

RECHERCHE • TECHNOLOGIE • APPLICATIONS

Génie des procédés

Emulsions alimentaires et foisonnement

sous la direction de
Jack Legrand

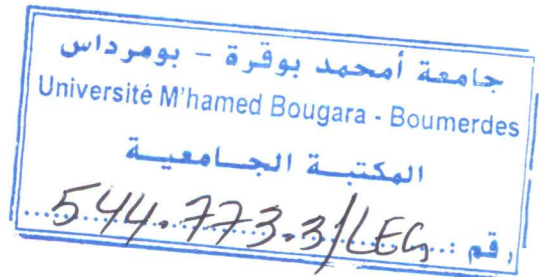
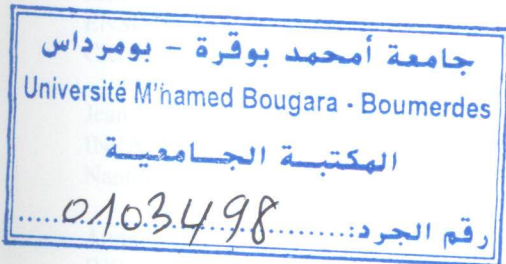
 **hermes**

Lavoisier



Emulsions alimentaires et foisonnement

théorie et applications



02EXP

sous la direction de
Jack Legrand

hermes
Science
—publications—

Lavoisier

Table des matières

Avant-propos	13
Catherine LOISEL et Jack LEGRAND	
 Chapitre 1. Formulation des émulsions et des mousses alimentaires	15
Catherine LOISEL et Anne-Claude LEFEBVRE	
1.1. Emulsions et mousses alimentaires : définitions	15
1.1.1. Microstructure des émulsions et mousses	17
1.1.2. Démarche de formulation	20
1.2. Formation des émulsions et des mousses	21
1.2.1. Principales étapes de la réalisation d'une émulsion	21
1.2.2. Application à la réalisation de sauces et de crèmes dessert	23
1.2.3. Principales étapes de la réalisation d'une mousse	27
1.3. Phénomènes de déstabilisation des émulsions et des mousses	29
1.3.1. Déstabilisation des émulsions	29
1.3.2. Déstabilisation des mousses	39
1.4. Ingrédients et additifs dans la formulation des émulsions et des mousses	41
1.4.1. Les protéines	42
1.4.2. Les agents émulsifiants non protéiques	54
1.4.3. Les agents texturants glucidiques	62
1.4.4. Les matières grasses : un rôle-clé	74
1.4.5. Les sucres	78
1.5. Méthodologie de la formulation de produits alimentaires	80
1.5.1. Définition des objectifs du projet : le cahier des charges fonctionnel	82
1.5.2. La sélection de la stratégie expérimentale	83

1.5.3. Phase de <i>screening</i> des facteurs	85
1.5.4. Phase d'optimisation	86
1.5.5. Phase de validation	87
1.6. Conclusion	93
1.7. Bibliographie	94

Chapitre 2. Tensioactifs, mousses et émulsions 99

Anne-Laure FAMEAU, Audrey ARNOULD, Bérénice HOUINSOU HOUSSOU
et Jean-Paul DOULIEZ

2.1. Introduction.	99
2.2. Propriétés des tensioactifs	100
2.2.1. Définition d'un tensioactif.	100
2.2.2. Différentes classes de tensioactifs	101
2.2.3. Micellisation	103
2.2.4. Balance hydrophilie-lipophilie	109
2.2.5. Agrégats formés par les tensioactifs	111
2.3. Assemblages d'acides gras et propriétés tensioactives associées	115
2.3.1. Généralités sur les acides gras	115
2.3.2. Solubilité des acides gras	116
2.3.3. Dispersion des acides gras dans l'eau	117
2.3.4. Les vésicules d'acides gras	119
2.3.5. Micelles d'acides gras	121
2.3.6. Bicouches lipidiques et tubes d'acides gras.	124
2.4. Les émulsions	128
2.4.1. Définition.	128
2.4.2. Paramètres énergétiques de la formation des émulsions	128
2.4.3. Stabilité des émulsions.	134
2.4.4. Les émulsifiants	138
2.4.5. Interactions colloïdales.	139
2.4.6. Emulsions obtenues à partir d'assemblages d'acides gras	142
2.5. Les mousses	143
2.5.1. Définition.	143
2.5.2. Structure d'une mousse	143
2.5.3. Formation d'une mousse.	145
2.5.4. Destabilisation des mousses.	147
2.5.5. Stabilisation des mousses	152
2.5.6. Caractérisation et étude des mousses aux différentes échelles.	155
2.5.7. Des mousses de plus en plus innovantes	156
2.5.8. Les premières mousses thermosensibles à base d'acides gras	158

2.6. Conclusion	159
2.7. Bibliographie	159

Chapitre 3. Procédés d'émulsification 167

Anne DESRUMAUX et Jack LEGRAND

3.1. Introduction	167
3.2. Stabilité des émulsions	168
3.2.1. Considérations énergétiques	168
3.2.2. Mécanismes de déstabilisation réversibles	169
3.2.3. Mécanismes de déstabilisation irréversibles	173
3.2.4. Conclusion	176
3.3. Mécanismes physiques de la formation d'une phase dispersée	177
3.3.1. Mécanismes de fractionnement	177
3.3.2. Le phénomène de coalescence	184
3.4. Les différents procédés d'émulsification	188
3.4.1. Introduction	188
3.4.2. Les systèmes agités	189
3.4.3. Les systèmes statiques	193
3.4.4. Les homogénéisateurs hautes pressions	202
3.4.5. Critères de choix pour les émulsificateurs	208
3.5. Nomenclature	209
3.6. Bibliographie	212

Chapitre 4. Foisonnement des émulsions alimentaires 217

Christophe VIAL et Gholamreza DJELVEH

4.1. Procédé de foisonnement et émulsions foisonnées	217
4.2. Généralités sur le foisonnement des émulsions	220
4.2.1. Objectifs et difficultés	220
4.2.2. Lien avec la formulation	222
4.3. Approche macroscopique du procédé de foisonnement	225
4.3.1. Principe	225
4.3.2. Les paramètres de contrôle	228
4.3.3. Mise en œuvre de l'opération de foisonnement	234
4.4. Le foisonnement au cœur de la production d'une émulsion foisonnée	246
4.4.1. Exemples d'applications industrielles	246
4.4.2. Analyse expérimentale de l'influence des paramètres d'action	251
4.5. Analyse du procédé de l'opération de foisonnement	264

4.5.1. Procédé discontinu <i>versus</i> procédé continu	265
4.5.2. Approche énergétique à l'échelle du foisonneur	269
4.5.3. Approche mécanique à l'échelle du foisonneur	272
4.5.4. Approche mécanique à l'échelle de la bulle	278
4.5.5. Extension au cas du foisonnement	287
4.5.6. Conclusion	289
4.6. Perspectives de développement	290
4.6.1. Une technologie encore sous-exploitée : les mélangeurs statiques	290
4.6.2. Une technologie pionnière : les techniques membranaires	292
4.6.3. Autres développements technologiques en cours	295
4.6.4. Développements théoriques en cours	295
4.7. Bibliographie	298

Chapitre 5. Les émulsions laitières 309

Christelle LOPEZ et Thomas CROGUENNEC

5.1. Introduction	309
5.2. Propriétés physico-chimiques de la matière grasse laitière	310
5.2.1. Composition de la matière grasse laitière	310
5.2.2. Les globules gras du lait	315
5.2.3. Cristallisation et propriétés thermiques de la matière grasse laitière	321
5.2.4. Instabilités des émulsions laitières	326
5.3. Les émulsions laitières : principales étapes technologiques de fabrication et applications	331
5.3.1. Les laits et crèmes de consommation	331
5.3.2. Produits laitiers fermentés : exemple du yaourt	343
5.3.3. Les fromages	347
5.3.4. Les crèmes glacées	349
5.3.5. Les beurres	353
5.4. Conclusion	358
5.5. Bibliographie	360

Chapitre 6. Fabrication des mousses laitières 367

Catherine SCHORSCH

6.1. Introduction	367
6.2. Les mousses dans l'agro-alimentaire : de la tradition à l'industrialisation	369
6.2.1. Exemples et intérêt pratique	369

6.2.2. Définition et caractéristiques d'une mousse	369
6.2.3. Les enjeux de l'industrialisation des mousses	370
6.3. Les mousses laitières : du lait aux desserts lactés	371
6.3.1. Exemples de mousses laitières	372
6.3.2. Formulation des mousses laitières : quels ingrédients ?	373
6.3.3. Le choix des espèces stabilisantes	376
6.3.4. Procédés de fabrication d'une mousse laitière	378
6.3.5. Le foisonnement : phase-clé de la fabrication d'une mousse laitière.	381
6.4. Les deux secrets de la stabilité des mousses laitières	384
6.4.1. La stabilisation de l'interface gaz/liquide	386
6.4.2. La structuration de la phase continue	390
6.5. Le contrôle de la qualité des mousses	396
6.5.1. Contrôles physiques des mousses laitières	396
6.5.2. Contrôles sensoriels des mousses laitières	399
6.6. Conclusion	399
6.7. Bibliographie	400
Chapitre 7. Les émulsions pour boissons	403
Francis THÉVENET	
7.1. Introduction.	403
7.2. Formulations	404
7.2.1. Emulsifiants hydrosolubles	404
7.2.2. Stabilisants liposolubles	408
7.2.3. Colorants	410
7.2.4. Acidifiants	411
7.2.5. Conservateurs	412
7.3. Procédé de fabrication d'une émulsion aromatique	412
7.3.1. Préparation de la phase aqueuse	414
7.3.2. Préparation de la phase huileuse	414
7.3.3. Réalisation de la pré-émulsion	414
7.3.4. Homogénéisation sous pression	415
7.4. Mécanisme de stabilisation d'une émulsion pour boisson	416
7.5. Mécanisme de déstabilisation d'une émulsion pour boisson	418
7.6. Méthodes de contrôle de la stabilité des émulsions	419
7.7. Formules spécifiques	422
7.7.1. Boissons claires type cola	422
7.7.2. Emulsions troublantes neutres	423
7.8. Conclusion	424
7.9. Bibliographie	425

Chapitre 8. Les émulsions et les mousses à base d'œufs	427
Marc ANTON, Valérie LECHEVALIER et Françoise NAU	
8.1. Introduction : les propriétés techno-fonctionnelles des constituants de l'œuf.	427
8.2. Les constituants de l'œuf.	429
8.2.1. Le jaune d'œuf	429
8.2.2. Le blanc d'œuf	435
8.3. Les émulsions à base de jaune d'œuf.	441
8.3.1. Quelques définitions	441
8.3.2. Rôle des émulsifiants.	443
8.3.3. Rôle des constituants du jaune	445
8.3.4. Importance des interactions protéines-phospholipides	448
8.3.5. Mécanisme proposé.	449
8.4. Les mousses à base de blanc d'œuf.	453
8.4.1. Mécanismes de formation et stabilité des mousses	453
8.4.2. Le blanc d'œuf : une solution d'agents tensio-actifs	456
8.5. Conclusion	465
8.6. Bibliographie	465
Index	479

L'agroalimentaire est très riche en produits conditionnés sous forme d'émulsions ou de mousses, comme le lait et ses dérivés, la margarine ou la mayonnaise. Il existe une grande diversité dans les émulsions alimentaires, tant au niveau de leurs propriétés physico-chimiques que de leurs caractéristiques organoleptiques. Ceci est le résultat d'une forte interaction entre les ingrédients et les procédés de mise en œuvre dans ce que l'on pourrait appeler « le génie de la formulation ». Celui-ci intègre les différentes sciences nécessaires à la maîtrise de la qualité des produits, parmi lesquelles la biochimie, le génie des procédés, la physico-chimie et la rhéologie.

Cet ouvrage traite des différents aspects des émulsions et des mousses en agroalimentaire, en abordant les généralités concernant la formulation et les caractéristiques des ingrédients utilisés pour obtenir les propriétés d'usage requises. Pour illustrer le propos, les exemples traités sont liés aux filières des boissons, du lait et des œufs.

Le coordonnateur

Professeur de génie des procédés à l'université de Nantes, Jack Legrand est spécialiste des procédés agroalimentaires et de valorisation des micro-organismes photosynthétiques. Il a créé et dirige depuis 2002 le Laboratoire de Génie des Procédés Environnement Agroalimentaire (GEPEA).