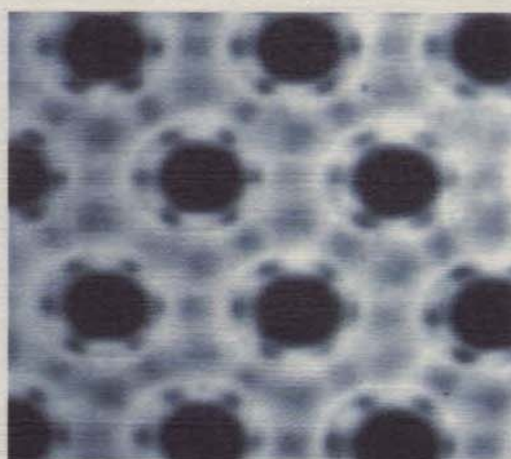


Mécanique et Ingénierie des Matériaux

Mise en œuvre des matières agroalimentaires 1



sous la direction de
Paul Colonna
Guy Della Valle

 **hermes**

Lavoisier

Table des matières

Chapitre 1. Pour une recherche sur la mise en œuvre des matières agroalimentaires	15
Paul COLONNA et Guy DELLA VALLE	
1.1. Introduction, définitions.	15
1.1.1. Enjeux	15
1.1.2. Contexte des industries alimentaires	16
1.1.3. Forces motrices et besoins actuels	18
1.2. La recherche	20
1.2.1. Industrielle	20
1.2.2. Publique.	21
Chapitre 2. Séparations dans les liquides alimentaires et biologiques	23
Violaine ATHÈS, Magali BES, Hélène CARRERE, Michèle MARIN et Isabelle SOUCHON	
2.1. Introduction	23
2.1.1. Les opérations de séparation	23
2.1.2. Place des séparations dans les industries alimentaires et biologiques	25
2.2. Opérations mécaniques	29
2.2.1. Décantation/centrifugation.	29
2.2.1.1. Objectifs et domaines d'intérêt	29
2.2.1.2. Quelques fondements théoriques	30
2.2.1.3. Techniques industrielles et applications	32
2.2.2. Filtration frontale	35
2.2.2.1. Objectifs et domaines d'intérêt	35
2.2.2.2. Quelques fondements théoriques	36
2.2.2.3. Techniques industrielles et applications	38

2.3. Séparation par partage avec une phase externe au produit :	
extraction par solvant.	40
2.3.1. Objectifs et domaines d'intérêt.	40
2.3.2. Technologies dans les industries alimentaires et biologiques	42
2.3.3. Le cas de l'extraction par des fluides à l'état supercritique	44
2.3.3.1. Historique et domaines d'intérêt	44
2.3.3.2. L'état supercritique : quelques fondements théoriques	44
2.3.3.3. Sélectivité d'une extraction par un fluide supercritique	46
2.3.3.4. L'extraction solide – CO ₂ supercritique	48
2.3.3.5. Conclusion.	49
2.4. Mise en œuvre d'un changement d'état : la distillation	49
2.4.1. Objectifs et domaines d'intérêt.	50
2.4.2. Quelques fondements théoriques	50
2.4.2.1. Les équilibres liquide-vapeur : cas des mélanges idéaux	51
2.4.2.2. Les équilibres liquide-vapeur : cas des mélanges non idéaux	52
2.4.2.3. Courbe d'équilibre isobare	53
2.4.2.4. Techniques industrielles	55
2.4.2.5. Rectification à l'aide d'un troisième corps	59
2.5. Techniques à membrane	60
2.5.1. Généralités	60
2.5.2. Opérations de filtration tangentielle	62
2.5.2.1. Principes	62
2.5.2.2. Techniques industrielles	63
2.5.2.3. Micro, ultra et nano-filtration	66
2.5.2.4. Osmose inverse	69
2.5.2.5. Applications dans les industries alimentaires et biologiques	71
2.5.3. Autres forces motrices.	74
2.5.3.1. L'électrodialyse	74
2.5.3.2. Pervaporation.	80
2.5.3.3. Contacteurs membranaires	82
2.6. Conclusion	88
2.7. Bibliographie	88

Chapitre 3. Fractionnement des matières premières végétales 99

Frédéric MABILLE et Joël ABÉCASSIS

3.1. Introduction	99
3.2. Exemple de procédé de fractionnement : la mouture.	100
3.2.1. Le procédé	101
3.2.1.1. Définitions.	101
3.2.1.2. Introduction et méthodes anciennes	102
3.2.1.3. Le conditionnement	103
3.2.1.4. Les broyeurs	104

3.2.1.5. Séparation des fractions	106
3.2.2. Les produits du broyage.	107
3.3. Technologie de fractionnement.	107
3.3.1. Les différents types de sollicitations	108
3.3.1.1. La compression	109
3.3.1.2. Le cisaillement.	110
3.3.1.3. Les sollicitations par chocs	110
3.3.1.4. L'abrasion	111
3.3.1.5. Les sollicitations mixtes	112
3.3.2. Modélisation du fractionnement.	113
3.3.2.1. Description des sollicitations de broyage	113
3.3.2.2. Approche matricielle (ou stochastique) du broyage	114
3.3.3. Propriétés des fractions dans le comportement au broyage	116
3.4. Variabilité des produits biologiques et nécessité d'une caractérisation rhéologique	117
3.4.1. Caractérisation mécanique de l'albumen de blé	119
3.4.2. Structure et modélisation de la matrice	121
3.4.3. Propriétés des tissus périphériques du grain.	124
3.5. Structuration des résultats du fractionnement.	125
3.6. Bibliographie	126
Chapitre 4. Traitement par l'air et aéraulique	129
Pierre-Sylvain MIRADE, Alain KONDOYAN, Jean-Dominique DAUDIN et André LEBERT	
4.1. Introduction	129
4.2. Caractérisation des phénomènes physiques	131
4.2.1. Phénomènes physiques internes	131
4.2.1.1. Les équations et leurs résolutions.	131
4.2.1.2. Diffusivité apparente de l'eau	134
4.2.1.3. Activité de l'eau et isothermes de sorption	136
4.2.2. Echanges à l'interface air/produits	140
4.2.2.1. Produit isolé.	141
4.2.2.2. Ensembles de produits	146
4.2.3. Aéraulique des appareils industriels	149
4.2.3.1. Matériels et méthodes de mesure de l'aéraulique.	149
4.2.3.2. Modélisation de l'aéraulique par mécanique des fluides numérique	152
4.2.3.3. Limites actuelles des études aérauliques d'appareils	155
4.3. Exemples d'opérations industrielles	156
4.3.1. Air facteur d'hygiène	156
4.3.1.1. Analyse de la qualité de l'air	156
4.3.1.2. Les cas d'aérocontamination observés dans les industries agroalimentaires	157

4.3.1.3. Protections contre l'aérocontamination en agroalimentaire.	158
4.3.2. Réfrigération des viandes	160
4.3.2.1. Ecoulement d'air dans les installations de réfrigération	161
4.3.2.2. Modélisation de la réfrigération du produit	164
4.3.3. Stockage et maturation des viandes et fromages	165
4.3.3.1. Séchage des charcuteries.	167
4.3.3.2. Hâloir d'affinage de fromages	171
4.4. Bibliographie	175

Chapitre 5. Emulsification 189

Lionel CHOPLIN, Philippe MARCHAL, Véronique SADTLER
et Dominique DELLA VALLE

5.1. Introduction	189
5.2. Formulation des émulsions.	192
5.2.1. Stabilisation des émulsions. Les émulsifiants	193
5.2.1.1. Les macromolécules	195
5.2.1.2. Les solides divisés	195
5.2.1.3. Les tensioactifs	196
5.2.2. Choix des émulsifiants	198
5.2.2.1. Règle de Bancroft.	198
5.2.2.2. Balance hydrophile lipophile – HLB	199
5.2.2.3. Limitations de la HLB	201
5.2.2.4. Courbure spontanée	201
5.2.2.5. Concept du HLD	202
5.2.3. Rôle « mécanique » des tensioactifs	204
5.2.3.1. Elasticité	204
5.2.3.2. Cinétique d'adsorption	206
5.2.4. Les émulsifiants alimentaires	208
5.2.4.1. Réglementation	209
5.2.4.2. Les différents types d'émulsifiants alimentaires	210
5.3. Mécanismes de base dans la formation des émulsions	213
5.3.1. Le diamètre des gouttes : une caractéristique stratégique	213
5.3.2. Les propriétés physiques macroscopiques du milieu au cours de l'émulsification	216
5.3.3. Les forces électriques interparticulaires	217
5.3.3.1. Forces LW.	219
5.3.3.2. Forces AB	220
5.3.3.3. Forces EL	221
5.3.3.4. Résultante des forces interparticulaires et théorie DVLO	221
5.3.4. Les forces mécaniques et les nombres sans dimension intervenant dans la dispersion	223
5.3.5. Dispersion en régime laminaire	225

5.3.6. Dispersion en régime turbulent	232
5.4. Procédés d'émulsification	241
5.4.1. Typologie et spécificités	241
5.4.2. Procédés continus	243
5.4.2.1. Moulins colloïdaux	243
5.4.2.2. Homogénéisateurs haute pression	244
5.4.2.3. Homogénéisateurs à jet dispersant	245
5.4.2.4. Procédés utilisant des membranes microporeuses	246
5.4.2.5. Mélangeurs statiques	247
5.4.2.6. Performances comparées	248
5.4.3. Procédés discontinus	249
5.4.3.1. Cuves agitées « mono-outil »	249
5.4.3.2. Cuves agitées « multi-outils »	250
5.4.4. Problématique de changement d'échelle	253
5.5. Caractérisation des émulsions	254
5.5.1. Analyse sensorielle	255
5.5.2. Analyses thermique et enthalpique différentielles	257
5.5.3. Comptage	259
5.5.4. Conductivité	260
5.5.5. Densimétrie	261
5.5.6. Diffusion	262
5.5.6.1. Diffusion de lumière	262
5.5.6.2. Spectroscopie à corrélation de photons	263
5.5.6.3. Spectroscopie à effet Doppler	264
5.5.6.4. Diffusion de neutrons	264
5.5.7. Dilatométrie	265
5.5.8. Dilution	265
5.5.9. Electroacoustique	266
5.5.10. Electrophorèse	267
5.5.11. Microscopie	267
5.5.11.1. Microscopie optique	267
5.5.11.2. Microscopie électronique	268
5.5.11.3. Microscopie à force atomique	269
5.5.12. Résonance magnétique nucléaire	269
5.5.13. Rhéométrie	270
5.5.14. Sédimentométrie	273
5.5.15. Séparation	274
5.5.16. Spectroscopie diélectrique	274
5.5.17. Spectroscopie ultrasonore	274
5.5.18. Tensiométrie	275
5.5.19. Zétamétrie	277
5.6. Applications alimentaires	277
5.6.1. Les « pâtes fines » de viande	277

14 Mise en œuvre des matières agroalimentaires 1

5.6.2. Les « pâtes fines » de poisson	279
5.6.3. Les beurres et margarines	280
5.6.4. La mayonnaise	284
5.6.5. Les mixes de crème glacée.	287
5.7. Conclusion	289
5.8. Bibliographie	290
Index	303