

Michel Mahaut • Romain Jeantet
Gérard Brulé • Pierre Schuck

Les produits industriels laitiers



Editions
TEC
& **DOC**

Cet ouvrage décrit les bases fondamentales des technologies mises en œuvre dans la transformation du lait en divers produits industriels, à l'exception des fromages : laits de consommation, produits fermentés et desserts lactés ; produits déshydratés, beurre, caséines et caséinates, protéines laitières, lactose, glaces et crèmes glacées.

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

Cet ouvrage synthétique s'adresse aux techniciens de l'industrie laitière ainsi qu'aux étudiants des filières agroalimentaires (BTS industries agroalimentaires, IUT génie biologique, option industries alimentaires et biologiques, écoles d'ingénieurs en agroalimentaire...).

Michel Mahaut, Romain Jeantet et Gérard Brulé enseignent tous les trois au sein du département Agroalimentaire de l'École nationale supérieure agronomique de Rennes. Ils sont également les auteurs d'une *Initiation à la technologie fromagère* (Éditions Tec & Doc, 2000).

Pierre Schuck est ingénieur au laboratoire de recherche de technologie laitière du centre Inra de Rennes.

2-7430-0429-0



9782743004293

Table des matières

Avant-propos	XI
--------------------	----

Chapitre 1 Laits de consommation

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	11
1.4.1. Chauffage	11
1.4.2. Rayonnements	11
1.4.3. Oxydation	12
2. Laits boissons	12
2.1. Lait cru	13
2.2. Laits traités thermiquement	13
2.2.1. Lait pasteurisé conditionné	13
2.2.2. Laits de longue conservation	14
2.3. Laits concentrés	15
2.3.1. Lait concentré non sucré	18
2.3.2. Lait concentré sucré	18

2.4. Laits spéciaux	18
2.4.1. Laits infantiles	19
2.4.2. Laits supplémentés	20
2.4.3. Laits modifiés	21
2.4.4. Lait biologique	21
2.4.5. Boissons lactées	22

Chapitre 2

Produits fermentés et desserts lactés

1. Laits fermentés	26
➤ 1.1. Yaourt	27
1.1.1. Technologie du yaourt	28
1.1.2. Accidents de fabrication	34
1.1.3. Intérêts nutritionnels et « thérapeutiques » du yaourt	35
1.2. Laits fermentés par une flore acidifiante autre que celle du yaourt	37
➤ 2. Crème	38
2.1. Réglementation	38
2.2. Obtention des crèmes	38
2.2.1. Écrémage spontané ou crémage	38
2.2.2. Écrémage centrifuge	40
2.3. Préparation des crèmes de consommation	42
2.3.1. Crème pasteurisée	42
2.3.2. Crème UHT	43
2.3.3. Crème à fouetter	44
2.4. Valeur nutritionnelle	44
3. Desserts lactés frais	45
3.1. Agents texturants	45
3.2. Technologie de fabrication des desserts lactés	46

Chapitre 3

Produits déshydratés

1. Présentation générale des opérations	49
1.1. Concentration par évaporation sous vide	49
1.1.1. Principes	51
1.1.2. Matériel	52
1.1.3. Énergie	53
1.1.4. Intérêt de la concentration par ESV	57
1.2. Séchage	57
1.2.1. Séchage sur cylindres chauffants	57
1.2.2. Séchage par pulvérisation	60
2. Modifications biochimiques et physicochimiques induites au cours du procédé technologique	71
2.1. Dénaturation des protéines	71
2.2. Insolubilisation des sels phosphocalciques	73

18	2.3. Dégradation du lactose.....	74
19	2.4. Effets sur la structure du globule gras.....	74
20	2.5. Évolution durant le stockage.....	75
21	3. Qualité des produits laitiers déshydratés.....	75
21	3.1. Propriétés biochimiques et physicochimiques.....	75
22	3.1.1. Teneur en eau.....	75
	3.1.2. Activité de l'eau (a_w).....	77
	3.2. Propriétés microbiologiques.....	79
	3.3. Propriétés technologiques.....	79
	3.4. Propriétés nutritionnelles.....	80
	3.5. Propriétés fonctionnelles.....	80
26	3.5.1. Taille des particules.....	80
27	3.5.2. Masse volumique.....	83
28	3.5.3. Propriétés d'hydratation.....	84
34	3.5.4. Écoulement – Éboulement.....	87
35	3.5.5. Exemples de propriétés fonctionnelles.....	89
37		
38		
38		
38		
40		
42		

Chapitre 4

Beurre

42	1. Définition et dénominations.....	91
42	1.1. Définition.....	91
43	1.2. Dénominations.....	92
44	2. Technologie traditionnelle du beurre.....	93
44	2.1. Préparation de la crème.....	93
45	2.1.1. Pasteurisation de la crème.....	93
45	2.1.2. Dégazage.....	94
46	2.2. Maturation.....	95
	2.2.1. Maturation physique.....	95
	2.2.2. Maturation biologique.....	96
	2.3. Passage de la crème au beurre.....	98
	2.3.1. Inversion de phase.....	98
	2.3.2. Lavage, malaxage et salage.....	102
	2.3.3. Conditionnement.....	104
49	3. Autres procédés.....	104
49	3.1. Procédé NIZO.....	104
51	3.2. Procédé par cristallisation (Alpha Blend).....	105
52	3.3. Produits nouveaux.....	106
53	3.3.1. Produits à teneur allégée en matière grasse.....	106
57	3.3.2. Beurre concentré.....	106
57	3.3.3. Beurre aromatisé.....	107
57	3.3.4. Beurre en poudre.....	107
60	3.3.5. Matière grasse anhydre (MGLA).....	107
71	3.3.6. Matière grasse fractionnée – Oléine-stéarine.....	107
71	3.3.7. Matières grasses hydrogénées.....	109
73		

4. Rendement	109
4.1. Facteur de rendement ou « overrun »	109
4.2. Rendement beurrier.....	109
4.3. Bilan matière grasse ou rendement réel	110
5. Défauts et altérations du beurre.....	110
5.1. Défauts.....	110
5.1.1. Défauts d'aspect externes	110
5.1.2. Défauts à la coupe	110
5.1.3. Défauts de structure.....	111
5.1.4. Défauts de consistance	111
5.1.5. Défauts de flaveur.....	111
5.2. Altérations de la matière grasse laitière	111
5.2.1. Oxydation.....	111
5.2.2. Lipolyse.....	111
6. Coproduits de la beurrerie.....	112
6.1. Babeurre.....	112
6.2. Eaux de lavage du beurre	113
7. Qualités nutritionnelles du beurre	113

Chapitre 5

Caséines et caséinates

1. Fabrication de la caséine	116
1.1. Caséine acide	116
1.1.1. Acidification par acide minéral	116
1.1.2. Acidification par échange ionique	117
1.1.3. Acidification par fermentation lactique	117
1.2. Caséine présure.....	118
1.3. Séparation, purification, pasteurisation	118
1.3.1. Séparation	118
1.3.2. Purification.....	118
1.3.3. Pasteurisation	118
1.4. Séchage	118
1.5. Production de caséine en continu.....	118
2. Fabrication des caséinates	120
2.1. Solubilisation	120
2.1.1. Technique de fabrication à partir de lait écrémé	120
2.1.2. Technique de fabrication à partir de caséine sèche.....	121
2.2. Déshydratation	121
2.2.1. Séchage par atomisation.....	121
2.2.2. Séchage sur lit fluidisé	121
2.2.3. Séchage sur cylindre.....	121
2.2.4. Séchage par « attrition » ou thermoeextrusion	121
3. Phosphocaséinates natifs	121
4. Composition et valeur nutritionnelle	122

5. Utilisation des caséines, caséinates et coprécipités.....	122
5.1. Caséine prèseure.....	122
5.2. Caséines acides.....	124
5.3. Caséinates.....	124

Chapitre 6

Séparation et fragmentation des protéines laitières

1. Concentration des protéines du lait.....	
Séparation des caséines.....	128
1.1. Concentré de protéines de lait.....	128
1.2. Phosphocaséine native.....	129
1.3. Caséines individuelles.....	130
2. Concentration et séparation des protéines de lactosérum.....	130
2.1. Concentrés de protéines de lactosérum.....	130
2.2. Procédé de séparation de l' α -lactalbumine de la β -lactoglobuline.....	132
2.3. Lactoperoxydase et lactoferrine.....	134
2.4. Lysozyme et xanthine-oxydase.....	135
3. Fragmentation des protéines et séparation des peptides.....	135
3.1. Hydrolyse enzymatique en réacteurs à membrane.....	135
3.2. Application aux caséines du lait.....	135
3.2.1. Production de phosphopeptides.....	135
3.2.2. Production de peptides bio-actifs à partir des caséines individuelles.....	138
3.3. Application aux protéines de lactosérum.....	138

Chapitre 7

Lactose

1. Extraction purification du lactose.....	140
1.1. Séparation et extraction des éléments non glucidiques.....	141
1.2. Cristallisation.....	141
2. Hydrolyse du lactose.....	142
2.1. Hydrolyse chimique.....	143
2.2. Hydrolyse enzymatique.....	143
2.2.1. Procédé d'hydrolyse par enzyme libre.....	143
2.2.2. Procédé d'hydrolyse par enzyme fixée.....	143
2.2.3. Réacteur à membrane.....	143
3. Propriétés des principaux dérivés chimiques et enzymatiques du lactose....	145
3.1. Produits à lactose hydrolysé.....	145
3.2. Lactulose.....	145
3.3. Lactosylurée.....	146
3.4. Lactiol.....	146
3.5. Acide lactobionique.....	146
4. Bioconversion du lactose.....	146
4.1. Fermentation aérobie : production de levures.....	146

4.2. Fermentation anaérobie.....	148
4.2.1. Éthanol.....	148
4.2.2. Méthane.....	148
4.3. Autres dérivés fermentés.....	149

Chapitre 8

Glaces et crèmes glacées

1. Matières premières.....	152
1.1. Matière grasse.....	152
1.2. Extrait sec dégraissé du lait (ESD).....	153
1.3. Substances sucrantes.....	153
1.4. Stabilisants.....	154
1.4.1. Hydrocolloïdes.....	154
1.4.2. Émulsifiants.....	154
1.5. Œufs.....	155
1.6. Fruits, arômes et colorants.....	155
1.7. Additifs chimiques.....	155
2. Technologie de fabrication.....	155
2.1. Mélange, homogénéisation et pasteurisation.....	155
2.2. Maturation.....	157
2.3. Glaçage ou précongélation et foisonnement.....	157
2.4. Formage.....	158
2.5. Congélation.....	158
2.6. Conditionnement – Emballage.....	159
2.7. Stockage et distribution.....	159
3. Données scientifiques.....	159
3.1. Description des différents états de dispersion dans le mix.....	159
3.2. Effets du glaçage et de la congélation.....	160
3.2.1. Sous-refroidissement.....	160
3.2.2. Nucléation.....	160
3.2.3. Croissance des cristaux.....	161
3.3. Foisonnement.....	161
4. Composition réelle et valeur nutritionnelle.....	162
5. Produits particuliers.....	164
5.1. Glace au yaourt.....	164
5.2. Glaces diététiques.....	164
5.3. Produits à base de substituts du lait écrémé.....	164
Conclusion.....	167
Bibliographie.....	171
Index.....	175