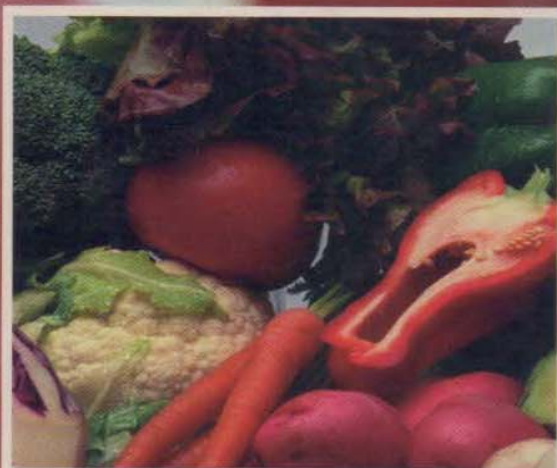


Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires

Jean Adrian
Jacques Potus
Annie Poiffait
Pierre Dauvillier



lavoisier
TEC
&
DOC

Table des matières

L'étude de la nature suppose dans l'esprit deux qualités qui paraissent opposées, les grandes vues qui embrassent tout d'un coup d'œil et les petites attentions qui ne s'attachent qu'à un seul point.

Buffon, *Histoire naturelle générale et particulière*, 1^{er} discours, 1749.

Avant-propos	III
Liste des abréviations	XIII

Chapitre I

Exposé de la question

1.1. Généralités sur la composition d'un produit agroalimentaire	1
1.2. Les grandes classes d'analyse en agroalimentaire	2
1.3. Composition chimique : intérêt et limites	3
1.4. Valeur nutritionnelle	6
1.5. Qualité hygiénique et innocuité.....	7
1.6. Quelles analyses pour quels produits ?	8
1.7. Caractérisation de produits particuliers.....	12
1.8. Conclusions	15

Chapitre II

Préparation des échantillons

2.1. Constitution de l'échantillon représentatif	17
2.1.1. Produits secs en vrac	18
2.1.2. Produits secs ensachés	19
2.1.3. Produits liquides	20
2.2. Étude de l'homogénéité ou de l'hétérogénéité d'un lot	21
2.3. Homogénéisation fine et broyage.....	22
2.4. Entreposage, stockage	23
2.5. Techniques de minéralisation.....	24
2.5.1. Minéralisation par voie humide	24
2.5.2. Minéralisation par voie sèche	24
2.6. Techniques de solubilisation et d'extraction.....	25
2.6.1. Cas des substances hydrosolubles.....	25
2.6.2. Cas des substances hydrophobes	26

Chapitre III

Méthodes physicochimiques générales

3.1. Eau.....	29
3.1.1. Mesure de la teneur en eau.....	30
3.1.1.1. Méthodes de référence absolues.....	31
a. Méthode thermogravimétrique.....	31
b. Méthode de Karl Fischer.....	32
3.1.1.2. Méthodes thermogravimétriques de référence pratiques.....	33
3.1.1.3. Méthodes rapides.....	33
3.1.2. Mesure de l'activité de l'eau.....	33
3.1.2.1. Méthodes absolues.....	34
3.1.2.2. Méthodes étalonnées.....	35
3.2. Composés azotés.....	37
3.2.1. Dosage de l'azote total et estimation de la teneur en protéines brutes.....	38
3.2.1.1. Méthode de Kjeldahl.....	38
3.2.1.2. Méthode de Dumas.....	39
3.2.2. Dosage direct des protéines.....	40
3.2.3. Séparation des protéines par électrophorèse.....	42
3.2.4. Détermination de la composition en acides aminés totaux.....	42
3.3. Lipides.....	47
3.3.1. Extraction et dosage des lipides.....	47
3.3.1.1. Méthodes gravimétriques.....	48
3.3.1.2. Méthodes physicochimiques.....	50
a. Méthode réfractométrique.....	50
b. Méthode Foss Let.....	50
c. Méthode spectrométrique dans le proche infrarouge.....	50
d. Résonance magnétique nucléaire.....	50
3.3.2. Caractéristiques physicochimiques des lipides totaux.....	50
3.3.2.1. Indice de réfraction.....	50
3.3.2.2. Indice d'iode.....	51
3.3.2.3. Indice d'hydroxyle.....	51
3.3.2.4. Indice d'acide.....	51
3.3.2.5. Indice de saponification.....	52
3.3.2.6. Mesure de la teneur en insaponifiable.....	52
3.3.3. Fractionnement des constituants lipidiques.....	52
3.3.4. Dosage des acides gras.....	53
3.3.4.1. Chromatographie en phase gazeuse (CPG).....	57
a. Préparation des esters.....	57
b. Choix du matériel et modalités opératoires.....	57
3.3.4.2. Chromatographie liquide haute performance (HPLC).....	59
3.3.5. Identification et dosage des stérols.....	57
3.3.5.1. Dosage des stérols totaux.....	57
a. Méthodes colorimétriques.....	57
b. Méthodes enzymatiques.....	57
3.3.5.2. Identification des stérols.....	57
3.4. Glucides digestibles.....	61
3.4.1. Dosage du réducteur total.....	61
3.4.2. Dosage global des sucres alcoolosolubles.....	61

3.4.2.1.	Dosage des sucres réducteurs	62
3.4.2.2.	Dosage des sucres totaux	62
3.4.2.3.	Dosage polarimétrique des sucres	63
3.4.3.	Dosage individuel des sucres	63
3.4.3.1.	Méthodes chromatographiques	63
a.	Chromatographie en phase gazeuse	63
b.	Chromatographie liquide haute performance	64
3.4.3.2.	Méthodes enzymatiques	65
a.	Dosage enzymatique des oses	65
b.	Dosage enzymatique des oligosides	66
3.4.4.	Dosage de l'amidon	66
3.4.4.1.	Après hydrolyse acide	66
3.4.4.2.	Après hydrolyse enzymatique	67
3.4.5.	Dosage de l'amidon endommagé	68
3.4.5.1.	Méthode enzymatique	68
3.4.5.2.	Méthodes non enzymatiques	68
3.5.	Glucides indigestibles ou fibre alimentaire	71
3.5.1.	Méthodes gravimétriques	74
3.5.1.1.	Méthode indirecte	74
3.5.1.2.	Méthode de « Weende » ou fibre brute	74
3.5.1.3.	Méthode de l'insoluble formique	75
3.5.1.4.	Méthode au détergent neutre et au détergent acide	75
3.5.1.5.	Méthode enzymatique	75
3.5.1.6.	Détermination de la lignine	76
3.5.2.	Méthodes colorimétriques	76
3.5.2.1.	Méthode de Southgate	76
3.5.2.2.	Dosage des hémicelluloses	77
3.5.3.	Méthodes chromatographiques	77
3.5.3.1.	Chromatographie en phase gazeuse	78
3.5.3.2.	Chromatographie liquide haute performance	78
3.6.	Valeur énergétique	80
3.7.	Éléments minéraux	83
3.7.1.	Prélèvement et traitement des échantillons	84
3.7.2.	Destruction de la matière organique	85
3.7.2.1.	Minéralisation par voie sèche	85
3.7.2.2.	Minéralisation par voie humide	85
3.7.2.3.	Minéralisation par micro-ondes	86
3.7.2.4.	Combustion confinée	86
3.7.2.5.	Fusion alcaline	86
3.7.2.6.	Combustion par plasma à basse température	86
3.7.3.	Méthodes chimiques	87
3.7.4.	Méthodes électrochimiques	88
3.7.4.1.	Potentiométrie	88
3.7.4.2.	Polarographie	88
3.7.4.3.	Redissolution anodique et cathodique	89
3.7.5.	Méthodes spectrométriques	89
3.7.5.1.	Spectrométrie d'émission atomique	90
3.7.5.2.	Spectrométrie d'absorption atomique	91
3.7.5.3.	Autres méthodes spectrométriques	92

3.7.6. Méthodes d'électrophorèse capillaire	92
3.7.7. Méthodes chromatographiques	93
3.8. Vitamines	98
3.8.1. Vitamines liposolubles.....	101
3.8.1.1. Vitamine A	101
3.8.1.2. Caroténoïdes	103
3.8.1.3. Vitamine D	104
3.8.1.4. Vitamine E.....	105
3.8.1.5. Vitamine K	107
3.8.2. Vitamines hydrosolubles.....	108
3.8.2.1. Vitamine B ₁	108
3.8.2.2. Vitamine B ₂	110
3.8.2.3. Vitamine B ₃	111
3.8.2.4. Vitamine B ₅	113
3.8.2.5. Vitamine B ₆	114
3.8.2.6. Vitamine B ₈	116
3.8.2.7. Vitamine B ₉	117
3.8.2.8. Vitamine B ₁₂	118
3.8.2.9. Vitamine C.....	118
3.9. Matières étrangères	127
3.9.1. Minéraux étrangers et/ou toxiques.....	128
3.9.2. Nitrates et nitrites.....	129
3.9.2.1. Méthodes d'extraction et de purification.....	129
3.9.2.2. Méthodes analytiques	130
a. Méthodes spectrophotométriques	131
b. Méthodes électrochimiques	133
c. Méthodes chromatographiques.....	133
d. Électrophorèse capillaire	133
3.9.3. Anhydride sulfureux et sulfites.....	134
3.9.3.1. Préparation des échantillons	134
3.9.3.2. Méthodes de dosage	135
a. Méthode iodométrique.....	135
b. Méthode de distillation-oxydation.....	135
c. Méthode « aération-oxydation ».....	135
d. Méthode polarographique.....	136
e. Méthodes chromatographiques.....	136
f. Méthodes colorimétriques en FIA	136
g. Méthode enzymatique.....	136
3.9.4. Toxines d'origine marine.....	137
3.9.4.1. Méthodes chromatographiques.....	137
a. Cas des saxitoxines ou toxines paralysantes.....	137
b. Cas des toxines domoïques ou toxines amnésiantes.....	137
c. Cas des toxines okadaïques ou toxines diarrhéiques	138
3.9.4.2. Autres méthodes	138
3.9.5. Mycotoxines.....	138
3.9.5.1. Aflatoxines	139
a. Méthodes chromatographiques en couche mince.....	140
b. Méthodes chromatographiques sur colonne	140

c. Méthodes ELISA	141
d. Dosage de l'aflatoxine M ₁	141
3.9.5.2. Ochratoxine	141
3.9.5.3. Patuline	142
3.9.5.4. Fumonisines	142
3.9.6. Hydrocarbures aromatiques polycycliques et produits assimilés	143
3.9.6.1. Hydrocarbures aromatiques polycycliques	144
3.9.6.2. Carbolines	144
3.9.6.3. Composés IQ	145

Chapitre IV

Analyses physicochimiques particulières

4.1. Analyse des composés azotés	156
4.1.1. Lysine disponible	156
4.1.2. Hydroxyproline	158
4.1.3. Digestion pepsique ou digestibilité <i>in vitro</i>	158
4.1.4. Mesure de la protéolyse	159
a. Azote solubilisé	159
b. Azote aminé ou formol-titration	159
c. Azote ammoniacal	160
4.1.5. Amines biogènes	160
4.1.6. Nitrosamines	162
4.2. Altération des lipides	165
4.2.1. Mécanisme de l'oxydation	165
4.2.2. Estimation de l'oxydation des acides gras	166
4.2.2.1. Mesure des produits primaires	167
a. Méthode iodométrique	167
b. Méthodes colorimétriques	168
c. Méthode de colorimétrie/fluorimétrie	168
d. Méthode chromatographique	168
4.2.2.2. Mesure des produits secondaires	168
a. Indice de <i>para</i> -anisidine	169
b. Dosage du malonalaldéhyde. Test à l'acide 2-thiobarbiturique (TBA)	169
c. Dosage des produits secondaires autres que le malonalaldéhyde	170
4.2.3. Dosage des stérols oxydés (oxystérols)	170
4.2.4. Dosage des acides gras <i>trans</i>	171
4.3. Dégradation des glucides	173
4.3.1. Acidité lactique (Dornic)	174
4.3.2. Acide lactique	174
4.3.2.1. Acide L (+) lactique	174
4.3.2.2. Acides L (+) et D (-) lactiques	176
4.3.2.3. Acides malique et lactique	176
4.3.3. Estimation des conséquences des traitements thermiques sur les glucides	176

4.3.3.1.	Furfural et hydroxyméthylfurfural	176
4.3.3.2.	Caractérisation des composés d'Amadori	177
4.3.3.3.	Réductones	178
4.3.3.4.	Furosine	178
4.3.3.5.	Estimation des produits de la dégradation de Strecker.....	179
4.4.	Facteurs antinutritionnels	181
4.4.1.	Facteurs destructeurs de nutriments.....	181
4.4.1.1.	Produits d'oxydation lipidique	181
4.4.1.2.	Sulfites	181
4.4.1.3.	Thiaminases	182
4.4.2.	Facteurs inhibiteurs de l'efficacité nutritionnelle	182
4.4.2.1.	Antiprotéases	182
4.4.2.2.	Antiamylases	183
4.4.2.3.	Avidine	184
4.4.2.4.	Acide phytique.....	184
4.4.2.5.	Acide oxalique.....	185
4.4.2.6.	Tanins	186

Chapitre V

Méthodes immunochimiques

5.1.	Obtention du complexe antigène-anticorps.....	191
5.2.	Détection du complexe antigène-anticorps	193
5.2.1.	Mise en évidence d'une réaction secondaire à la formation du complexe antigène-anticorps	193
5.2.2.	Mise en évidence directe ou indirecte de la formation du complexe antigène-anticorps.....	194
5.2.2.1.	Techniques immunohistologiques	194
5.2.2.2.	Techniques radio-immunologiques	195
5.2.2.3.	Techniques immunoenzymologiques	195
a.	En milieu liquide homogène.....	195
b.	En milieu hétérogène	196
5.3.	Applications en agroalimentaire	197

Chapitre VI

Techniques microbiologiques : le dosage des vitamines du groupe B

6.1.	Principes généraux	203
6.2.	Préparation du dosage	206
6.3.	Réalisation du dosage.....	208
6.3.1.	En milieu liquide.....	208
6.3.2.	En milieu gélosé.....	209
6.3.3.	Microdosage.....	211
6.4.	Choix de la souche et spécificité de la réponse	211

*Chapitre VII***Méthodes biologiques sur l'animal**

7.1. Choix et justification des méthodes	215
7.2. Remarques générales sur l'expérimentation animale.....	218
7.3. Modalités d'une expérience de croissance	220
7.4. Mesure de la digestibilité	222
7.5. Mesure de la rétention ou utilisation métabolique	225
7.6. Biométrie des organes	227
7.7. Analyse corporelle.....	228
7.8. Mesure et signification des échanges respiratoires	229
7.9. Exemple de méthodes biologiques : la mesure de l'efficacité vitaminique	230
7.9.1. Analyse des réserves vitaminiques	231
7.9.2. Utilisation de l'excrétion urinaire	231
7.9.2.1. Recherche de la carence en vitamine B ₁	232
7.9.2.2. Recherche de la carence en vitamine B ₆	232
7.9.2.3. Recherche de la carence en vitamine B ₁₂	233
7.9.3. Mesures basées sur les propriétés physiologiques des vitamines	233
7.9.3.1. Vitamine A	233
7.9.3.2. Vitamine D	234
7.9.3.3. Vitamine E.....	235
7.9.3.4. Vitamine C.....	235
7.9.3.5. Vitamines B	235
7.10. Annexe : schéma d'une cage à métabolisme.....	236

*Chapitre VIII***Aperçu sur la mesure de l'innocuité**

8.1. Toxicité aiguë : la dose létale 50.....	241
8.2. Toxicité chronique à 90 jours.....	243
8.3. Mutagénicité.....	244
8.4. Toxicité à long terme et cancérogenèse	245
8.5. Dose sans effet et Dose journalière admissible ou acceptable	246
8.6. Intérêt et limites des mesures toxicologiques.....	246
 Liste des figures	 249
Liste des tableaux	251
Masse atomique des éléments chimiques	254