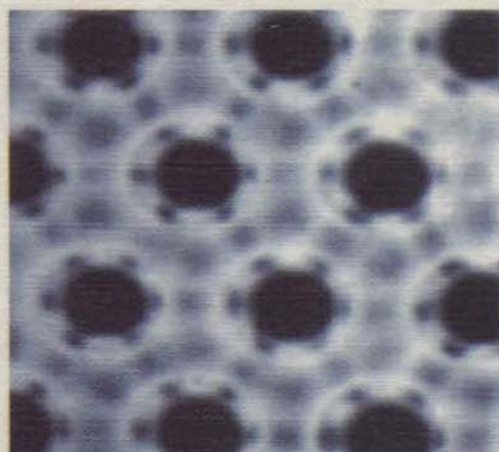


Mécanique et Ingénierie des Matériaux

Mise en œuvre des matières agroalimentaires 2



sous la direction de
Paul Colonna
Guy Della Valle

hermes

Lavoisier

Table des matières

Chapitre 1. Procédés fermentaires et biotransformations : bioréacteurs . . .	15
Jean-Bernard GROS et Christian LARROCHE	
1.1. Introduction	15
1.1.1. Enjeux	15
1.1.2. Quelques exemples	18
1.1.2.1. Fabrication du vinaigre	18
1.1.2.2. Production de <i>Brevibacterium linens</i> comme ferment	19
1.1.2.3. Production de molécules à propriétés d'arômes	19
1.1.2.4. Les fermentations en milieu solide	23
1.1.3. Objectifs du chapitre	25
1.2. Les réacteurs biologiques	25
1.2.1. Différents types de réacteurs	25
1.2.2. Puissance dissipée	29
1.2.3. Temps de mélange	30
1.2.4. Contraintes de cisaillement	32
1.3. Les équilibres entre phases	32
1.3.1. Notion d'équilibre	32
1.3.2. Modèles de coefficient d'activité	35
1.3.3. Equilibre liquide-vapeur	38
1.3.3.1. Activité de l'eau	38
1.3.3.2. Solubilité des gaz	40
1.3.4. Equilibres liquide-liquide	44
1.3.4.1. Solubilité des composés organiques hydrophobes	44
1.3.4.2. Coefficient de partage eau-octanol K_i^{ow}	46
1.3.4.3. Estimation de la solubilité des composés organiques hydrophobes à l'aide de K^{ow}	47
1.3.5. Equilibres chimiques. Calcul du pH	48
1.4. Contacts entre phases. Transfert de matière	50

1.4.1. Modèles théoriques de k_1	54
1.4.2. Aire interfaciale et diamètre des bulles de gaz	55
1.4.3. Corrélations empiriques pour l'estimation de K_1a	56
1.5. Procédés de production de molécules à propriétés d'arômes par biotransformation : étude de cas	58
1.5.1. Production de méthylcétones	58
1.5.2. Production d'alkylpyrazines	59
1.5.3. Production de composés hydroxylés de la β -ionone	61
1.5.4. Procédé de production d'isonovalal en milieu biphasique	66
1.6. Conclusion	69
1.7. Bibliographie	69

Chapitre 2. Traitement thermique en milieu liquide 77

Jean-François MAINGONNAT et Jean-Claude LEULIET

2.1. Introduction	77
2.1.1. Omniprésence des traitements thermiques et leurs différentes fonctions en agroalimentaire	77
2.1.2. Les spécificités de l'industrie agroalimentaire	78
2.2. Principes généraux du traitement thermique en phase liquide	80
2.2.1. Notion de bilans et les grandeurs impliquées	80
2.2.1.1. Le transfert de chaleur	80
2.2.1.2. Le transfert de quantité de mouvement	83
2.2.1.3. Utilisations pratiques des notions de bilans et de transfert	84
2.2.2. La dispersion des temps de séjour	85
2.3. Les problèmes liés aux produits alimentaires	87
2.3.1. La rhéologie des produits en phase liquide	87
2.3.1.1. Les fluides rhéofluidifiants : généralisation des invariants de similitude	88
2.3.1.2. Les fluides à seuil	91
2.3.2. Les particules	95
2.3.2.1. La dispersion des temps de séjour dans les milieux solides-liquides	95
2.3.2.2. Les transferts de chaleur en présence de particules	96
2.3.2.3. Les problèmes non résolus dans le cas du traitement des particules	97
2.3.3. Encrassement lors du traitement thermique en phase liquide	97
2.3.4. Nettoyage et désinfection	99
2.4. Les échangeurs de chaleur	100
2.4.1. Les échangeurs munis d'une paroi d'échange	101
2.4.1.1. Les échangeurs tubulaires	101
2.4.1.2. Les échangeurs à plaques	102
2.4.1.3. Les échangeurs à surface raclée	103
2.4.1.4. Les cuves pourvues d'une agitation mécanique	104
2.4.2. Les échangeurs dépourvus de paroi d'échange	105

2.4.2.1. L'injection de vapeur dans le produit	105
2.4.2.2. Dissipation d'énergie électrique dans le produit	105
2.4.2.3. Dissipation d'énergie électromagnétique dans le produit	106
2.5. Conclusion	107
2.6. Bibliographie	108
Chapitre 3. Texturation de biopolymères en milieux concentrés.	113
Guy DELLA VALLE, Paul COLONNA et Bruno VERGNES	
3.1. Introduction	113
3.1.1. Contexte	113
3.1.2. Matériaux et biopolymères	114
3.1.3. Procédés de transformation et comportement de la matière.	116
3.2. Formation de la pâte	117
3.2.1. Bases physico-chimiques : transitions de phase et relaxations.	117
3.2.1.1. Fusion de l'amidon.	117
3.2.1.2. Rôle de la transition vitreuse	119
3.2.2. Aptitudes à la transformation	121
3.2.2.1. Développement de la pâte : effets cinétiques et mécaniques	122
3.2.2.2. Passage à l'état « fondu »	124
3.3. Propriétés d'écoulement	129
3.3.1. Propriétés viscoélastiques des pâtes biscuitières	130
3.3.1.1. Contexte	130
3.3.1.2. Matériels et méthodes	130
3.3.1.3. Résultats	131
3.3.2. Mise en œuvre des amidons fondus	133
3.3.2.1. Viscosité en cisaillement simple	133
3.3.2.2. Simulation du procédé de cuisson-extrusion bi-vis	135
3.3.3. Ecoulements élongationnels de pâtes	139
3.3.3.1. Définitions et méthodes de mesure.	139
3.3.3.2. Application au procédé de panification.	142
3.4. Obtention de mousses solides (solides alvéolaires).	146
3.4.1. Mécanismes d'expansion.	146
3.4.1.1. Nucléation	147
3.4.1.2. Croissance de bulles	147
3.4.1.3. Coalescence, rupture des parois alvéolaires et acquisition de la texture	148
3.4.2. Texture des solides alvéolaires.	151
3.4.2.1. Définition	151
3.4.2.2. Structure alvéolaire.	151
3.4.2.3. Comportement mécanique.	153
3.5. Conclusion	156
3.6. Bibliographie	157

Chapitre 4. Création et transformation de solides alimentaires	169
Philippe BOHUON, Bertrand BROYART et Gilles TRYSTRAM	
4.1. Définition des solides alimentaires	169
4.2. Matériau aliment et propriétés	170
4.2.1. Les propriétés	170
4.2.2. Matériau et aliment	173
4.3. Les mécanismes	173
4.3.1. Echelles spatio-temporelles de description des processus	174
4.3.2. Relations forces-flux, le régime linéaire	176
4.3.3. Transport de matière au sein d'un milieu continu	177
4.3.3.1. Diffusion moléculaire	177
4.3.3.2. Entraînement à l'échelle microscopique	178
4.3.3.3. Transport d'un fluide sous l'effet d'un gradient de pression à l'échelle macroscopique	180
4.3.3.4. Transport d'un fluide sous l'effet d'une pression capillaire à l'échelle macroscopique	181
4.3.4. Diffusion thermique, vision à l'échelle macroscopique. Gradient de concentration thermique	182
4.3.5. Transferts entre deux phases dits transferts externes	183
4.3.5.1. La convection thermique	183
4.3.5.2. Le rayonnement thermique	185
4.3.5.3. Transferts par contact	186
4.3.6. Transferts couplés de matière et d'énergie	187
4.3.7. Transformations physiques et biochimiques	188
4.3.7.1. Nature des réactions biochimiques et biologiques	189
4.3.7.2. Estimation de la vitesse des réactions biochimiques et biologiques . .	190
4.3.7.3. Prise en compte des facteurs d'influence pour l'évaluation des vitesses de réaction	192
4.3.7.4. Transformations physiques	194
4.3.8. Synthèse	195
4.4. Les opérations unitaires	196
4.4.1. Déshydratation-imprégnation (DI)	196
4.4.1.1. Objectifs de l'opération	196
4.4.1.2. Principes de l'opération	197
4.4.1.3. Variables opératoires de contrôle	198
4.4.1.4. Les flux (quantification)	201
4.4.1.5. Impact des propriétés du produit sur les transferts	202
4.4.2. Marinage	203
4.4.2.1. Objectifs de l'opération	203
4.4.2.2. Principes de l'opération	204
4.4.2.3. Variables opératoires de contrôle	205
4.4.2.4. Les flux (quantification)	206

4.4.2.5. Impact des propriétés et de la nature du produit sur les transferts et les réactions	207
4.4.3. Séchage à l'air chaud	208
4.4.3.1. Objectifs de l'opération.	208
4.4.3.2. Principes de l'opération	209
4.4.3.3. Variables opératoires de contrôle.	210
4.4.3.4. Les flux (quantification)	211
4.4.4. Cuisson à l'air chaud.	213
4.4.4.1. Objectifs de l'opération de cuisson	213
4.4.4.2. Principes de l'opération et variables opératoires de contrôle.	214
4.4.4.3. Les flux (quantification)	215
4.4.4.4. Impact des propriétés et de la nature du produit sur les transferts et les réactions	216
4.4.5. Refroidissement et congélation par immersion (RCPI).	217
4.4.5.1. Objectifs de l'opération.	217
4.4.5.2. Principes de l'opération	218
4.4.5.3. Variables opératoires de contrôle.	220
4.4.5.4. Les flux (quantification)	221
4.4.5.5. Impact des propriétés du produit sur les transferts	222
4.4.6. La friture	223
4.4.6.1. Objectifs de l'opération.	223
4.4.6.2. Principes de l'opération	223
4.4.6.3. Variables opératoires de contrôle.	226
4.4.6.4. Les flux (quantification)	227
4.4.6.5. Impact des propriétés et de la nature du produit sur les transferts et les transformations	227
4.5. Discussions et conclusion	228
4.6. Bibliographie	229
Index	233