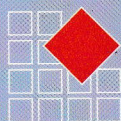


Martine Le Meste • Denis Lorient
Denise Simatos
coordonnateurs

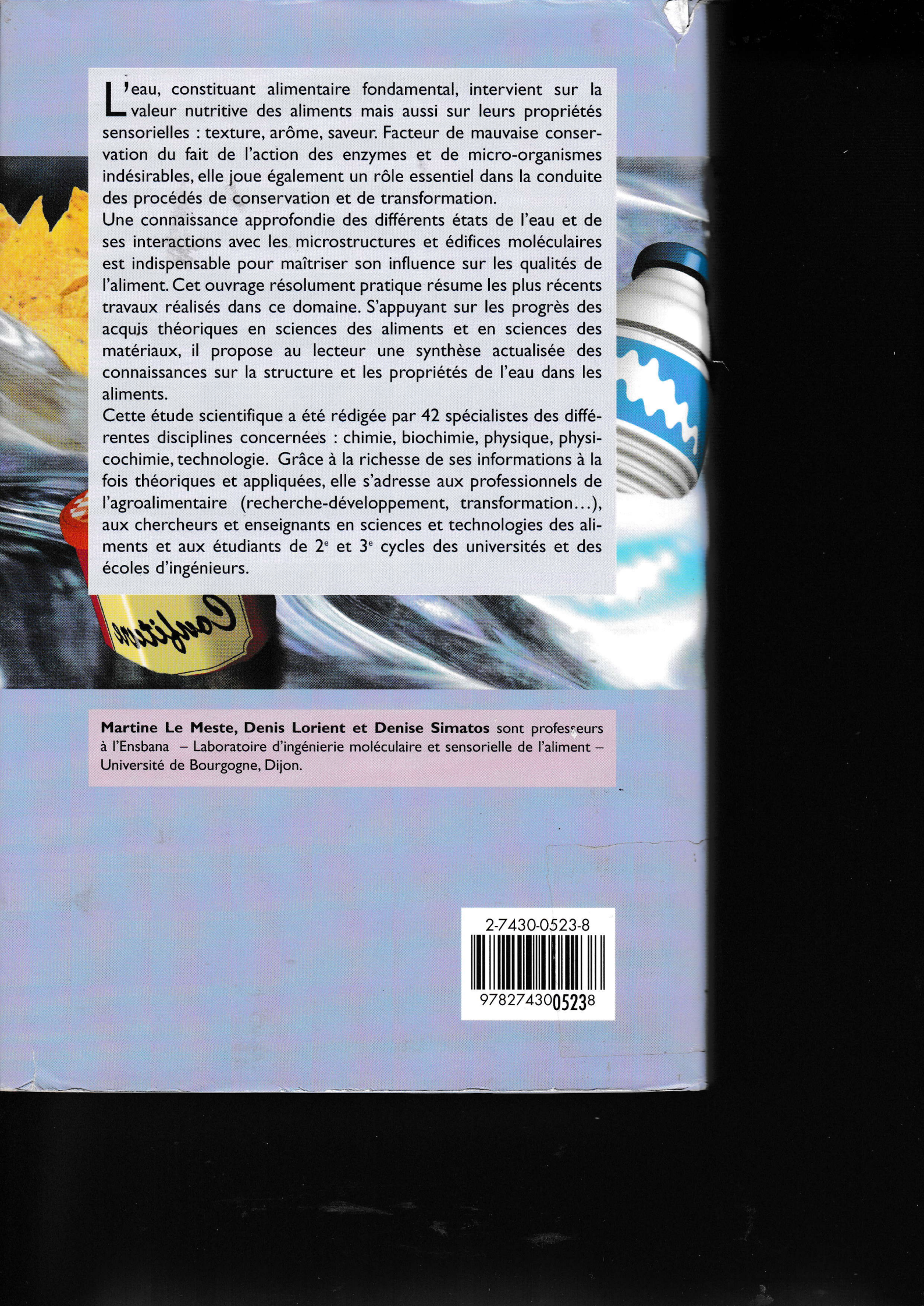


L'eau dans les aliments



COLLECTION
SCIENCES & TECHNIQUES
AGROALIMENTAIRES

Editions
TEC
& **DOC**



L'eau, constituant alimentaire fondamental, intervient sur la valeur nutritive des aliments mais aussi sur leurs propriétés sensorielles : texture, arôme, saveur. Facteur de mauvaise conservation du fait de l'action des enzymes et de micro-organismes indésirables, elle joue également un rôle essentiel dans la conduite des procédés de conservation et de transformation.

Une connaissance approfondie des différents états de l'eau et de ses interactions avec les microstructures et édifices moléculaires est indispensable pour maîtriser son influence sur les qualités de l'aliment. Cet ouvrage résolument pratique résume les plus récents travaux réalisés dans ce domaine. S'appuyant sur les progrès des acquis théoriques en sciences des aliments et en sciences des matériaux, il propose au lecteur une synthèse actualisée des connaissances sur la structure et les propriétés de l'eau dans les aliments.

Cette étude scientifique a été rédigée par 42 spécialistes des différentes disciplines concernées : chimie, biochimie, physique, physioco chimie, technologie. Grâce à la richesse de ses informations à la fois théoriques et appliquées, elle s'adresse aux professionnels de l'agroalimentaire (recherche-développement, transformation...), aux chercheurs et enseignants en sciences et technologies des aliments et aux étudiants de 2^e et 3^e cycles des universités et des écoles d'ingénieurs.

Martine Le Meste, Denis Lorient et Denise Simatos sont professeurs à l'Ensbana – Laboratoire d'ingénierie moléculaire et sensorielle de l'aliment – Université de Bourgogne, Dijon.

2-7430-0523-8



9782743005238

Table des matières

Première partie

Structure et propriétés de l'eau

Chapitre 1

De la structure de l'eau et de ses différents états physiques (Paul Caro) — 3

Introduction	3
1. L'eau dans sa vapeur	4
1.1. Structure de la molécule	4
1.2. Structure électrique	5
1.3. Structure électronique	5
1.4. Polymères de l'eau	6
2. Variantes isotopiques de la molécule d'eau	6
3. Eau liquide	7
3.1. Mécanique de l'eau	7
3.2. Surface de l'eau	8
3.3. Thermodynamique de l'eau	9
3.4. Structure de l'eau liquide	9
3.5. Simulation	10
4. Glace	11
4.1. Structure de la glace	11
4.2. Eau surfondue	11
4.3. Glace amorphe	12
4.4. Fluide critique	13
5. Ions de l'eau	13
6. Hydrophilie et hydrophobie	14
7. L'eau, molécule mobile	15
8. L'eau dans l'Univers	17
8.1. Exploration de l'Univers par les spectroscopies	17
8.2. L'eau, une molécule abondante dans l'espace	17

8.3. L'eau à la surface des étoiles	18
8.4. L'eau et la formation du système solaire	19
5. Origine de l'eau terrestre	19

Chapitre 2

Interactions entre l'eau et les autres constituants alimentaires –

Rôle dans la conformation, l'état d'association, la stabilité

et la fonctionnalité des molécules (Martine Le Meste, Eleni Chiotelli) _____ 21

Introduction	21
1. Interactions moléculaires – Conséquences sur la stabilité des molécules et des systèmes dispersés	22
1.1. Généralités	22
1.2. Structure et propriétés de l'eau pure	23
1.3. Interactions entre l'eau et des molécules polaires non chargées	25
1.4. Hydratation des ions	26
1.5. Hydratation et interactions hydrophobes : incidence sur la stabilité des émulsions et des mousses	27
2. Interactions entre surfaces – Conséquences sur la stabilité des systèmes dispersés	29
3. Rôle de l'hydratation dans la conformation des macromolécules	30
3.1. Protéines	30
3.1.1. État cristallisé	30
3.1.2. En solution	31
3.1.3. Produits peu hydratés	32
3.1.4. Interfaces	33
3.2. Polysaccharides	34
3.2.1. Structure, gélatinisation et rétrogradation de l'amidon	34
3.2.2. Pectines et rétention d'eau	39
4. Effet « Hofmeister »	39
4.1. Sur la structure des macromolécules	40
4.2. Sur l'état d'association des solutés apolaires	42
4.2.1. Organisation des phospholipides	42
4.2.2. État d'association de la chlorophylle	43
5. Conclusion	43
Références bibliographiques	45

Chapitre 3

Propriétés de l'eau dans les produits alimentaires : activité de l'eau, diagrammes de phases et d'états (Denise Simatos) _____ 49

Introduction	49
1. Activité de l'eau	50
1.1. Définition	50
1.1.1. Solutions	50
1.1.2. Systèmes structurés	50
1.2. Grandeurs physiques équivalentes	51
1.2.1. Pression de vapeur	51
1.2.2. Pression osmotique	52
1.2.3. Abaissement cryoscopique	52

18	1.3. Relations entre teneur en eau et A_w : isothermes de sorption	52
19	1.3.1. A_w apparente	54
19	1.3.2. Effet de la température	54
	1.3.3. Hystérésis	55
	1.3.4. Influence de la composition et de la structure du produit	56
21	1.4. Modèles représentatifs et prédictifs	58
21	1.4.1. Isothermes de sorption aux A_w apparentes basses et moyennes	58
22	1.4.2. Solutions liquides binaires	60
22	1.4.3. Systèmes multicomposants et mélanges	62
23	1.5. Chaleurs de sorption/désorption	63
25	2. Diagrammes de phases et d'états	63
26	2.1. Courbes de congélation et de solubilité	63
27	2.2. Transition vitreuse	65
29	2.2.1. Définition	65
30	2.2.2. Évolution du comportement mécanique	68
30	2.2.3. Modèles descriptifs	71
30	2.2.4. Fragilité	73
31	2.2.5. Influence de la composition et de la teneur en eau sur T_g	75
32	3. Conclusion	77
33	3.1. Texture des produits congelés, produits à décongélation rapide	78
34	3.2. Stabilité à l'état congelé	79
34	3.3. Séchage et stabilité de la poudre de lait	79
39	Références bibliographiques	79

Chapitre 4

L'eau dans la cellule vivante – État physique, fonctions (Pascale Mentré) 85

39	Introduction	85
40	1. Révision de la représentation classique de la cellule	86
42	1.1. Surface de contact des macromolécules avec l'eau dans la cellule	86
42	1.2. Eau interfaciale	86
43	1.2.1. Notion d'interface	86
43	1.2.2. Polymorphisme de l'eau interfaciale dans la cellule	86
45	2. Problème du transport des molécules et du rendement chimique dans la cellule	
	en quasi-absence d'eau bulk	88
	2.1. Problème du déplacement des ions et des molécules dans la cellule	88
	2.2. Problème du rendement des réactions chimiques dans la cellule	89
	2.3. Performance du transport intracellulaire	91
	2.3.1. Transport de macromolécules et d'organites	91
	2.3.2. Transport apparent d'ions	92
	2.4. Performance du rendement chimique dans la cellule : compartimentation	
	métabolique et channeling	92
49	3. Exploitation des propriétés de l'eau interfaciale par la cellule	94
49	3.1. Rôle de l'eau dans l'assemblage des complexes macromoléculaires	95
50	3.2. Exploitation de l'exclusion sélective des ions	95
50	3.2.1. Exclusion sélective des ions et faible teneur des cellules en sodium	95
50	3.2.2. Activation des enzymes par les ions K^+	96
51	3.3. Exploitation des courants protoniques par les enzymes	96

3.4. Importance biologique des deux couches d'hydratation des macromolécules dans la cellule. Micro-osmose	97
3.4.1. Rôle dans la régulation de l'activité biomoléculaire	97
3.4.2. Rôle dans l'exactitude de la reconnaissance moléculaire	98
3.4.3. Effets mécaniques	98
4. Avantage du surpeuplement moléculaire pour la cellule	101
5. Circulation de l'eau au sein de la cellule	102
5.1. Autodiffusion de l'eau dans la cellule	102
5.2. Régulation de la teneur hydrique des cellules	104
Conclusion	105
Références bibliographiques	105

Deuxième partie

L'eau dans les réactions chimiques et les processus physiques d'évolution des aliments

Chapitre 5

Rôle de l'eau dans les réactions d'altération des aliments

(Denis Lorient, Gérard Tainturier)	113
Introduction	113
1. Réactivité de l'eau dans les principales réactions d'hydrolyse des aliments	113
1.1. Réactions concernées	113
1.2. Réaction d'hydrolyse	114
1.2.1. Caractère nucléophile de l'eau, influence de la valeur du pH	114
1.2.2. Mécanisme d'hydrolyse des dérivés d'acides carboxyliques : esters et amides	115
1.2.3. Hydrolyse des osides	120
2. Effets indirects de la présence d'eau sur les réactions d'altération des constituants alimentaires	121
2.1. L'eau, milieu dispersant des réactions chimiques et enzymatiques	121
2.2. Réactions d'oxydation	122
2.3. Réactions de condensation	124
2.3.1. Réactions de plastéination	124
2.3.1. Réactions de condensation entre protéines et glucides (réactions de Maillard)	125
2.4. L'eau et son rôle conformationnel dans la réactivité des macromolécules	127
2.4.1. Rôle de l'eau dans la conformation des protéines et des polysaccharides	127
2.4.2. Rôle de l'eau dans la structure des protéines : cas de la dénaturation des enzymes	127
2.4.3. Procédés de stabilisation des enzymes	129
Conclusion	130
Références bibliographiques	130

Chapitre 6

L'eau, facteur de mobilité dans l'évolution de la structure physique de l'aliment et cinétiques de réaction (Martine Le Meste, Gaëlle Roudaut, Dominique Champion, Denise Simatos)

Introduction	133
1. Mobilité moléculaire dans un solide amorphe vitrifié	134
1.1. Relaxations secondaires ou mouvements locaux	135
1.2. Vieillissement physique des verres	135
2. Mobilité des macromolécules au-dessus de la température de transition vitreuse	136
3. Diffusion de solutés dans les milieux concentrés	137
4. Mobilité de l'eau	141
4.1. Mobilité de l'eau dans des milieux vitreux	141
4.3.1. Mobilité rotationnelle	141
4.3.2. Diffusion translationnelle	141
4.2. Mobilité de l'eau dans des solutions diluées ou concentrées	141
5. Mobilité moléculaire et qualité des aliments	142
5.1. Transferts d'eau et de solutés dans un aliment « multi-domaines »	143
5.2. Encapsulation de solutés fragiles dans des matrices vitreuses	144
5.3. Structure et texture des aliments	145
5.3.1. Plastification – antiplastification par l'eau	145
5.3.2. Effondrement de structure des produits poreux et agglomération des poudres	146
5.3.3. Cristallisation	147
5.4. Réactions chimiques en milieu peu hydraté	149
Conclusion	151
Références bibliographiques	152

Troisième partie

Rôle de l'eau dans les propriétés sensorielles des aliments

Chapitre 7

Propriétés structurantes de l'eau dans les produits à structure cellulaire : muscle, viande et produits carnés (Éric Dufour, Jean-Pierre Renou)

1. Caractéristiques et propriétés de la cellule musculaire	159
1.1. Structure de la cellule musculaire	159
1.2. Hydrophobie de surface des protéines (myosine)	165
1.3. Solubilité de la myosine en fonction de la force ionique	167
2. Facteurs biologiques	168
2.1. Entrée en <i>rigor</i> du muscle squelettique	168
2.2. Type métabolique	169
2.3. Effet race	169
2.4. Facteurs extrinsèques : conditions d'élevage et d'abattage	170
3. Facteurs technologiques	171