

现代食品加工新技术丛书

XIANDAI SHIPINJIAGONG XINJISHU CONGSHU

膜分离技术 与食品加工

陈少洲 陈 芳 主编

Food



化学工业出版社

现代食品加工新技术丛书

膜分离技术与食品加工

陈少洲 陈 芳 主 编
綦菁华 黄纪念 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

膜分离技术与食品加工/陈少洲, 陈芳主编. —北京:
化学工业出版社, 2005. 2
(现代食品加工新技术丛书)
ISBN 7-5025-6624-4

I. 膜… II. ①陈…②陈… III. 膜-分离-应用-食品
加工 IV. TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 007295 号

现代食品加工新技术丛书

膜分离技术与食品加工

陈少洲 陈 芳 主 编

秦菁华 黄纪念 副主编

责任编辑: 侯玉周

文字编辑: 操保龙

责任校对: 战河红

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 11½ 字数 191 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6624-4/TS·248

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版者的话

食品加工新技术是提升我国农产品加工业和食品制造业技术水平、提高我国农产品国际竞争力、缓解“三农”问题、保障食品安全的有效技术措施之一，是全面建设小康社会的重要技术保障。目前发达国家食品加工技术日新月异，以利用高新技术为特点的深加工食品层出不穷，高新技术为企业带来了丰厚的利润、巨大的国际市场和强劲的竞争力。我国食品加工业起步较晚，高新技术尚未得到有效应用。尤其是近几年，对国外出现的新技术以及传统技术的新应用，国内科研机构、企事业单位研究、开发、应用较少。许多企业几乎不了解目前国际市场上流行的食品加工新技术，以致无法采用新技术改造我国落后的加工工艺和设备，极大地限制了我国食品工业的发展。为此，化学工业出版社决定组织编写、出版一套以工程技术为主线的《现代食品加工新技术丛书》（以下简称《丛书》），以期利用高新技术推动我国农产品加工业和食品制造业的进步和发展。

《丛书》由十多位一直从事该领域研究开发的博士编写，分别介绍食品加工中的微胶囊和超微粉碎技术、辐照技术、包装技术、膜技术、超高压技术、无损检测技术、冷冻技术、生物技术等；重点介绍近几年，尤其是近5年来国外先进、实用的食品加工新技术以及传统技术的新应用。该套《丛书》既注重技术的基本原理、设备，也注重技术的工艺和具体应用；既注重技术的先进性、新颖性，也注重技术的实用性和科学性；图文并茂，理论联系实际，突出自身特点。《丛书》以工程技术为主线，即一项工程技术适用于多种食品加工，如微波技术既可用于各种蔬菜的干燥、杀菌，亦可用于各种果品、粮食等食品的干燥、杀菌，使读者阅读该套《丛书》后能够触类旁通，起到举一反三的作用。

中国农业科学院农产品加工研究所张德权博士参与了该套《丛书》的构思、设计与组稿，并做了大量工作，在此表示由衷的感谢。

该套《丛书》可供农产品加工、食品及相关专业科研人员，企事业单位的工程技术人员、管理人员阅读，也可作为大专院校相关专业的教学参考书。

化学工业出版社

2005年1月

前言

膜分离是一项新兴的高效分离技术,膜分离现象在200多年前就已经发现。20世纪上半叶出现了制造滤膜的企业,但膜分离技术的全面发展和工业应用是在20世纪60年代以后。目前,膜技术和膜设备世界年销售额已超过100亿美元,年增长率为14%~30%。大多数膜分离过程中,物质不发生相变化,分离系数较大,操作温度在室温左右,所以它是解决当代人类面临的能源、资源、环境等重大问题的重要新技术。膜分离技术被认为是20世纪末到21世纪中期最有发展前途的高新技术之一。

膜分离技术用于食品工业始于20世纪60年代末,随后逐渐应用在乳制品加工、过滤除菌、果蔬汁加工、粮油加工、酒类精制和加工废弃物处理等方面,并产生了巨大的经济效益和社会效益。今后,膜分离在食品工业中的应用将从深度和广度两个方面不断扩展。如不断开发新型膜材料,拓宽膜的品种,提高膜的性能,发展新品种的共混膜和复合膜;发展新的膜分离技术及集成膜分离技术,不断发展和完善膜萃取、膜亲和和过滤技术等新型膜技术,以及膜分离与化学反应相结合、膜分离与蒸发单元操作相结合、膜分离与冷冻单元操作相结合等集成膜分离技术,使膜分离技术在实际应用中发挥更大的作用;改进膜的清洗方法,完善膜分离技术的产业化应用。

本书共分十一章,介绍了膜分离的基本原理、膜技术在食品工业不同领域中的应用及发展概况,各章节之间既有相互联系和交叉渗透,又有相对独立性和完整性,可以分别阅读。第一章由江西宜春学院周秀玲副教授编写;第二章、第四章、第七章由中国农业大学陈芳博士编写;第三章、第六章由北京农学院蔡菁华博士编写;第五章、第八章、第九章由河南省农业科学院黄纪念博士编写;第十章由陈芳、蔡菁华、黄纪念编写;第十一章由国家食品药品监督管理局陈少洲博士编写。全书统稿工作由陈芳完成。

膜分离技术在工业上的应用时间尚短,资料有限,因此对各种应用介绍的内容和深度很难统一。由于编者水平有限,书中难免有遗漏、不足之处,敬请广大读者指正。

陈芳

2004年8月于中国农业大学

内 容 提 要

本书是《现代食品加工新技术丛书》中的一本。

本书对膜分离技术在食品工业中的应用做了系统的介绍。内容包括膜技术基本原理及其在乳制品加工、果蔬汁加工、制糖工业、发酵工业、粮油加工和酶制剂生产领域以及食品工业废弃物处理中的具体应用。

本书适合于食品工业以及膜分离领域的工程技术人员和研究人员阅读，也可供院校食品专业师生参考。

目 录

第一章 概论	1
第一节 膜种类	3
第二节 膜技术在食品加工中的应用概况	6
一、果蔬汁加工	7
二、乳制品加工	7
三、粮油加工	8
四、酿造工业	8
五、制糖工业	8
六、酶制剂工业	9
七、膜生物反应器在食品加工中的应用	9
八、膜技术在食品加工废弃物处理中的应用	10
九、软饮料加工	10
十、膜技术在食品加工中的应用前景及展望	10
第二章 膜技术基本原理	12
第一节 膜材料与膜组件	12
一、膜材料	12
二、膜组件	13
三、膜系统的操作方式	16
四、膜性能表征	17
第二节 膜分离原理	18
一、微滤	19
二、超滤	20
三、反渗透	22
四、纳滤	24
五、透析	24
六、电渗析	25
七、液膜	27
八、渗透汽化	28
九、膜蒸馏	29

第三节	膜污染及其控制	31
一、	浓差极化	31
二、	膜的污染	32
第三章	膜技术在果蔬汁加工中的应用	37
第一节	膜技术浓缩果蔬汁	37
第二节	膜技术澄清果蔬汁	42
第三节	膜过滤除菌技术在果蔬汁加工中的应用	46
第四节	膜技术回收果蔬汁芳香物质	46
第五节	膜技术提取天然色素	48
第六节	膜技术分离浓缩果胶	49
第七节	膜技术分离提取果蔬多糖	51
第四章	膜技术在乳制品加工中的应用	53
第一节	牛奶浓缩	54
第二节	膜技术分离乳清蛋白和浓缩乳糖	56
第三节	膜技术在乳清脱盐中的应用	59
第四节	膜技术分离提取牛奶中的活性因子	60
第五节	膜技术在牛奶杀菌中的应用	60
第五章	膜技术在粮油加工中的应用	64
第一节	膜技术分离谷物蛋白	64
第二节	膜技术从大豆乳清废水中提取活性因子	65
一、	大豆乳清中回收乳清蛋白	66
二、	膜技术从大豆乳清中提取分离低聚糖	69
第三节	膜技术在谷物油脂脱酸精炼中的应用	72
第六章	膜技术在酿造工业中的应用	78
第一节	膜过滤除菌技术在酿造工业中的应用	78
第二节	膜澄清技术在酿造工业中的应用	83
第三节	膜技术脱除酒精	86
第四节	膜技术在酒和含酒精饮料精制中的应用	86
第七章	膜技术在制糖工业中的应用	88
第一节	膜澄清技术在制糖工业中的应用	89
第二节	膜技术在糖液纯化中的应用	92
第三节	膜技术在糖汁浓缩中的应用	93
第八章	膜技术在酶制剂工业中的应用	95
第一节	膜技术生产酶制剂现状	95

第二节	膜技术分离浓缩植酸酶	102
第三节	膜技术分离浓缩菠萝蛋白酶	103
第四节	膜技术分离木瓜蛋白酶	104
第五节	膜技术分离生姜蛋白酶	107
第六节	膜技术分离生产溶菌酶	110
第七节	膜技术分离生产其他酶	116
第九章	膜生物反应器在食品加工中的应用	120
第一节	膜生物反应器类型与原理	121
一、	膜生物反应器类型	121
二、	膜生物反应器的设计原理	125
第二节	膜生物反应器的反应控制机制	130
一、	膜催化反应及其机理	130
二、	酶膜生物反应器操作中的影响因素	132
第三节	膜生物反应器在食品加工中的应用	133
一、	乳制品工业中的应用	134
二、	淀粉糖生产中的应用	134
三、	生物活性肽合成中的应用	135
四、	饮料生产中的应用	136
五、	食品添加剂生产中的应用	136
第十章	膜技术在食品加工废弃物处理中的应用	140
第一节	膜技术在果蔬汁加工后处理中的应用	140
第二节	膜技术在粮油加工废弃物处理中的应用	141
一、	膜技术处理大豆乳清废水	141
二、	膜技术处理淀粉加工废水	142
第三节	膜技术在制糖工业废弃物处理中的应用	144
第四节	膜技术在畜产品加工废弃物处理中的应用	147
一、	膜技术在乳业 CIP 废水处理中的应用	147
二、	膜技术在动物血液处理中的应用	148
三、	膜技术在蛋清浓缩中的应用	150
四、	膜技术从水产加工废液中回收蛋白质	151
第五节	膜技术在酿造废液、废水处理中的应用	152
一、	膜技术在维生素后处理过程中的应用	153
二、	膜技术在氨基酸后处理过程中的应用	153
三、	膜技术在酶制剂后处理过程中的应用	154

四、膜技术在其他发酵液后处理过程中的应用	154
第十一章 膜技术在软饮料生产中的应用	155
第一节 膜技术在饮料用水处理中的应用	155
第二节 膜技术在茶饮料生产中的应用	155
一、超滤技术在茶饮料生产中的应用	156
二、反渗透技术在茶浓缩汁加工中的应用	159
第三节 膜技术在其他饮料生产中的应用	164
参考文献	166

第一章 概 论

膜技术 (Membrane Technology) 是用天然或人工合成的高分子薄膜, 以外界能量或化学位差为推动力, 对双组分或多组分的溶质和溶剂进行分离、分级、提纯和富集的方法。可用于液相和气相, 对于液相分离, 可用于水溶液体系、水溶胶体系以及非水溶液体系等。膜技术是一种分子水平上的分离技术。

早在 1748 年, 法国学者 Abble Nollet 发现水能自然地扩散到装有酒精溶液的猪膀胱内, 首次揭示了膜分离现象。此后 200 多年, 膜分离技术经历了漫长的发展过程, 直到 20 世纪 60 年代中期才得到工业应用。

回顾膜分离技术的发展历史, 首先出现的是超滤和微滤技术。1816 年 Schmide 首先提出超滤的概念。1864 年 Traube 成功地制成了人类历史上第一片人造膜——亚铁氰化铜膜。1918 年 Zsigmomdy 提出了商品微孔滤膜的制造法, 并报道了在分离和富集微生物、微粒方面的应用。1929 年开始, 德国哥廷根的 Seytorius 工厂生产硝酸纤维素膜和醋酸纤维素膜, 用于实验室研究。真正开始建立微滤技术的基础是在第二次世界大战以后, 德国将这一技术用于对被炸毁的城市供水系统的细菌进行快速分析, 随后美国陆军将其用于生物试剂分析, 并在美国建立了 Millipore 公司, 专门生产和研制微滤膜; 当时的规模不过数十人, 现在已发展到 2000 人左右, 在世界十多个国家开设了分公司, 年营业额达 1 亿美元。

把纤维素膜用于超滤分离的实验, 在 20 世纪 30 年代才开始, 并由美国的 Amicon 公司进行了商品化生产。将各种形状的大面积的超滤膜放在耐压装置中的膜组件是随着反渗透组件的研制而发展起来的。反渗透的研究, 是 20 世纪 50 年代才开始的, 为了从海水或苦咸水中获得廉价的淡水, 1953 年初美国佛罗里达大学的 Reid 教授在美国盐水局 (简称 OSW) 提出了反渗透法的方案。1960 年加利福尼亚大学洛杉矶分校的加拿大学者 Loeb 和 Souridjan 教授研制成了世界上具有历史意义的第一张高性能 (高脱盐率和高透过水量) 非对称的醋酸纤维素反渗透膜, 并首次用于海水和苦咸水的淡化工作。从此, 反渗透法作为经济的海水淡化技术进入了实验和装置的研制阶段。1961 年美国的 Hevens 公司首先提出了管式膜组件的制造法, 此后其

他国家也研制了多种形式的管式膜组件；1965 年 VCLA 建立的管式膜组件系统，成为工业规模的苦咸水淡化反渗透设备，生产能力为 19t/d。1964 年美国的 Genedl Atomic 公司研制出螺旋卷式膜组件，1967 年该组件被商品化。1968 年日本东丽公司研制出了一种水流道方式的卷式膜组件。中空纤维膜组件出现较晚，主要是膜的制造和粘接的密封性要求很高。1967 年美国 Du Pont 公司首先研制出以尼龙 66 为膜材料的工业规模的中空纤维膜组件，1970 年应用于苦咸水淡化，同年该公司又研制出以芳香聚酰胺为材料的中空纤维膜组件，并获得 1971 年美国化学最高奖彼德迪百化学奖。平板式膜组件是丹麦 DDS 公司的产品，1973 年获得专利。就世界范围而言，1990 年分离膜制品（膜和膜组件）的总产值为 22 亿美元左右，1993 年超过 30 亿美元，1995 年为 70 亿美元，到 20 世纪末已增长至 140 亿美元。目前国际膜市场的 75% 分布在美国、欧洲和日本。20 世纪 80 年代后膜分离技术的工业化应用迅速发展，新发展了膜蒸馏和渗透汽化等膜分离过程。

自 20 世纪 60 年代初，随着制膜技术的重大突破、世界能源价格的不断上涨以及现代工业对采用节能、低品位原料的再利用和消除环境污染的新技术的迫切需要，现代膜分离技术被广泛应用，得到迅速发展，已跨入了诸多生产领域与科技领域，取得了很好的经济效益和社会效益。目前我国膜分离技术在化学、化工领域中的应用发展较为显著，并且在食品加工业中展现了广阔前景，其应用研究日益受到重视，并且应用范围越来越广泛。

与常规分离技术相比，膜分离技术具有一些其他分离方法不可比拟的优点。

① 膜分离过程是在常温下进行，如酶、果蔬汁、药品等的分级、分离、浓缩与富集。

② 膜分离过程不发生相变化，具有冷杀菌潜势，与有相变的分离法和其他分离法相比，能耗低，因此膜分离技术又称省能技术。

③ 膜分离过程可用于冷法杀菌，代替沿袭的巴氏杀菌工艺等，保持了产品的色、香、味及营养成分。

④ 膜分离过程不仅适用于有机物和无机物，从病毒、细菌直至微粒的广泛分离的范围，而且还适用于许多特殊溶液体系的分离，如溶液中大分子与无机盐的分离、一些共沸物或近沸点物系的分离等。

⑤ 由于仅用压力作为膜分离的推动力，因此分离装置简便，操作容易、易自控、维修，且在闭合回路中运转，减少了空气中氧的影响。

⑥ 膜分离过程易保持食品某些功效特性，如蛋白的泡沫稳定性等。

⑦ 膜分离过程对稀溶液中微量成分的回收，低浓度溶液浓缩是有效的，且物质的性质不会改变。

⑧ 膜分离工艺适应性强，处理规模可大可小，操作维护方便，易于实现自动化控制。

第一节 膜 种 类

随着人们对膜及其性能认识的逐步深化，人们已知的膜种类越来越多，膜材料的分类方法很多。由于研究膜的传递过程需要有精确微观的描述，因此，根据来源、形态和结构进行分类在工程上更有意义（见图 1-1）。

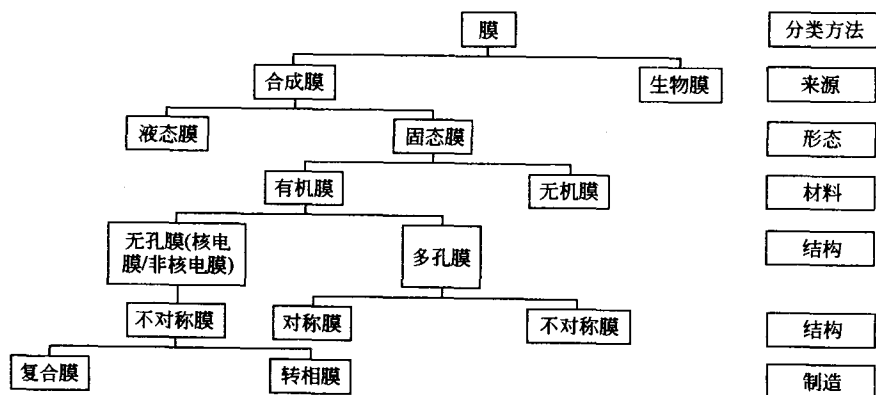


图 1-1 膜的分类

按照膜材料化学组成来分类，分成有机膜和合成膜两类。有机膜即聚合物膜，是目前几乎所有的膜技术都依赖的膜材料。高分子有机膜的性能与高分子材料的特性有密切关系。聚合物的结构特征主要由分子量、有机高分子的化学结构和空间排列（构造、构型、构象、主链、侧基或侧链），以及不同大分子间的相互作用（氢键、偶极力、弥散力、交联度）等几个因素决定。

聚合物膜用膜材料见表 1-1，可以是单一聚合物，或是几种聚合物的混合物，也可以将聚合物的单体经聚合反应而得到。

无机膜的研究和应用起步较晚。无机膜用膜材料见表 1-2，主要是金属、金属氧化物、陶瓷、玻璃以及沸石等无机材料和一些热固性聚合物材料。在一些场合，无机膜具有聚合物膜不可比拟的优点（见表 1-3），因此无机膜的基础研究与应用开发已成为世界范围内的热点。

表 1-1 聚合物膜用膜材料

材料类别		材料名称	用途	特点
天然材料	纤维素类	乙基纤维素、CA、CTA、CN、CAP、醋酸丁酯纤维素、PCE 及纤维素醚类等	渗析、微滤、超滤、反渗透、渗透蒸发、气体分离及电泳膜等	原料易得、成膜性能好、化学稳定性和热稳定性差
	甲壳素类 海藻酸类	壳聚糖(CS) 藻朊酸钠	反渗透及超滤渗透蒸发等 渗透蒸发	机械强度高、生物相容性好
合成材料	聚砜类	PS、PES、PSF 及 PSA 等	超滤、微滤、气体分离及复合膜的底膜等	耐热性和疏水性好、机械强度高、化学稳定性好、耐腐蚀
	聚酰胺类	PIP、PBIC、PA、PPP、NY—66 及 PSA 等	微滤、反渗透等	机械性能好、耐溶剂、耐热
	聚酰亚胺类	PI 等	超滤、反渗透及气体分离等	耐高温及耐腐蚀等
	聚烯烃及聚乙烯基类	PVA、PE、PP、PAN、PAA 及 PMP 等	超滤、微滤及气体分离渗透蒸发等	疏水性强、不耐热
	含氟高分子类	PTFE、PVDF、PTFCE、PHFP 及 Nafon 等	微滤及超滤等	化学稳定性好、耐腐蚀、价格较高、除 PVDF 外难用溶剂法成膜
	聚酯类	聚碳酸酯及聚丙烯酸甲酯等	渗析及气体分离等	—
	有机硅聚合物类	PDMS、PTMSP、PVTMS、PVDMS、PTMSM 及 PHMDSO 等	微滤、超滤、反渗透及气体分离等	热稳定性好、抗氧化及耐酸碱等

表 1-2 无机膜用膜材料

类型	膜材料
金属	银、钼、镍、钛、铂、钨以及合金等
金属氧化物	三氧化二铝、二氧化锆以及二氧化钛等
非金属无机物	碳化硅、二氧化硅、玻璃、陶瓷以及沸石等
聚合物	酚醛树脂、聚偏氯乙烯、聚糖醇、聚酰亚胺、纤维素及氧化聚丙烯腈等

表 1-3 无机膜与聚合物膜特点的比较

聚合物膜	无机膜
膜材料种类多	膜材料种类少
制备工艺简单,成品率高	制备工艺复杂,成品率低
孔径分布宽,孔径不易控制(核孔膜除外)	孔径分布较窄,孔径易控制
机械强度低,柔韧性好	机械强度高,膜脆易碎,需要支撑体
不耐有机溶剂,易溶胀	化学稳定性好,耐溶剂
热稳定性差	热稳定性好,耐高温
膜组件较简单,费用较低	高温下不易密封,设备费用较高
通量较小	通量较大
使用周期较短	使用周期长

按照膜断面的物理形态可将膜分为对称膜、不对称膜和复合膜，对称膜又称均质膜；不对称膜指膜的断面不对称，这种膜具有极薄的表面活性层

(或致密层)以及下部的多孔支撑层;复合膜通常是由两种不同的膜材料分别制成表面活性层和多孔支撑层。

按膜的形态结构可分为卷式膜、平板膜和中空纤维膜,常用的膜类型见表 1-4。

表 1-4 常用的膜类型

膜类型	市场占有率/%	适用的膜系统	膜类型	市场占有率/%	适用的膜系统
卷式膜	70	RO, NF, UF	中空纤维膜	8	UF, MF
平板膜	20	UF	无机膜	2	RO, UF, MF

注: RO 表示反渗透, NF 表示纳滤, UF 表示超滤, MF 表示微滤。

按照膜的分离机理,分为有孔膜、无孔膜和具有反应性官能团作用的膜三类。有孔膜的分离原理与筛网、滤纸相同,但膜孔径的大小有区别。无孔膜的分离机理类似于萃取,由于被分离物与高分子膜的亲和性强,进入膜分子间隙的粒子经溶解-扩散后,可从膜的另一侧被分离出来。离子交换膜属于具有反应性官能团作用的膜,当电荷相同时就互相排斥。

按照膜的功能可分为分离膜、识别膜、反应膜、能量转化膜、电子功能膜等。其中,分离膜的应用最为广泛,也是本书中的主要内容。分离膜的根本原理在于膜具有选择透过性,按照分离过程中的推动力和所用膜的孔径不同,可分为微滤(Micro Filtration, MF)膜、超滤(Ultra Filtration, UF)膜、反渗透(Reverse Osmosis, RO)膜、渗析(Dialysis, D)膜、电渗析(Electro Dialysis, ED)膜、气体分离(Gas Separation, GS)膜、渗透汽化(Pervaporation, PV)膜、乳化液膜(Emulsified liquid membrane, ELM)膜等,膜过程分类及特征见表 1-5。几种膜系统的通透性见表 1-6。

表 1-5 膜过程分类及特征

膜过程	膜类型	推动力	透过物质	被截留物质
微滤	多孔膜, 非对称膜	压力差 ($0.1 \sim 2 \text{ kgf/cm}^2$)	水、溶剂溶解成分、胶体	悬浮物质(胶体、细菌等)各种微粒
超滤	非对称膜	压力差 ($1 \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$)	溶剂和离子及小分子物质(相对分子质量小于 1000)	生物制品、胶体及各类大分子(相对分子质量 $1000 \sim 300000$)
反渗透	非对称膜	压力差 ($10 \sim 70 \text{ kgf/cm}^2$)	水	全部悬浮物、溶解物和胶体
透析	非对称膜, 离子交换膜	浓度差	离子、低分子量有机质、酸、碱	相对分子质量大于 1000 的溶解物和胶体
电渗析	离子交换膜	电位差	离子	所有非解离和大分子颗粒

续表

膜过程	膜类型	推 动力	透过物质	被截留物质
气体分离	均质膜,复合膜	压力差 (1 ~ 150atm)	气体	不易和不可渗透气体
渗透汽化	均质膜,复合膜	浓度差	蒸汽	液体

注: $1\text{kgf/cm}^2 = 98.0665\text{kPa}$, $1\text{atm} = 101325\text{Pa}$ 。

表 1-6 几种膜系统的通透性

溶 质	膜 系 统			
	RO	NF	UF	MF
水	P	P	P	P
盐	R	P	P	P
糖和氨基酸	R	R	P	P
蛋白质、多糖	R	R	R	P
颗粒、脂肪球、细菌	R	R	R	R

注: P 表示透过, R 表示截留。

为了满足不同应用条件和不同操作过程的多方需求,使膜技术产生更大的经济效益和社会效益,今后应在下述方面进行研究和开发。

- ① 研制和开发出新型膜材料。
- ② 以新颖的物理化学手段对现有膜进行改性。
- ③ 研究和完善膜(如超薄膜)的制备技术。

可以预计,随着过程科学和材料科学的共同发展,膜材料的研究将取得更大的进步,膜将会得到更为广泛的应用。

第二节 膜技术在食品加工中的应用概况

近年来,世界食品加工技术越来越先进,加工新技术及设备的应用研究发展非常迅速,瞬间高温杀菌技术、真空浓缩技术、微胶囊技术、膜分离技术、微波技术、真空冷冻干燥技术、超高压技术、超微粉碎技术、超临界流体萃取技术、膨化挤压技术、基因工程技术及相关设备等已在食品加工领域得到普遍应用。可以说,世界食品加工业正在进行一场新技术的革命。我国食品工业一直以初级加工品为主,转化能力弱,市场竞争力差,增值率低,资源没有得到充分、有效、合理的利用。因此,运用现代化的高新技术改造升级传统的食品加工工艺,进行食品加工新产品、新工艺、新包装、新设备及多级利用增值技术是十分必要的。

膜分离技术的最大特点就是纯天然性,因为具有加工温度不高、无毒、

无害、无残留、无污染、分离效率高等特点,尤其特别适用于热敏性天然营养素的提取、分离和精制。在崇尚回归自然的今天,人们更加追求天然、安全、营养、有效,天然制品日益受到人们的欢迎。然而天然产物要成为商品必需经过加工,许多来自天然的原料,在传统的加工过程中不可避免地受到高温的作用,或添加一些有机物作为溶剂以及添加一些化学制剂进行化学处理,致使热敏性的营养素受到破坏或残留有害化学物质,使其经过加工后往往失去了天然性。因此,采用膜分离技术改进天然产物的提取和加工方法是保证天然制品品质极其重要的环节。

现代膜分离技术在食品加工中的应用不仅改革了传统加工工艺,简化操作,降低成本,而且提高了产品的质量,增加了产品的品种。目前,膜分离技术已广泛应用于果蔬汁加工业、乳制品加工业、粮油加工业、酿造工业、制糖工业、酶制剂以及食品加工废弃物的综合利用等多方面。据美国统计,膜分离技术在食品工业中的应用占各工业应用总数的 68%,其中乳制品业占 37%,果蔬汁加工业占 18%,盐水淡化占 8%。膜技术在食品加工中应用领域越来越多,在许多方面都有潜在的应用可能。

一、果蔬汁加工

自从 1977 年 Heatherbell 等人成功运用超滤技术制得了稳定的苹果澄清汁之后,超滤技术在果蔬汁澄清中的研究与应用发展很快,同时,国外在梨汁、橙汁、猕猴桃汁、葡萄汁等果蔬汁的澄清方面也陆续获得成功。应用超滤技术进行果蔬汁的澄清,可有效地简化工艺,提高果蔬汁产量、质量,降低成本。我国近几年果蔬汁加工业发展迅速,超滤技术的应用日渐广泛,研究人员对超滤技术在猕猴桃汁、冬瓜汁、葡萄汁、南瓜汁和草莓汁、梨汁、苹果汁澄清中的应用做了大量的工作,但在反渗透、渗透汽化及膜蒸馏等膜分离技术在果蔬汁澄清浓缩中的应用及关键设备的国产化等方面尚需做大量的工作。膜分离技术与常规技术相比具有较好地保持果蔬汁风味及营养成分、降低能耗等优点。

二、乳制品加工

在食品工业中,膜技术最先应用在乳制品加工中,主要用于浓缩鲜乳、分离乳清蛋白和浓缩乳糖、乳清脱盐、分离提取乳中的活性因子和牛奶杀菌等方面。

乳制品加工中引入膜分离技术,在国外已得到较普遍的应用,并不断地进行技术改进和扩大应用范围。例如,将巴氏杀菌过程和膜分离相结合,生产浓缩的巴氏杀菌牛奶,在 20 世纪 80 年代后期已实现了工业化生产。采用