

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

Les produits laitiers

2^e édition



Editions
TEC
& DOC

Lavoisier

BL 376

35519
②



Les produits laitiers

Romain Jeantet

Professeur en génie des procédés et technologie laitière à Agrocampus Rennes.

Thomas Croguennec

Maître de conférences en physicochimie des bioproduits à Agrocampus Rennes.

Michel Mahaut

Ingénieur de recherche INRA.

Pierre Schuck

Ingénieur de recherches à l'unité mixte de recherche sciences et technologie du lait et de l'œuf de l'INRA (Rennes).

Gérard Brulé

Professeur émérite en physicochimie des bioproduits à Agrocampus Rennes.

Editions
TEC
& **DOC**

11, rue Lavoisier
75008 Paris

Table des matières

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

Chapitre I

Laits de consommation	I
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. Lait s spéciaux.....	18
2.5.1. Lait s infantiles.....	18
2.5.2. Lait s supplémentés.....	20
2.5.3. Lait s 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. Défaut s d'apparence et de texture.....	30
1.2.2. Défaut s de goût.....	30
1.3. Intérêt s nutritionnels et « thérapeutiques » du yaourt.....	31
2. Lait s fermentés par une flore acidifiante autre que celle du yaourt.....	33
2.1. Lait s issu s de fermentations lactiques.....	33
2.2. Produit s issu s de fermentations lactiques et alcooliques.....	34
3. Dessert s lactés frais.....	34
3.1. Agent s texturant s	35
3.2. Technologie de fabrication des dessert s lactés.....	35

Chapitre 3

Fromage.....	37
1. Standardisation physicochimique et biologique des lait s	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. Facteur s d'égouttage des gels lactique et présure.....	41
3.2. Bilan matière, rendement s et taux de récupération.....	43
3.3. Cinétique s d'égouttage et d'acidification : diversité fromagère.....	43
3.4. Découplage des cinétique s d'égouttage et d'acidification.....	49

4. L'affinage	50
4.1. Les substrats	51
4.2. Les agents d'affinage	51
4.2.1. Enzymes du lait	51
4.2.2. Enzymes coagulants	51
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
5.2.1. Défauts de texture et gonflements	54
5.2.2. Défauts d'aspect	54
5.2.3. Défauts de saveur et d'arôme	54

Chapitre 4

Crème et beurre	57
1. Crème	57
1.1. Obtention des crèmes	57
1.1.1. Écrémage spontané ou crémage	57
1.1.2. Écrémage centrifuge	58
1.2. Préparation des crèmes de consommation	60
1.2.1. Crème pasteurisée	60
1.2.2. Crème UHT	63
1.2.3. Crème fouettée	63
1.3. Valeur nutritionnelle	63
2. Beurres	63
2.1. Définition et dénominations	64
2.1.1. Définition	64
2.1.2. Dénominations	64
2.2. Technologie traditionnelle du beurre	65
2.2.1. Préparation de la crème	66
2.2.2. Maturation	67
2.2.3. Passage de la crème au beurre	70
2.3. Autres procédés	76
2.3.1. Procédé NIZO	76
2.3.2. Procédé par cristallisation (Alpha Blend)	77
2.3.3. Produits nouveaux	78
2.4. Rendement	80
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

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. Paracatéinate de calcium (caséine présure)	150
2.1.4. Phosphocatéinates natifs (PPCN)	151
2.1.5. Caséines individuelles	152

2.2. Composition et valeur nutritionnelle des caséines et caséinates . . .	152
2.3. Utilisation des caséines et caséinates	154
2.3.1. Caséine préure	154
2.3.2. Caséines acides	154
2.3.3. Caséinates	155
3. Concentration et séparation des protéines de lactosérum	156
3.1. Concentrés et isolats de protéines de lactosérum	156
3.2. Séparation de l' α -lactalbumine de la β -lactoglobuline	159
3.3. Lactopéroxydase et lactoferrine	160
4. Fragmentation des protéines et séparation des peptides	161
4.1. Hydrolyse enzymatique des protéines en réacteurs à membrane . . .	161
4.1.1. Production de phosphopeptides	162
4.1.2. Production de peptides bioactifs à partir des caséines individuelles	164

Chapitre 8

Lactose	165
1. Extraction / purification du lactose	166
1.1. Séparation et extraction des éléments non glucidiques	167
1.2. Séparation après cristallisation	168
2. Hydrolyse du lactose	169
2.1. Hydrolyse chimique	170
2.2. Hydrolyse enzymatique	170
2.2.1. Procédé d'hydrolyse par enzyme libre	170
2.2.2. Procédé d'hydrolyse par enzyme fixée	170
2.2.3. Réacteur à membrane	170
3. Propriétés des principaux dérivés chimiques et enzymatiques du lactose	172
3.1. Produits à lactose hydrolysé	172
3.2. Lactulose	172
3.3. Lactosyl urée	173
3.4. Lactitol	173
3.5. Acide lactobionique	173
4. Bioconversion du lactose	173
4.1. Fermentation aérobie : production de levures	174
4.2. Fermentation anaérobie	175
4.2.1. Éthanol	175
4.2.2. Méthane	175
4.2.3. Acides organiques	176
Conclusion	177
Bibliographie	179
Index	183

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'Agrocompus 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