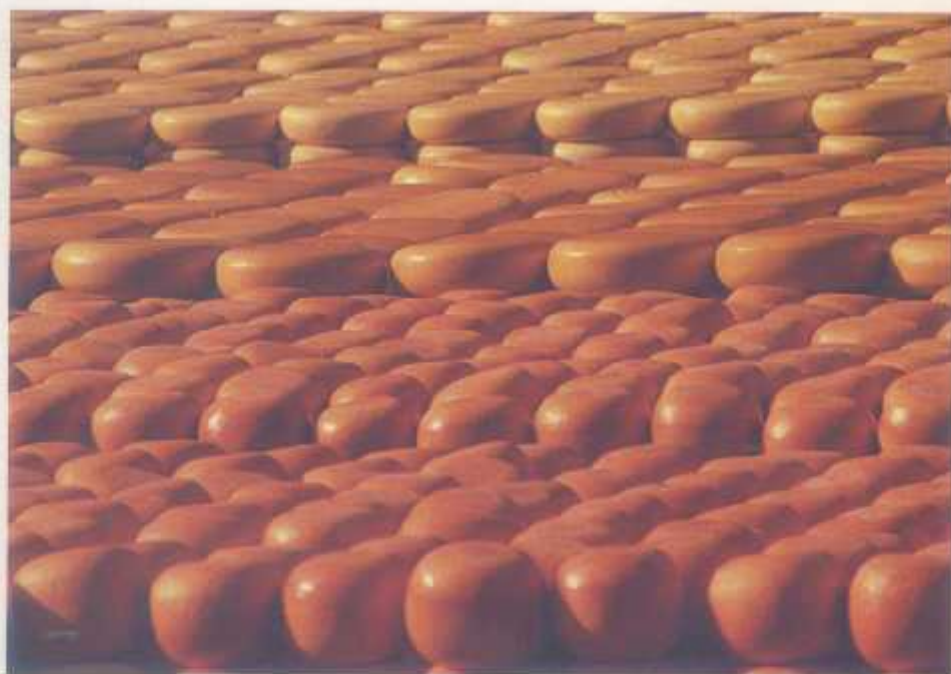


Michel Mahaut • Romain Jeantet • Gérard Brulé

Initiation à la technologie fromagère



Editions
TEC
& **DOC**

046368

(2)

BL 371



Initiation à la technologie fromagère

Michel Mahaut, Romain Jeantet, Gérard Brulé

*Département agroalimentaire
École nationale supérieure agronomique de Rennes*

Editions
TEC
& **DOC**

11, rue Lavoisier
F-75384 Paris cedex 08

LONDRES - PARIS - NEW YORK

Table des matières

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

Chapitre 1 Le lait

1. Sécrétion du lait.....	1
2. Physicochimie et biochimie du lait.....	2
2.1. Composition du lait.....	2
2.2. Quelques propriétés physico-chimiques du lait.....	5
2.2.1. Masse volumique à 20 °C.....	5
2.2.2. Viscosité à 20 °C.....	5
2.2.3. Point de congélation.....	5
2.2.4. pH et acidité.....	5
2.2.5. État de l'eau.....	5
3. Constituants.....	6
3.1. Lipides.....	6
3.1.1. Composition de la matière grasse du lait.....	6
3.1.2. Structure du globule gras.....	8
3.1.3. Évolution biochimique et chimique de la matière grasse.....	10
3.2. Matières azotées.....	11
3.2.1. Caséines.....	12
3.2.2. Protéines solubles ou azote protéique non caséinique.....	17
3.2.3. Matières azotées non protéiques (NPN).....	17
3.2.4. Minéraux du lait.....	17
3.2.5. Lactose.....	18
3.2.6. Vitamines.....	20
3.2.7. Enzymes.....	20

Chapitre 2

Généralités sur la technologie fromagère

1. Standardisation physicochimique et biologique des laits.....	24
2. Coagulation.....	25
2.1. Coagulation acide.....	25
2.2. Coagulation par voie enzymatique.....	25
2.2.1. Phase primaire.....	25
2.2.2. Phase secondaire.....	26
2.2.3. Phase tertiaire.....	26
2.3. Coagulation mixte.....	26
3. Égouttage.....	26
3.1. Égouttage du gel lactique.....	26
3.2. Égouttage du gel présure et du gel mixte.....	27
4. Affinage.....	27
4.1. Substrat.....	28
4.2. Agents d'affinage.....	28
4.3. Influence de l'affinage sur la saveur des fromages.....	29
5. Accidents de fromagerie et défauts des fromages.....	29
5.1. Défauts de coagulation et d'égouttage.....	30
5.2. Défauts d'affinage.....	30
5.2.1. Défauts de texture et de gonflements.....	30
5.2.2. Défauts d'aspect et de croûtage.....	30
5.2.3. Défauts de saveur et d'arôme.....	31

Chapitre 3

Préparation des laits de fromagerie

1. Standardisation physicochimique.....	34
1.1. Standardisation en matières azotées protéiques des laits.....	34
1.1.1. Élimination de l'eau par évaporation ou par osmose inverse.....	39
1.1.2. Concentration par nanofiltration.....	39
1.1.3. Concentration par ultrafiltration.....	39
1.1.4. Enrichissement du lait en caséinates.....	40
1.1.5. Enrichissement du lait en caséine native par microfiltration.....	40
1.2. Standardisation en matière grasse des laits.....	40
1.3. Équilibres salins du lait, ajustement du pH et teneur en lactose.....	42
1.3.1. Équilibres salins.....	42
1.3.2. pH d'emprésurage.....	46
1.3.3. Lactose.....	46
2. Standardisation biologique.....	48
2.1. Laits réfrigérés.....	48
2.2. Schémas technologiques.....	50
2.3. Bactéries lactiques.....	51

2.4. Formes d'ensemencement.....	51
2.4.1. Levains traditionnels.....	52
2.4.2. Ensemencement en cuve à levain.....	53
2.4.3. Ensemencement direct des laits de fabrication.....	54

Chapitre 4 Coagulation

1. Méthodes de mesure.....	56
1.1. Méthode visuelle.....	56
1.2. Méthodes physiques.....	56
1.2.1. Méthodes rhéologiques.....	56
1.2.2. Méthodes de comptage particulaire.....	57
1.2.3. Méthode ultrasonique.....	57
1.2.4. Méthodes optiques.....	57
1.3. Méthode chimique.....	57
1.4. Méthode thermique.....	58
2. Coagulation proprement dite.....	58
2.1. Stabilité de la micelle.....	58
2.2. Coagulation du lait par acidification.....	59
2.2.1. Mécanisme de la coagulation acide.....	59
2.2.2. Facteurs de la coagulation acide.....	59
2.3. Coagulation du lait par voie enzymatique.....	61
2.3.1. Enzymes coagulantes.....	61
2.3.2. Mécanisme de la coagulation enzymatique.....	64
2.3.3. Facteurs de la coagulation enzymatique du lait.....	66

Chapitre 5 Égouttage du coagulum

1. Mécanisme de l'égouttage.....	77
1.1. Égouttage du coagulum acide.....	77
1.2. Égouttage du coagulum présure.....	78
1.3. Égouttage du coagulum mixte.....	78
2. Facteurs d'égouttage.....	79
2.1. Tranchage.....	79
2.2. Brassage.....	81
2.3. Chauffage.....	82
2.4. Pressage.....	82
2.5. Acidification.....	83
2.6. Autres facteurs.....	85
2.6.1. Dose de présure.....	85
2.6.2. Traitement thermique du lait.....	85
2.6.3. Homogénéisation.....	85

2.7. Salage.....	86
2.7.1. Rôle du salage.....	86
2.7.1. Mécanismes de diffusion du sel.....	89
2.7.3. Saumures de fromagerie.....	92
3. Caractéristiques physicochimiques des différentes classes de fromages.....	95
3.1. Caillés lactiques.....	97
3.2. Caillés mixtes à dominante lactique.....	97
3.3. Caillés mixtes à caractère présure dominant.....	97
3.4. Caillés présure.....	97
4. Rendements fromagers.....	97

Chapitre 6

Affinage

1. Substrat.....	101
2. Agents d'affinage.....	102
2.1. Enzymes naturelles du lait.....	102
2.1.1. Plasmine.....	103
2.1.2. Lipase.....	103
2.1.3. Autres enzymes.....	103
2.2. Présure.....	105
2.3. Grands groupes microbiens des fromages.....	105
2.3.1. Bactéries lactiques.....	108
2.3.2. Bactéries propioniques (<i>Propionibacterium</i>).....	108
2.3.3. Microcoques et bactéries corynéformes.....	109
2.3.4. Levures.....	109
2.3.5. Moisissures.....	112
2.4. Principaux systèmes enzymatiques d'origine microbienne.....	113
2.4.1. Enzymes protéolytiques.....	113
2.4.2. Lipases.....	115
2.4.3. Systèmes actifs sur les acides aminés.....	116
2.4.4. Systèmes actifs sur les acides gras.....	116
3. Contrôle de l'affinage.....	116
3.1. Température.....	118
3.2. pH.....	120
3.3. Activité de l'eau (a_w).....	122
3.4. Aération et composition de l'atmosphère.....	123
4. Évolution des constituants du caillé.....	123
4.1. Fermentation du lactose et transformations de l'acide lactique.....	126
4.2. Lipolyse et dégradation des acides gras.....	129
4.3. Protéolyse et dégradation des acides aminés.....	130
4.4. Dynamique minérale.....	131
5. Influence de l'affinage sur la flaveur des fromages.....	132
5.1. Fromages de type pâte fraîche.....	132
5.2. Fromages à pâte molle à croûte fleurie.....	133
5.3. Pâtes molles à croûte lavée.....	133

5.4. Fromages à pâte persillée	133
5.5. Fromages à pâte pressée	133
5.6. Fromages à pâte pressée cuite	134

Chapitre 7

Accidents de fromagerie et défauts des fromages

1. Défauts de coagulation et d'égouttage	137
1.1. Facteurs d'inhibition et substances stimulantes du lait cru	138
1.1.1. Facteurs inhibiteurs naturels du lait cru	138
1.1.2. Influence des substances stimulantes et du traitement thermique sur la croissance des bactéries lactiques	138
1.1.3. Facteurs exogènes	139
1.2. Facteurs affectant la coagulation et l'égouttage	140
1.2.1. Laits de mammite	141
1.2.2. Laits réfrigérés	143
2. Défauts d'affinage	143
2.1. Défauts de texture et de gonflements	143
2.1.1. Pâte sèche	143
2.1.2. Pâte coulante	144
2.1.3. Fromage sans ouverture	144
2.1.4. Fromage lainé	144
2.1.5. Fromage trop ouvert	144
2.1.6. Gonflements précoces	145
2.1.7. Gonflements tardifs ou gonflements butyriques	145
2.2. Défauts d'aspect et de croûtage	146
2.2.1. Accidents du « bleu »	146
2.2.2. « Poil de chat »	147
2.2.3. « Graisse » ou « peau de crapaud »	147
2.2.4. Autres défauts d'origine fongique	147
2.2.5. Défauts dus aux bactéries	148
2.2.6. Croûte cartonneuse	148
2.3. Défauts de saveur et d'arôme	148
2.3.1. Défauts de saveur et d'amertume	148
2.3.2. Goût de rance	149
2.3.3. Autres défauts de flaveur	150

Chapitre 8

Technologies comparées des grands types de fromages

1. Grandes familles de fromages	154
1.1. Fromages frais	154
1.1.1. Technologie	155
1.1.2. Qualités nutritionnelles des fromages frais	160

1.2. Pâtes molles à croûte fleurie ou lavée	160
1.3. Pâtes persillées	167
1.4. Fromages à pâte pressée	167
1.5. Pâtes dures	168
1.6. Pâtes filées	173
1.7. Fromages fondus	173
2. Qualités nutritionnelles et hygiéniques	176
2.1. Intérêt nutritionnel	176
2.2. Qualité hygiénique	177
3. Classification	177
3.1. Classification didactique	177
3.2. Classification technologique	177
3.3. Classification officielle	179
Bibliographie	181
Index	187

Cet ouvrage présente les principales étapes de l'industrie fromagère, de la coagulation du lait à l'affinage des grandes familles de fromages.

En s'appuyant sur les récents acquis de la science laitière, *Initiation à la technologie fromagère* permet de mieux appréhender les mécanismes physicochimiques et biologiques impliqués dans les transformations successives du lait. Il permet ainsi une plus grande maîtrise de la qualité des produits élaborés, notamment par l'analyse des accidents de fromagerie et des défauts de coagulation, d'égouttage et d'affinage les plus fréquents.

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'un deuxième ouvrage consacré aux *Produits industriels laitiers* (Éditions Tec & Doc, 2000).

2-7430-0408-8



9782743004087