

Romain Jeantet • Thomas Croguennec
Michel Mahaut • Pierre Schuck • Gérard Brulé

Les produits laitiers

2^e édition



Editions
TEC
& DOC

Lavoisier

Les produits laitiers dresse un panorama synthétique et didactique de l'ensemble des produits issus de la transformation du lait, qu'il s'agisse de produits finis (laits fermentés, yaourt, beurre, fromages, etc.) ou de produits alimentaires intermédiaires (produits déshydratés, caséines et caséinates, ingrédients protéiques, lactose, etc.). Il décrit les bases fondamentales des technologies de transformation et donne les caractéristiques de composition et critères nutritionnels de chacune de ces catégories de produits laitiers.

En s'appuyant sur les acquis les plus récents de la science laitière, *Les produits laitiers* permet de mieux appréhender les mécanismes physicochimiques et biologiques impliqués dans les différentes étapes de transformation du lait. Il favorise ainsi une plus grande maîtrise de la qualité des produits élaborés.

Cet ouvrage s'adresse particulièrement aux techniciens et ingénieurs de l'industrie laitière, ainsi qu'aux étudiants des filières agroalimentaires (BTS industries agroalimentaires, IUT génie biologique, licences professionnelles et masters en agroalimentaire, écoles d'ingénieurs, etc.). Il peut également s'avérer très utile aux professionnels du secteur de la restauration et de l'hôtellerie, ainsi qu'à toute personne souhaitant élargir ses connaissances de l'univers des produits laitiers.

Romain Jeantet, Thomas Croguennec et Gérard Brulé enseignent tous les trois au sein du département agroalimentaire d'Agrocampus Rennes.

Michel Mahaut et Pierre Schuck sont ingénieurs au sein du laboratoire de recherche en technologie laitière du centre INRA de Rennes.

Ils ont également participé à la rédaction d'*Initiation à la technologie fromagère*, *Génie des procédés appliqué à l'industrie laitière*, *Fondements physicochimiques de la technologie laitière* et *Sciences des aliments*, parus aux éditions Tec & Doc.

978-2-7430-1032-4



9 782743 010324

Table des matières

Avant-propos	III
--------------------	-----

Chapitre 1

Laits de consommation	1
1. Critères de fabrication et de commercialisation	
des laits	1
1.1. Critères hygiéniques d'ordre microbiologique	1
1.2. Critères nutritionnels	2
1.2.1. Lactose	3
1.2.2. Protéines	4
1.2.3. Matière grasse	7
1.2.4. Minéraux	9
1.2.5. Vitamines	10
1.3. Maîtrise de la qualité	10
1.4. Influence des traitements sur la valeur nutritionnelle du lait	10
1.4.1. Chauffage	11
1.4.2. Rayonnements	11
1.4.3. Oxydation	11
2. Laits boissons	11
2.1. Lait cru	12
2.2. Lait microfiltré	12
2.3. Laits traités thermiquement	13
2.3.1. Lait pasteurisé conditionné	13
2.3.2. Laits de longue conservation	14
2.4. Laits concentrés	17
2.4.1. Lait concentré non sucré	18
2.4.2. Lait concentré sucré	18

2.5. Laits spéciaux	18
2.5.1. Laits infantiles	18
2.5.2. Laits supplémentés	20
2.5.3. Laits modifiés	20
2.5.4. Lait biologique	21
2.5.5. Les boissons lactées	21

Chapitre 2

Laits fermentés et desserts lactés	23
1. Yaourt	23
1.1. Technologie du yaourt	24
1.1.1. Préparation et traitement du lait	24
1.1.2. Fermentation	26
1.1.3. Conditionnement	30
1.2. Accidents de fabrication	30
1.2.1. Défauts d'apparence et de texture	30
1.2.2. Défauts de goût	30
1.3. Intérêts nutritionnels et « thérapeutiques » du yaourt	31
2. Laits fermentés par une flore acidifiante autre que celle du yaourt	33
2.1. Laits issus de fermentations lactiques	33
2.2. Produits issus de fermentations lactiques et alcooliques	34
3. Desserts lactés frais	34
3.1. Agents texturants	35
3.2. Technologie de fabrication des desserts lactés	35

Chapitre 3

Fromage	37
1. Standardisation physicochimique et biologique des laits	38
2. Coagulation	39
2.1. Coagulation acide	39
2.2. Coagulation par voie enzymatique	40
2.3. Coagulation mixte	40
3. Égouttage	41
3.1. Facteurs d'égouttage des gels lactique et présure	41
3.2. Bilan matière, rendements et taux de récupération	43
3.3. Cinétiques d'égouttage et d'acidification : diversité fromagère	43
3.4. Découplage des cinétiques d'égouttage et d'acidification	49

18	4.1. L'affinage	50
18	4.1.1. Les substrats	51
20	4.2. Les agents d'affinage	51
20	4.2.1. Enzymes du lait	51
21	4.2.2. Enzymes coagulants	51
21	4.2.3. Enzymes d'origine microbienne	51
	4.3. Influence de l'affinage sur la saveur des fromages	52
	5. Les accidents de fromagerie et les défauts des fromages	53
	5.1. Les défauts de coagulation et d'égouttage	53
	5.2. Les défauts d'affinage	54
23	5.2.1. Défauts de texture et gonflements	54
23	5.2.2. Défauts d'aspect	54
24	5.2.3. Défauts de saveur et d'arôme	54
24		
26		
30	<i>Chapitre 4</i>	
30	Crème et beurre.....	57
30	1. Crème	57
31	1.1. Obtention des crèmes	57
33	1.1.1. Écrémage spontané ou crémage	57
33	1.1.2. Écrémage centrifuge	58
34	1.2. Préparation des crèmes de consommation	60
34	1.2.1. Crème pasteurisée	60
35	1.2.2. Crème UHT	63
35	1.2.3. Crème fouettée	63
	1.3. Valeur nutritionnelle	63
	2. Beurre.....	63
	2.1. Définition et dénominations	64
	2.1.1. Définition	64
37	2.1.2. Dénominations	64
38	2.2. Technologie traditionnelle du beurre	65
39	2.2.1. Préparation de la crème	66
39	2.2.2. Maturation	67
40	2.2.3. Passage de la crème au beurre	70
40	2.3. Autres procédés	76
41	2.3.1. Procédé NIZO	76
41	2.3.2. Procédé par cristallisation (Alpha Blend)	77
43	2.3.3. Produits nouveaux	78
43	2.4. Rendement	80
49	2.4.1. Facteur de rendement ou « overrun »	81
	2.4.2. Rendement beurrier	81
	2.4.3. Bilan matière grasse ou rendement réel	82

2.5. Défauts et altérations du beurre	82
2.5.1. Défauts	82
2.5.2. Altérations de la matière grasse laitière	83
2.6. Coproduits de la beurrerie	83
2.6.1. Babeurre	84
2.6.2. Eaux de lavage du beurre	85
2.7. Qualités nutritionnelles du beurre	85

Chapitre 5

Glaces et crème glacées	87
1. Matières premières	88
1.1. Matière grasse	88
1.2. Extrait sec dégraissé du lait (ESD)	88
1.3. Substances sucrantes	89
1.4. Stabilisants	89
1.4.1. Les hydrocolloïdes	89
1.4.2. Les émulsifiants	90
1.5. Œufs	90
1.6. Fruits, arômes et colorants	90
1.7. Additifs chimiques	90
2. Technologie de fabrication	91
2.1. Mélange, homogénéisation et pasteurisation	92
2.2. Maturation	92
2.3. Glaçage ou précongélation et foisonnement	92
2.4. Formage	93
2.5. Congélation	93
2.6. Conditionnement-emballage	94
2.7. Stockage et distribution	95
3. Mécanismes physicochimiques	95
3.1. Description des différents états de dispersion dans le mix.	95
3.2. Effets du glaçage et de la congélation	95
3.2.1. Sous refroidissement	96
3.2.2. Nucléation	96
3.2.3. Croissance des cristaux	97
3.3. Foisonnement	98
4. Composition et valeur nutritionnelle	99
5. Produits particuliers	99
5.1. Glace au yaourt	99
5.2. Glaces diététiques	100
5.3. Produits à base de substituts du lait écrémé	100

Chapitre 6

Produits déshydratés..... 101**1. Présentation générale des opérations..... 101****1.1. Concentration par ESV..... 101**

1.1.1. Principes..... 101

1.1.2. Matériel..... 104

1.1.3. Énergie..... 105

1.1.4. Intérêt de la concentration par ESV..... 109

1.2. Séchage..... 109

1.2.1. Séchage sur cylindres chauffants..... 110

1.2.2. Séchage par pulvérisation..... 112

2. Qualité des produits laitiers déshydratés..... 122**2.1. Propriétés biochimiques et physicochimiques..... 123**

2.1.1. Teneur en eau..... 123

2.1.2. État de l'eau..... 124

2.1.3. Modifications des protéines..... 129

2.2. Propriétés microbiologiques..... 132**2.3. Propriétés technologiques..... 132****2.4. Propriétés nutritionnelles..... 132****2.5. Propriétés d'usage..... 134**

2.5.1. Taille des particules..... 134

2.5.2. Masse volumique..... 134

2.5.3. Propriétés d'hydratation..... 135

2.5.4. Écoulement-éboulement..... 139

2.5.5. Exemples de propriétés fonctionnelles..... 141

Chapitre 7

Ingrédients protéiques..... 143**1. Concentrés de protéines lactières..... 144**

1.1. Coprécipités..... 144

1.2. Concentrés de protéines de lait par ultrafiltration..... 145

2. Caséines et caséinates..... 147**2.1. Fabrication..... 147**

2.1.1. Caséine acide..... 147

2.1.2. Caséinates solubles..... 149

2.1.3. Paracaseinate de calcium (caséine présure)..... 150

2.1.4. Phosphocaseinates natifs (PPCN)..... 151

2.1.5. Caséines individuelles..... 152

2.2. Composition et valeur nutritionnelle des caséines et caséinates . . .	15
2.3. Utilisation des caséines et caséinates	15
2.3.1. Caséine présure	15
2.3.2. Caséines acides	15
2.3.3. Caséinates.	15
3. Concentration et séparation des protéines de lactosérum	15
3.1. Concentrés et isolats de protéines de lactosérum	15
3.2. Séparation de l' α -lactalbumine de la β -lactoglobuline	15
3.3. Lactopéroxydase et lactoferrine	16
4. Fragmentation des protéines et séparation des peptides	16
4.1. Hydrolyse enzymatique des protéines en réacteurs à membrane . . .	16
4.1.1. Production de phosphopeptides	16
4.1.2. Production de peptides bioactifs à partir des caséines individuelles.	16

Chapitre 8

Lactose	16
1. Extraction / purification du lactose	16
1.1. Séparation et extraction des éléments non glucidiques	16
1.2. Séparation après cristallisation.	16
2. Hydrolyse du lactose	16
2.1. Hydrolyse chimique	17
2.2. Hydrolyse enzymatique	17
2.2.1. Procédé d'hydrolyse par enzyme libre	17
2.2.2. Procédé d'hydrolyse par enzyme fixée	17
2.2.3. Réacteur à membrane.	17
3. Propriétés des principaux dérivés chimiques et enzymatiques du lactose	17
3.1. Produits à lactose hydrolysé.	17
3.2. Lactulose	17
3.3. Lactosyl urée	17
3.4. Lactitol	17
3.5. Acide lactobionique	17
4. Bioconversion du lactose.	17
4.1. Fermentation aérobie : production de levures.	17
4.2. Fermentation anaérobie	17
4.2.1. Éthanol	17
4.2.2. Méthane	17
4.2.3. Acides organiques	17
Conclusion	17
Bibliographie	17
Index	18