

LES SÉPARATIONS PAR MEMBRANE DANS LES PROCÉDÉS DE L'INDUSTRIE ALIMENTAIRE

G. DAUFIN, F. RENÉ, P. AIMAR
Coordonnateurs



lavoisier
TEC
DOC

T A B L E D E S M A T I È R E S

AVANT-PROPOS

PARTIE I

BASES FONDAMENTALES

Introduction <i>P. AIMAR</i>	Présentation générale des procédés à membranes	2
1. Opérations à membranes poreuses : NF – UF – MF <i>Coordonnateur P. AIMAR</i>	1 Transfert de matière dans les membranes ——— <i>M. MEIRELES-MASBERNAT, P. AIMAR</i> • Transfert de solvant • Transfert de soluté	9
	2 Transfert de matière à l'interface : polarisation de concentration et colmatage ——— <i>G. GÉSAN-GUIZIOU</i> • Phénomènes de transfert au voisinage de la membrane • Polarisation de concentration • Colmatage	21
	3 Présentation des membranes ——— <i>B. CHAUFER, M. MEIRELES-MASBERNAT, P. AIMAR</i> • Modes de fabrication • Méthodes de caractérisation de la taille de pores • Caractérisation des charges des membranes • Caractère hydrophile/hydrophobe des membranes • Propriétés chimiques	41
	4 Géométrie des modules ——— <i>J.K. LIOU</i>	56
	Nomenclature ———	59
	Références bibliographiques ———	62

2. Procédés utilisant des membranes denses

Coordonnateur

P. AIMAR

1 Osmose inverse ————— 68

A. MAUREL

• Principe de l'osmose inverse • Pression osmotique • Mécanismes de transfert • Sélectivité des membranes d'osmose inverse • Membranes commerciales • Modules d'osmose inverse • Mise en œuvre de la technologie – Conditions de fonctionnement

2 Électrodialyse ————— 86

C. GAVACH

• Présentation • Principes fondamentaux • Mise en œuvre pratique • Phénomènes limitants • Applications de l'électrodialyse dans les industries alimentaires • Considérations économiques • Conclusions – Perspectives

3 Pervaporation ————— 96

M. MARIN

• Introduction • Présentation générale • Approche théorique et technologie de la séparation • Applications existantes et potentielles de la pervaporation • Conclusion : domaines d'intérêt de la pervaporation

Nomenclature ————— 114

Références bibliographiques ————— 117

3. Procédés de séparation par chromatographie liquide et procédés intégrés

Coordonnateur

B. CHAUFER

Introduction ————— 122

1 Procédés de séparation par chromatographie liquide 124

B. CHAUFER, H. CARRÈRE

• Principes généraux • Les différents dispositifs technologiques • Concurrence ou complémentarité des techniques séparatives chromatographiques et à membranes

2 Procédés intégrés (PI) ————— 130

G. RIOS, M.-P. BELLEVILLE

• Principes généraux • Microfiltration-Adsorption • Ultrafiltration-Électrophorèse • Nanofiltration - Extraction par fluide supercritique • Distillation sur membrane et évaporation osmotique

Conclusions ————— 136

Références bibliographiques ————— 137

4. Connaissance des fluides, des procédés et de leur fonctionnement

Coordonnateur

F. RENÉ

Introduction ————— 140

1 Caractéristiques rhéologiques des fluides ——— 141

F. RENÉ, J.-C. LEULIET

• Importance du comportement rhéologique dans les procédés de séparations • Définitions • Modèles de comportement des fluides • Paramètres influençant la rhéologie des fluides

2 Caractéristiques physicochimiques des solutés 157

B. CHAUFER

• Taille des solutés • Charge des solutés • Mobilité électrophorétique • Hydrophobicité/hydrophilie

3 Mode de fonctionnement et de conduite en régime stationnaire ————— 162

F. RENÉ, H. BARNIER

• Introduction • Les différents types d'installations de filtration • Modes de fonctionnement des installations • Résolution des équations de fonctionnement des systèmes de filtration • Conclusion

	6 Nettoyage enzymatique	264
	• Utilisation d'enzymes et de détergents enzymatiques comme agents de nettoyage • Conditions opératoires • Pratique expérimentale du nettoyage enzymatique	
	7 Modélisation du rinçage et du nettoyage	271
	• Modèles de rinçage • Modèles de nettoyage	
	8 Désinfection des membranes et des modules	273
	9 Épuration et recyclage des solutions de nettoyage	275
	Conclusion	276
	Nomenclature	277
	Références bibliographiques	279
7. Industrie laitière	Introduction	282
Coordonnateur	1 Lait	283
G. DAUFIN	A. PIERRE, A. GAREM, H. GOUDÉDRANCHE, G. DAUFIN	
	• Le lait • Microfiltration • Ultrafiltration • Nanofiltration	
	2 Lactosérum	310
	G. DAUFIN, G. GÉSAN-GUIZIOU, A. MULLER, U. MERIN, R. JEANTET, C. BRAMAUD	
	• Introduction • Prétraitements • Osmose inverse et nanofiltration • Ultrafiltration tangentielle pour la production de concentrés de protéines de lactosérum • Fractionnement des protéines du lactosérum • Conclusion	
	3 Hydrolysats de protéines laitières	330
	S. BOUHALLAB, J. LÉONIL, F. NAU, A. GAREM, G. DAUFIN	
	• Introduction • Fractionnement des hydrolysats des protéines laitières par ultrafiltration • Fractionnement des hydrolysats par nanofiltration • Développement et perspectives	
	4 Traitement et recyclage des effluents de l'industrie laitière	343
	G. DAUFIN, G. GÉSAN-GUIZIOU, B. CHAUFER, J. MANEM, M. DRESCH	
	• Introduction • Eaux résiduelles globales • Eaux « blanches » • Condensats d'évaporation ou « eaux de vache » • Saumures de salage de fromagerie • Solutions de nettoyage et de désinfection des centrales de nettoyage en place (NEP) • Évaluation économique du coût des procédés à membranes pour la régénération des solutions de nettoyage	
	Conclusion	359
	Annexe : Éléments de quantification de la pollution d'un effluent : matières organiques et matières en suspension	360
	• Matières organiques	
	• Matières en suspension (MES)	
	Nomenclature	363
	Références bibliographiques	365
8. Protéines végétales et animales	1 Protéines végétales	374
Coordonnateur	S. BÉROT	
S. BÉROT	• Les procédés membranaires dans le traitement des oléoprotéagineux • Les procédés membranaires dans le traitement des céréales • Conclusion	

2 Protéines d'ovoproduits — 388*F. NAU, J.-L. THAPON*

• Caractéristiques des ovoproduits et leurs conséquences technologiques • Pourquoi utiliser les procédés membranaires dans le secteur des ovoproduits? • Concentration d'un blanc d'œuf • Concentration de l'œuf entier • Extraction du lysozyme • Avenir des procédés membranaires dans le secteur des ovoproduits

3 Protéines de poissons et de produits marins — 393*F. QUÉMENEUR, P. JAOUEN, L. VANDANJON*

• Eaux de procédé • Les eaux de transport et de stockage • Concentration et purification de substances à haute valeur ajoutée

4 Sang et gélatine — 403*F. QUÉMENEUR, P. JAOUEN, L. VANDANJON*

• Valorisation du sang d'abattoir • Gélatine • Conclusion

Nomenclature — 411**Références bibliographiques** — 413**9. Bière****Coordonnateur***M. LALANDE*Co-auteurs : *P. BLANPAIN,**F. RENÉ***Introduction** — 420**1 Séparations nécessaires à la clarification de la bière** — 421

• Composés nécessitant une séparation sélective • Principes physicochimiques et technologie associés à la clarification/stabilisation de la bière

2 Microfiltration tangentielle de la bière en brasserie 428

• Atouts. Applications potentielles et effectives • Travaux scientifiques réalisés • Industrialisation. Aspects économiques et installations réalisées

Conclusion — 438**Nomenclature** — 439**Références bibliographiques** — 441**10. Vin et produits****dérivés de la****transformation du****raisin****Coordonnateur***M. MOUTONNET*Co-auteurs : *J.-L. ESCUDIER,**A. VERNHET, Y. CADOT,**B. SAINT-PIERRE,**M. MIKOLAJCZAK***Introduction** — 444**1 Insertion des techniques séparatives à membranes dans les traitements des vins** — 446

• Microfiltration tangentielle et clarification des vins • Stabilisation tartrique des vins par électrodialyse

2 Apport des membranes dans les traitements des moûts de raisins et des produits de diversification — 458

• Concentration des moûts et des vins • Désalcoolisation

3 Polyvalence de l'utilisation des techniques séparatives à membranes en œnologie — 466

• Applications de la microfiltration tangentielle • Applications des procédés électromembranaires

4 Association des techniques séparatives à membranes en œnologie — 467**Conclusion et perspectives** — 468**Nomenclature** — 469**Références bibliographiques** — 470**11. Industrie des jus****de fruits, légumes****et jus sucrés****Coordonnateurs***M. DECLoux***Introduction** — 474**1 Jus de fruits** — 474*M. DECLoux, F. PROTHON*

• Jus de pomme, concentrés et dérivés • Jus d'agrumes (orange, citron, mandarine) • Jus de fruits exotiques • Jus de fruits pulpeux (abricot, pêche, poire, prune,...) • Jus de fruits rouges et baies (fraise, groseille, cassis,...)