.2. Dosage . . . 112
   2.4. Vitamine D . . . 114
      2.4.1. Formules et propriétés . . . 115
      2.4.2. Dosage . . . 116
   2.5. Vitamine K . . . 118
      2.5.1. Formules et propriétés . . . 118
      2.5.2. Dosage . . . 119
3. Vitamines hydrosolubles . . . 120

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

3.1. Thiamine – vitamine B_1 121
3.1.1. Formules et propriétés 121
3.1.2. Dosage du dérivé thiochrome 121
3.1.3. Dosage par CLHP 122
3.2. Riboflavine – Vitamine B_2 123
3.2.1. Formules et propriétés 123
3.2.2. Dosage 124
3.3. Pyridoxine – Vitamine B_6 125
3.3.1. Formules et propriétés 125
3.3.2. Dosage 125
3.4. Vitamine B_{12} 127
3.4.1. Formule et propriétés 127
3.4.2. Dosage 128
3.5. Folates 129
3.5.1. Formule et propriétés 129
3.5.2. Dosage 129
3.6. Acide pantothénique 130
3.6.1. Formules et propriétés 130
3.6.2. Dosage 131
3.7. Biotine 132
3.7.1. Formule et propriétés 132
3.7.2. Dosage 132
3.8. Acide nicotinique et nicotinamide (niacine) 134
3.8.1. Formules et propriétés 134
3.8.2. Dosage 135
3.9. Vitamine C 137
3.9.1. Formules et propriétés 137
3.9.2. Méthodes de dosage 138
Références bibliographiques 139

Deuxième partie
Alimentation humaine

Sous-partie 1

Chapitre 7

Les vitamines : rôles nutritionnels chez l'homme *(Alain Lemoine)* _____ 147

1. Nomenclature et classification pratiques 148
1.1. Hydro ou liposolubilité 148
1.2. Classification 149
2. Des rôles très divers, ubiquitaires 150
2.1. Exemples de rôles plastique ou trophique 150
2.1.1. Métabolisme osseux 151
2.1.2. Métabolismes cutanéomuqueux et rétinien 151
2.1.3. Exemple du métabolisme membranaire 151
2.1.4. Exemple du métabolisme du tissu conjonctif 152

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

2.1.5. Acides nucléiques 152
2.2. Rôle hormonal 153
2.2.1. Vitamine D 153
2.2.2. Fonctions hormonales de la vitamine A 153
2.3. Rôle de transporteur 153
2.4. Rôle de coenzyme : les vitamines clés du métabolisme 154
2.5. Rôle de protection 155
2.5.1. Protection directe, chimique, et rôle « trophique » 155
2.5.2. Lutte contre les radicaux libres 155
3. Fragilités métaboliques 156
3.1. Le métabolisme vitaminique peut être perturbé par des états pathologiques 156
3.1.1. Troubles de l'absorption 156
3.1. 2. Réductions de la mise en réserve et de l'activation 157
3.1.3. Anomalies du transport sanguin et de la clairance des vitamines 157
3.2. En cas d'alimentation déséquilibrée 157
3.2.1. Végétarisme et végétalisme 158
3.2.2. Régime sans résidu 158
3.2.3. Régime hypo-énergétique 158
3.3. Les perturbations du métabolisme vitaminique peuvent aggraver un état pathologique préexistant 159
3.3.1. Augmentation du catabolisme vitaminique (alcoolisme, tabagisme…) . . . 159
3.3.2. Anomalies en rapport avec des interférences métaboliques 159
4. Les caractéristiques énoncées ci-dessus sont déterminantes 160
4.1. Quelles sont les vitamines qui risquent le plus d'être déficientes ? 160
4.2. Quelles sont les conditions qui favorisent les déficiences ? 160
4.3. Quels sont les groupes de population les plus concernés par les déficiences ? . . . 161
4.4. Quelles sont les conséquences prouvées ou suspectées de ces déficiences ? 161
5. Place des vitamines dans l'alimentation 162
6. Conclusion générale 162
Références bibliographiques 163

Chapitre 8

Apports nutritionnels conseillés *(Geneviève Potier de Courcy)* 165

1. Que représentent les apports conseillés ou ANC ? 165
1.1. Définition théorique et statistique des ANC 165
1.2. Position des ANC par rapport aux autres repères de définition des apports 167
2. Valeurs conseillées 168
2.1. Situation actuelle 168
2.2. Modifications introduites pour l'adulte 169
2.3. Données concernant les enfants et les adolescents 170
3. Rôles et utilisations des ANC 172
3.1. Estimation des apports sur une population 172
3.1.1. Application de la méthodologie à la comparaison entre groupes 173
3.1.2. Application de la méthodologie selon les valeurs de référence de chaque pays 175
3.2. Simulations 176
3.3. Recommandations et applications aux différents groupes 177

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

3.4. Aide à la décision en santé publique 177
3.5. Réglementation ; étiquetage 178
4. Limites, potentialités et perspectives 179
4.1. Évaluation précise des besoins et des risques 179
4.2. Évaluation précise des apports 180
Conclusion 180
Références bibliographiques 180

Chapitre 9

Enquêtes nutritionnelles et études épidémiologiques sur le statut vitaminique des français : de l'évaluation à la compréhension des relations avec la santé
(Serge Hercberg, Brahim Rahim, Hamou Ait-Hadad) 183

1. Le statut vitaminique de la population française 184
1.1. Il n'existe pas de carence vitaminique majeure 184
1.2. Mais l'apport alimentaire en certaines vitamines ne semble pas optimal 184
1.3. Des fractions de la population présentent des valeurs « basses » pour les marqueurs biologiques du statut vitaminique 185
2. Connaissances sur les relations entre le statut minéral et vitaminique et la santé 187
2.1. Études de corrélation géographiques (ou études descriptives, ou études écologiques) 188
2.2. Études de corrélation cas/témoin et études de corrélation prospectives 188
2.3. Études de corrélation d'intervention 188
3. Conclusion 189
Références bibliographiques 190

Chapitre 10

Intérêt nutritionnel de l'addition de vitamines aux aliments
(Josée Cloutier et Jean-Pierre Mareschi) 193

1. Historique de l'enrichissement des aliments : hier et aujourd'hui 194
1.1. Hier 194
1.2. Aujourd'hui 194
2. Statut nutritionnel des populations 196
2.1. Aspects méthodologiques 197
2.2. Situation en France 197
2.3. Situation dans l'Union européenne 198
2.4. Statut nutritionnel des populations et évolution de leurs comportements alimentaires 199
2.5. Conclusions 200
3. Intérêt nutritionnel de l'addition de vitamines aux aliments 200
3.1. Quelles sont les diverses méthodes pour restaurer une situation nutritionnelle plus satisfaisante ? 201
3.2. Connaissances et attitudes de certains groupes de la population française face à l'alimentation, la nutrition et la santé 202
3.3. Le Programme national nutrition-santé a défini des objectifs de santé publique fondés sur la prévention 203
3.4. Une stratégie d'intervention pragmatique : éducation plus enrichissement 204

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

3.5. Mesure de la contribution de l'éducation 204
3.6. Mesure de la contribution de l'enrichissement des aliments 205
3.7. Influence des subcarences en vitamines sur la santé 207
4. Principes d'addition de nutriments aux aliments 208
5. Les divers facteurs qui permettent la maîtrise de la consommation de vitamines à travers leur addition aux aliments 209
5.1. L'addition de vitamines aux aliments est un processus auto-limitatif 210
5.2. Consommations alimentaires en France et au Royaume-Uni et limites de sécurité 210
5.5. Conclusions sur la sécurité de l'enrichissement 211
6. Conclusions générales 212
Références bibliographiques 213

Chapitre 11

Nutrition, santé et vitamines *(Éric Postaire)* 219

1. Rôle des vitamines dans la prévention et le traitement de maladies 219
1.1. Maladies cardiovasculaires 219
1.2. Cancer 220
1.2.1. Vitamines liposolubles 220
1.2.2. Vitamines hydrosolubles 221
1.3. Ostéoporose 222
1.4. Troubles digestifs 224
1.5. Maladies infectieuses 224
1.6. Vieillissement cérébral et état démentiel 225
2. Cibles particulières bénéficiant d'un effet « santé » de vitamines 227
2.1. Grossesse 227
2.2. Nouveau-né 227
2.3. Enfant 228
2.4. Sportif 229
2.5. Personnes âgées 229
3. Maladies liées aux carences vitaminiques, prise en charge nutritionnelle 229
4. Conclusion 231
Références bibliographiques 231

Chapitre 12

Le marketing des vitamines *(Bernard Yon)* 233

1. Compléments nutritionnels 234
1.1. Fondement de l'utilité des compléments nutritionnels 234
1.2. Dosages et prix des produits 235
1.3. Distribution 236
2. Produits alimentaires vitaminés 239
2.1. Fondement du marketing du produit alimentaire vitaminé 239
2.2. Marque d'accompagnement 241
3. Qualité des produits carnés 243
3.1. Amélioration de la conservation en termes de marketing 243
3.2. Accroissement de coût et accroissement de prix 244

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

4. Conclusion 245
Références bibliographiques 246

Chapitre 13

Addition des vitamines dans les produits alimentaires – Point de la législation française *(Catherine Mignot, Yves Le Bail-Collet et Juliette Mélédié)* 247

1. Généralités 248
   1.1. Dans quels cas peut-on ajouter des vitamines et des minéraux aux produits alimentaires ? 248
   1.2. Définitions des termes et concepts 248
      1.2.1. Denrées d'alimentation courante 248
      1.2.2. Denrées destinées à une alimentation particulière (DDAP) 248
      1.2.3. Compléments alimentaires 249
      1.2.4. Restauration 249
      1.2.5. Fortification ou enrichissement 249
      1.2.6. Aliments de remplacement et équivalence nutritionnelle 251
2. Produits d'alimentation courante – Cas général hors compléments alimentaires 251
   2.1. Restauration des aliments courants 251
   2.2. Fortification – Enrichissement des aliments courants 251
3. Denrées destinées à une alimentation particulière (DDAP) 252
   3.1. Différentes catégories de DDAP 252
   3.2. Restauration des DDAP 253
   3.3. Enrichissement des DDAP 254
4. Procédure applicable à l'addition de vitamines et de minéraux dans les denrées d'alimentation courante ou dans les DDAP 255
   4.1. Produits restaurés 255
   4.2. Produits enrichis 255
      4.2.1. DDAP 255
      4.2.2. Aliments courants 255
5. Compléments alimentaires 256
   5.1. Complément alimentaire répondant à la définition d'une DDAP 256
   5.2. Complément alimentaire ne répondant pas à la définition d'une DDAP 257
      5.2.1. Substances 257
      5.2.2. Doses 257
   5.3. Critères d'identité et de pureté 257
6. Entraves aux échanges 258
7. Étiquetage – Allégations 259
   7.1. Étiquetage nutritionnel 259
      7.1.1. Exemples 260
      7.1.2. À noter 2 points 260
   7.2. Allégations 260
      7.2.1. Allégations nutritionnelles 260
      7.2.2. Allégation santé 261
   7.3. Évolutions futures 262
      7.3.1. Initiatives françaises 262
      7.3.2. Initiative communautaire 263

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

8. Principales références – Liste au 13 mars 2002 263
8.1. Au niveau européen 263
8.1.1. Textes généraux 263
8.1.2. Directives spécifiques de l'alimentation particulière 264
8.1.3. Étiquetage 265
8.1.4. Étiquetage nutritionnel 265
8.1.5. Projets 265
8.1.6. Papiers de discussion 265
8.1.7. Avis du SCF (Scientific Committee on Food) 266
8.1.8. Document technique du Conseil de l'Europe 266
8.1.9. Position de la CIAA (Confédération des industries agroalimentaires de l'UE) 266
8.2. Au niveau français 267
8.2.1. Textes généraux 267
8.2.2. Textes spécifiques à l'alimentation particulière 267
8.2.3. Étiquetage 268
8.2.4. Note d'information de l'Administration 268
8.2.5. Avis des instances consultatives 269

Chapitre 14

Formes technologiques des vitamines pour l'alimentation humaine *(Jean-Claude Tritsch)* 271

1. Exigences de l'industrie agroalimentaire 272
1.1. Stabilité 272
1.2. Mise en œuvre 273
1.3. Solubilité 273
1.4. Biodisponibilité 273
1.5. Caractéristiques organoleptiques 274
2. Formulation des vitamines liposolubles 274
2.1. Microencapsulation 274
2.1.1. Matières premières 275
2.1.2. Technique de microencapsulation 277
2.2. Traitements complémentaires 283
2.2.1. Réticulation thermique 283
2.2.2. Enrobage 283
3. Formulation des vitamines hydrosolubles 284
3.1. Spray cooling et Spray chilling 284
3.2. Granulation 285
3.3. Enrobage 285
4. Conclusion 285
Références bibliographiques 286

Chapitre 15

Stabilité des vitamines *(Jean-Pierre Belliot)* 289

1. Sensibilité spécifique de chaque vitamine 290
1.1. Vitamines liposolubles 290

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

1.1.1. Vitamine A 290
1.1.2. β-carotène 291
1.1.3. Vitamine D 292
1.1.4. Vitamine E 293
1.1.5. Vitamine K 294
1.2. Vitamines hydrosolubles 294
1.2.1. Vitamine C 294
1.2.2. Vitamine B_1 296
1.2.3. Vitamine B_2 298
1.2.4. Vitamine B_3 (PP) 299
1.2.5. Vitamine B_5 299
1.2.6. Vitamine B_6 300
1.2.7. Vitamine B_9 301
1.2.8. Vitamine B_{12} 302
1.2.9. Biotine 304
2. Interactions 304
2.1. Entre les vitamines 304
2.2. Entre les vitamines, les ions métalliques et autres produits 304
3. Cinétique de dégradation des vitamines 305
4. Stabilité des vitamines dans les aliments courants 306
4.1. Traitements de conservation 309
4.1.1. Blanchiment des légumes 309
4.1.2. Pasteurisation 309
4.1.3. Stérilisation 309
4.1.4. Ionisation 310
4.2. Stockage 310
4.2.1. Réfrigération 311
4.2.2. Congélation 312
4.2.3. Déshydratation 313
4.2.4. IVe gamme 313
5. Traitements culinaires ménagers 313
5.1. Cuisson au four 313
5.2. Cuisson à l'eau 315
5.3. Cuisson à l'huile 315
5.4. Grillade 316
5.5. Chauffage par micro-ondes 316
6. Restauration collective 316
7. Traitements industriels 317
8. Aliments supplémentés en vitamines 318
8.1. Stabilité des vitamines au cours du processus de fabrication 318
8.1.1. Solutions aqueuses concentrées de vitamines devant être introduites dans le processus de fabrication 318
8.1.2. Processus de fabrication 319
8.2. Stabilité des vitamines au cours du stockage des produits supplémentés 319
8.2.1. Température 320
8.2.2. Humidité 320
8.2.3. pH 320
8.2.4. Présence de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 320
8.2.5. Oxygène 320

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

8.2.6. Lumière 322
8.2.7. Conditionnement 324
9. Stabilité moyenne des vitamines dans des aliments supplémentés 324
10. Comment palier les pertes – Surdosages à appliquer 326
Références bibliographiques 327

Sous-partie 2

Filières

Chapitre 16

Les vitamines dans le lait
(Jose-Antonio Mateos Guardia et Anna Burnat Vilà) 335

1. Vitamines du lait 335
1.1. Influence de l'alimentation 338
1.2. Vitamines dans le lait maternel 339
2. Effet des traitements sur les vitamines 340
2.1. Traitements thermiques 340
2.2. Fermentation 341
2.2.1. Lait de base 342
2.2.2. Types de micro-organismes 342
2.2.3. Conditions d'incubation 342
2.2.4. Entreposage 342
3. Produits lactés 342
3.1. Produits lactés fermentés 342
3.2. Fromage 345
7. Conclusion 345
Références bibliographiques 346

Chapitre 17

Alimentation infantile *(Daniel Cosset)* 347

1. Alimentation des nourrissons et enfants en bas âge 347
2. Vitamines dans les laits pour nourrissons 348
2.1. Réglementation internationale 348
2.1.1. *Codex alimentarius* 349
2.1.2. Communauté européenne 349
2.1.3. France 349
2.1.4. Laits « Gounelle » 350
3. Apports nutritionnels conseillés et quantités à prendre en compte dans les préparations pour nourrissons 350
3.1. Apports nutritionnels conseillés 350
3.2. Vitamine D 351
3.3. Vitamine K 351
4. Préparations et laits pour nourrissons 351
5. Préparations et laits de suite 353
5.1. *Codex alimentarius* 353
5.2. Communauté européenne et France 353

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

6. Laits de croissance 355
7. Aliments de diversification 355
7.1. Céréales et aliments pour bébés 355
7.2. *Codex alimentarius* 356
7.3. Communauté européenne et France 356
7.4. Limites maximales pour les vitamines 357
8. Absorption des vitamines 357
8.1. Vitamines liposolubles 358
8.2. Vitamines hydrosolubles 359
9. Contraintes technologiques 359
10. Conclusion 359
Références bibliographiques 359

Chapitre 18

Les vitamines dans les boissons aux fruits *(Sophie Hrebicek)* 361

1. Boissons naturellement riches en vitamines 362
1.1. Vitamines naturellement présentes dans les fruits 362
1.2. Vitamines naturellement présentes dans les boissons aux fruits 363
1.2.1. Différentes boissons aux fruits 363
1.2.2. Effet du process 365
1.2.3. Effet de l'emballage 370
1.2.4. Effet du stockage et du mode de consommation 373
2. Boissons supplémentées en vitamines 374
2.1. Vitamines ajoutées pour enrichir la boisson 375
2.1.1. Raisons d'une supplémentation en vitamines 375
2.1.2. Législation 375
2.1.3. Différentes boissons supplémentées en vitamines 379
2.2. Vitamines ajoutées pour colorer la boisson 380
2.3. Vitamines ajoutées pour conserver la boisson 381
2.4. Importance de l'étape de développement de la boisson 381
2.4.1. Importance de la formulation 381
2.4.2. Incorporation des vitamines 383
3. Conclusion 385
Références bibliographiques 386

Chapitre 19

Les vitamines dans les jus de fruits *(Roland Gissinger)* 387

1. Historique 387
2. Teneur naturelle en vitamines dans les jus de fruits 387
2.1. Quantités trouvées dans les jus de fruits 387
2.1.1. Vitamine C 390
2.1.2. β-carotène 390
2.1.3. Vitamine E 391
3. Analyse des vitamines dans les jus de fruits 391
3.1. Méthodes d'analyse de la vitamine C 391
3.1.1. Méthode classique (IFU 17) 391
3.1.2. Méthode HPLC selon IFU 17a 392

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

3.2. Méthodes officielles d'analyse des vitamines 392
4. Législation sur les vitamines dans les jus de fruits 392
4.1. Allégations sur les vitamines 392
4.2. Restauration des vitamines 392
4.3. Enrichissement 393
4.4. Acide L-ascorbique utilisé comme antioxydant dans les jus et nectars de fruits 393
5. Effets du process sur les vitamines 393
5.1. Aération et oxydation des jus de fruits 393
5.2. Pasteurisation et stockage des jus de fruits 394
6. Effets de l'emballage sur les vitamines 395
6.1. Effets du verre et de complexes carton-aluminium-polyéthylène 395
6.2. Comparaison de la stabilité de la vitamine C dans différents complexes carton-aluminium-polyéthylène et verre 395
7. Conclusion 396
Références bibliographiques 396

Chapitre 20

Les vitamines dans les soupes *(Anne Enon et Ismène Giachetti)* 397

1. Cadre réglementaire et détermination des vitamines à garantir 397
2. Influence du process de fabrication sur la stabilité des vitamines à garantir 398
2.1. Potages déshydratés 398
2.2. Potages en brique 399
3. Évaluation des pertes au stockage des potages 399
4. Détermination du mélange de vitamines à utiliser et auto-contrôles 401
Références bibliographiques 401

Sous-partie 3

Rôles technologiques des vitamines

Chapitre 21

Vitamines à pouvoir colorant *(Jean-Pierre Belliot)* 405

1. Domaine d'application du β-carotène 408
1.1. Stabilité du β-carotène 408
2. Domaine d'application de la riboflavine 408
2.1. Stabilité de la riboflavine 408
3. Mesure de la couleur 409
Références bibliographiques 410

Chapitre 22

Utilisation technologique des vitamines comme antioxygènes *(Claude Fernand Bourgeois)* 411

1. Oxydation des aliments 411
2. Réaction en chaîne d'autoxydation 412

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

3. Action antioxygène (AO) 413
4. Mesure de l'oxydation 413
4.1. Indice de péroxyde (IP) – Afnor T60-220 413
4.2. Indice TBA – IUPAC 2.531 414
4.3. Indice de p-anisidine (IpA) (IUPAC 2.504) 414
4.4. Indice TOTOX 414
4.5. Rancimat 414
4.6. Analyse sensorielle 414
5. Antioxygènes vitaminiques 415
5.1. Vitamine C et ses dérivés – Applications 415
5.2. Vitamine E 416
Références bibliographiques 417

Troisième partie
Alimentation animale

Sous-partie 1

Chapitre 23

Rôle nutritionnel des vitamines et besoins en alimentation animale
(Jean-Claude Blum) 423

1. Importance des animaux dans la découverte des vitamines 423
2. Caractéristiques et activité des sources de vitamines utilisées en alimentation animale 424
3. Rôle nutritionnel et métabolique des différentes vitamines 427
4. Besoin en vitamines des animaux 441
4.1. Détermination du besoin 441
4.2. Couverture des besoins 445
4.2.1. Supplémentation obligatoire 445
4.2.2. Supplémentations facultatives optionnelles 447
5. Conclusion 447
Références bibliographiques 448

Sous-partie 2
Aspects industriels

Chapitre 24

Technologie de la fabrication des aliments des animaux
(Jean-Pierre Melcion) 453

1. Opérations communes à la fabrication d'un aliment composé 454
1.1. Broyage 454
1.1.1. Définition et but 454
1.1.2. Évaluation du travail d'un broyeur 454

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

1.1.3. Broyeurs et paramètres de commande 455
1.1.4. Notion d'aptitude au broyage des matières premières 458
1.2. Pesage – Dosage 458
1.3. Homogénéisation (= mélangeage) 459
1.3.1. Évaluation de l'homogénéité d'un mélange 460
1.3.2. Élaboration du mélange 461
1.4. Incorporation de liquides 462
1.5. Agglomération (= pressage) 463
1.5.1. But 463
1.5.2. Presse et paramètres de l'agglomération 464
1.5.3. Évaluation des produits 466
1.5.4. Refroidissement 466
1.5.5. Tamisage et émiettage 467
1.6. Transferts et diagrammes de fabrication 467
2. Opérations particulières 469
2.1. Classement – Séparation 469
2.1.1. Fractionnement d'une matière première 469
2.1.2. Économie d'énergie et contrôle de la granulométrie des aliments composés 469
2.2. Cuisson-extrusion 470
2.2.1. « Expandage » 472
2.3. Autres traitements hydrothermiques 472
2.3.1. Traitements hydrothermiques des grains et graines 473
2.3.2. Traitement hydrothermique des aliments : la thermisation 474
3. Incorporation des additifs, vitamines et oligoéléments 474
3.1. Additifs pulvérulents : technologie des prémélanges 474
3.1.1. Principe 474
3.1.2. Facteurs à considérer 475
3.1.3. Aptitude au mélange d'un additif 476
3.1.4. Support de prémélange 476
3.1.5. Matériels et mise en œuvre 477
3.2. Additifs liquides 477
Références bibliographiques 478

Chapitre 25

Hydrosols polyvitaminés *(Jean-Pierre Belliot)* 481

1. Définition 481
2. Utilisation 481
3. Composition de l'hydrosol polyvitaminé 481
4. Stabilité des vitamines dans l'hydrosol 482
4.1. Qualité bactériologique de l'eau 482
4.2. Oxygène dissous 482
4.3. pH 483
4.4. Lumière 483
4.5. Interaction entre les vitamines 483
4.6. Chaleur 483
4.7. Pertes moyennes en vitamines dans les hydrosols 483

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

5. Conclusion 484
Références bibliographiques 484

Chapitre 26

Formes technologiques des vitamines *(Laurent Dussert)* 485

1. Critères d'efficacité des produits vitamines 485
   1.1. Stabilité du produit en l'état, dans les prémélanges et dans les aliments 485
   1.2. Coulabilité 486
   1.3. Aptitude à former un mélange homogène 486
   1.4. Efficacité biologique 486
2. Caractéristiques physiques et chimiques des matières actives issues de synthèse 488
3. Formulation des matières actives en produit prêt à l'emploi 488
   3.1. Vitamines liposolubles 488
   3.2. Vitamines hydrosolubles 489

Références bibliographiques 493

Chapitre 27

Stabilité des vitamines en fonction de la composition du mélange, du processus de production et de la durée de stockage *(Norbert Albers)* 495

1. Facteurs qui influencent la stabilité des vitamines 496
2. Dégradation des vitamines dans différents types de mélanges 498
3. Prémélanges vitaminiques (concentrés de vitamines) 499
4. Prémixes et aliments minéraux 499
5. Aliments minéraux granulés 501
6. Mélanges riches en magnésium 501
7. L'addition d'antioxydants 503
8. Acides organiques 503
9. Aliments composés farines et aliments composés granulés 504
10. Remarques 508

Références bibliographiques 508

Sous-partie 3

Filières

Chapitre 28

Importance des vitamines dans l'alimentation des poissons *(Jacques Chemillier)* 511

1. Historique 511
2. Particularités des poissons 511
3. Besoins qualitatifs 512
   3.1. Symptômes non spécifiques 512
   3.2. Symptômes spécifiques 513
      3.2.1. Vitamine A 514
      3.2.2. Vitamine D 515

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

3.2.3. Vitamine E 516
3.2.4. Vitamine K 516
3.2.5. Vitamine B_1 516
3.2.6. Vitamine B_2 516
3.2.7. Vitamine B_6 517
3.2.8. Acide pantothénique 517
3.2.9. Biotine 517
3.2.10. Niacine 517
3.2.11. Acide folique 518
3.2.12. Vitamine B_{12} 518
3.2.13. Vitamine C 518
3.2.14. Choline et inositol 519
3.3. Remarques sur la spécificité des symptômes de carence 519
4. Besoins quantitatifs 520
4.1. Choix des critères 520
4.2. Facteurs de variation 520
4.2.1. Le besoin peut varier selon les espèces 520
4.2.2 La composition de la ration peut modifier les besoins vitaminiques 521
4.2.3. L'état sanitaire du poisson ou la recherche de certains objectifs peuvent modifier le besoin vitaminique 521
4.2.4. Autres facteurs de variation 521
4.3. Définition des besoins 522
4.3.1. Besoins pour une croissance normale 522
4.3.2. Besoins thérapeutiques 522
4.4. Toxicité 522
4.5. Couverture des besoins vitaminiques 522
Références bibliographiques 523

Chapitre 29

L'alimentation vitaminique des ruminants *(Catherine Hamelin)* _____ 527

1. Détermination des besoins – Facteurs qui influencent les besoins – Recommandations 527
2. Innocuité des vitamines 530
3. Sources de vitamines – Biodisponibilité 531
3.1. Vitamine A (rétinol) et bêta-carotène 531
3.2. Vitamine D 533
3.3. Vitamine E ou tocophérol 533
4. Supplémentation des ruminants vitamine par vitamine 534
4.1. Vitamine A et bêta-carotène 534
4.2. Vitamine D 534
4.3. Vitamine E ou tocophérol 535
4.3.1. Qualité des viandes 535
4.3.2. Reproduction, stimulation de l'immunité, mammites et métrites 536
4.3.3. Dégénérescence des tissus 536
4.4. Vitamines du groupe B 537
4.4.1. Vitamine B_1 ou thiamine 537
4.4.2. Vitamine PP ou niacine 538

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

4.4.3. Vitamine H ou biotine 538
4.4.4. Acide folique 539
4.4.5. Vitamine B_{12} ou cyanocobalamine 539
5. Conclusion 539
Remerciements 540
Références bibliographiques 540
Annexe (Table de recommandation vitaminique pour les ruminants) 542

Chapitre 30

La filière volailles *(Jean-Claude Blum)* 547

1. Avitaminoses : maladies par carences 548
2. Hypervitaminoses et surcharges 558
2.1. Hypervitaminoses 558
2.1.1. Hypervitaminose A 558
2.1.2. Hypervitaminose D 559
2.1.3. Hypervitaminoses E et K 559
3.2. Surcharges alimentaires en vitamines 559
3. Besoins des volailles et supplémentations recommandées 562
3.1. Besoins minimum : les valeurs indiquées par le « National Research Council » 562
3.2. Apports alimentaires 564
3.3. Supplémentations recommandées 565
3.3.1. Volailles de chair 565
3.3.2. Pondeuses et reproductrices 567
3.4. Supplémentation optionnelle : la vitamine C 569
4. Conclusion 569
Références bibliographiques 569

Chapitre 31

Besoins en vitamines en production porcine *(Alain Guyonvarch)* 571

1. Détermination des besoins 571
2. Apports 572
2.1. Modes d'apport 572
2.2. Composition des prémélanges 573
3. Besoins 573
3.1. Estimation des besoins 573
3.2. Commentaires particuliers sur les besoins et leur estimation 578
3.2.1. Vitamine A 578
3.2.2. Vitamine D 578
3.2.3. Vitamine E 578
3.2.4. Vitamine K 579
3.2.5. Biotine 579
3.2.6. Choline 579
3.2.7. Acide folique 579
3.2.8. Acide nicotinique 580
3.2.9. Acide pantothénique 580

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

3.2.10. Riboflavine 580
3.2.11. Thiamine 580
3.2.12. Pyridoxine 580
3.2.13. Vitamine B_{12} 580
3.2.14. Vitamine C 581
Références bibliographiques 581

Chapitre 32

Besoins vitaminiques du lapin *(François Lebas)* 583

1. Vitamines hydrosolubles 583
1.1. Vitamines du groupe B 583
1.2. Vitamine C 584
2. Vitamines liposolubles 585
2.1. Vitamine A 585
2.2. Vitamine D 589
2.3. Vitamine E 590
2.4. Vitamine K 591
3. Recommandations pratiques et notion de risque 593
Références bibliographiques 593

Chapitre 33

Alimentation vitaminique du cheval *(Jean-Louis Tisserand)* 597

1. Place des vitamines dans l'alimentation des chevaux 597
2. Problèmes posés par l'apport de vitamines chez les chevaux 598
2.1. Vitamines liposolubles 598
2.1.1. Vitamine A 599
2.1.2. Vitamine D 600
2.1.3. Vitamine E 601
2.1.4. Vitamine K 602
2.2. Vitamines hydrosolubles 603
2.2.1. Vitamine B_1 ou thiamine 603
2.2.2. Vitamine B_2 riboflavine 604
2.2.3. Niacine 604
2.2.4. Acide pantothénique 604
2.2.5. Vitamine B_6 ou pyridoxine 604
2.2.6. Biotine 604
2.2.7. Acide folique 605
2.2.8. Choline 605
2.2.9. Vitamine B_{12} 605
2.2.10. Vitamine C 606
3. Conditions pratiques de supplémentation 606
3.1. Besoins des chevaux herbivores 606
3.2. Besoins du cheval athlète 607
4. Conclusion 607
Références bibliographiques 610

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

Chapitre 34

Alimentation vitaminique des carnivores domestiques *(Lucile Martin)* 611

1. Spécificité des manifestations cliniques des carences et excès vitaminiques chez les carnivores domestiques . . . 612
   1.1. Vitamine A . . . 612
   1.2. Vitamine D . . . 613
      1.2.1. Synthèse de la vitamine D : particularités des carnivores domestiques . . . 614
      1.2.2. Carences et excès de vitamine D . . . 614
      1.2.3. Implications thérapeutiques de la vitamine D . . . 615
   1.3. Vitamine E . . . 615
   1.4. Vitamine K . . . 616
   1.5. Vitamine C . . . 617
   1.6. Groupe vitaminique B . . . 617
      1.6.1. Thiamine (B_1) . . . 618
      1.6.2. Riboflavine (B_2) . . . 618
      1.6.3. Niacine (B_3) . . . 618
      1.6.4. Pyridoxine (B_6) . . . 619
      1.6.5. Acide pantothénique . . . 619
      1.6.6. Acide folique – folates . . . 620
      1.6.7. Cobalamine (B_{12}) . . . 620
      1.6.8. Biotine (B_8) . . . 621
      1.6.9. Facteurs vitamine-like . . . 621
   1.7. Conclusion . . . 624
2. Besoins et apports en vitamines . . . 626
3. Conclusion . . . 630

Références bibliographiques . . . 630

Sous-partie 4

Rôles fonctionnels des vitamines

Chapitre 35

Vitamine E et qualité de la viande *(Guy Janssens et Gilbert Weber)* 635

1. Oxydation des lipides dans la viande . . . 636
   1.1. Mécanisme d'oxydation des lipides . . . 636
   1.2. Conséquences de l'oxydation des lipides sur la qualité de la viande . . . 637
      1.2.1. Altération du goût de la viande . . . 637
      1.2.2. Oxydation des pigments musculaires . . . 637
      1.2.3. Perte de sang par ressuyage . . . 638
      1.2.4. Oxydation du cholestérol . . . 638
2. Vitamine E . . . 639
   2.1. Propriétés chimiques . . . 639
   2.2. Métabolisme . . . 640
   2.3. Localisation au niveau des membranes cellulaires . . . 640
3. Effets d'une supplémentation alimentaire en vitamine E sur la viande de bœuf . . . 640

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

3.1. Effets de suppléments de vitamine E sur l'accumulation d'α-tocophérol dans les muscles de bœuf. 640
3.2. Effets d'une supplémentation alimentaire en vitamine E sur la couleur de la viande bovine et la stabilité de sa teneur en lipides 643
3.2.1. Bœuf frais réfrigéré 643
3.2.2. Bœuf frais haché réfrigéré 644
3.2.3. Bœuf congelé 646
3.2.4. Seuil critique de la concentration de vitamine E dans la viande de bœuf 646
3.2.5. Effet de suppléments alimentaires de vitamine E sur la prolifération microbienne 646
3.2.6. Amélioration par supplémentation alimentaire du profil des acides gras dans la viande de bœuf 647
3.2.7. Avantages de la vitamine E pour l'industrie bovine 648
4. Effets d'une supplémentation alimentaire en vitamine E sur la viande de porc 648
4.1. Effet de suppléments de vitamine E sur l'accumulation d'α-tocophérol dans les tissus porcins 648
4.2. Viande de porc crue réfrigérée 650
4.3. Viande de porc hachée 652
4.4. Viande de porc congelée 652
4.5. Produits porcins cuits, précuits et transformés 652
4.6. Amélioration par supplémentation alimentaire du profil des acides gras de la viande de porc 653
5. Effets d'une supplémentation alimentaire en vitamine E sur la viande de volaille 653
5.1. Effet de suppléments de vitamine E sur l'accumulation d'α-tocophérol dans la viande de volaille 653
5.2. Viande de volaille fraîche 654
5.3. Viande de volaille cuite 656
5.4. Viande de volaille congelée 656
5.5. Amélioration par supplémentation alimentaire du profil des acides gras de la viande de volaille 656
6. Recommandations nutritionnelles 657
7. Conclusion 658
Liste des abréviations 658
Références bibliographiques 659

Chapitre 36

Vitamine E et réponses immunitaires *(Thomas Keller)* 665

1. Réponse immunitaire 665
2. Effets de la vitamine E en réponse immunitaire 666
2.1. Influence de la vitamine E chez les volailles 667
2.2. Effets de la vitamine E chez les porcins 669
2.3. Effets de la vitamine E sur les vaches 669
3. Conclusion 671
Références bibliographiques 672

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit

Sous-partie 5

Législation

Chapitre 37

Aspects réglementaires *(André Appert)* 679

1. Introduction . . . 679
   1.1. Historique . . . 679
   1.2. Objectifs réglementaires . . . 680
   1.3. Évolution . . . 680
2. Directive du Conseil 70/524/CEE . . . 680
   2.1. Définitions . . . 680
   2.2. Catégories . . . 681
   2.3. Utilisation . . . 684
   2.4. Mise en circulation . . . 686
      2.4.1. Conditionnement . . . 686
      2.4.2. L'autorisation communautaire . . . 686
      2.4.3. L'étiquetage . . . 686
3. Directive 87/153/CEE . . . 688
4. Directive 95/69/CE du Conseil : agrément enregistrement des établissements . . . 689
5. Directive 95/53/CE du Conseil . . . 691
6. Conclusion . . . 691

Références bibliographiques . . . 691

Index 693

© Lavoisier – La photocopie non autorisée est un délit