

水产品加工系列教材

现代分离纯化技术 在水产品中的应用

林慧敏◎主 编

*XIANDAI FENLI CHUNHUA JISHU ZAI
SHUICHANPIN ZHONG DE YINGYONG*



海洋出版社

现代分离纯化技术在水产品中的应用

林慧敏 主编

海洋出版社

2016年·北京

内 容 简 介

主要内容：本书依据食品科学与工程专业教学标准编写，突出食品行业特色，强调实际动手操作能力培养，强化分离技术在水产品行业中的应用。本书从介绍现代水产品工业中常用的分离技术以及水产品加工副产物分离利用现状开始，介绍了超临界流体萃取技术、现代膜分离技术、分子蒸馏技术、色谱分离技术、超声波辅助萃取技术、微胶囊技术等相关知识及其在水产品中的应用。本书还附了 6 个实验，供教师参考。

本书特色：全书由两个部分构成，理论部分和实验部分。理论部分共 7 章，每章都包括相应分离技术的基本概念、基本原理、技术特点、实用设备、在水产品行业中的应用及存在的问题和发展前景，每章通过教学目标、本章小结及思考题等环节对该部分内容进行提炼和深化，形成相对完整的教学体系。实验部分都是选取实际生产中的基础实验，具有典型性和实用价值。

读者对象：本书可供高等院校食品科学与工程专业及相近专业的学生选作教材，也可供食品科学及水产品贮藏加工等行业的科技工作者、工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代分离纯化技术在水产品中的应用 / 林慧敏主编. — 北京：海洋出版社，2015.12

ISBN 978 - 7 - 5027 - 9298 - 5

I. ①现… II. ①林… III. ①水产品加工—高等学校—教材 IV. ①S98

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 284528 号

责任编辑：郑跟娣

责任校对：肖新民

责任印制：赵麟苏

出 版：海洋出版社

开 本：787mm×1092mm 1/16

字 数：210 千字

地 址：北京市海淀区大慧寺路 8 号

邮 编：100081

发 行 部：010-62174379（传真）010-62132549

010-68038093（邮购）010-62100077

网 址：<http://www.oceanpress.com.cn>

承 印：北京朝阳印刷厂有限责任公司

版 次：2016 年 6 月第 1 版

2016 年 6 月第 1 次印刷

印 张：10

定 价：28.00 元

本书如有印、装质量问题可与本社发行部联系调换

浙江海洋大学特色教材编委会

主 任：吴常文

副主任：虞聪达

编 委：(按姓氏笔画排序)

王 颖	方志华	邓一兵
邓尚贵	全永波	李 强
吴伟志	宋秋前	竺柏康
俞存根	唐志波	黄永良
黄品全	韩伟表	程继红
楼然苗	蔡慧萍	

前 言

水产品因其富含蛋白质、钙、维生素及其他生物活性物质，深受广大消费者的喜爱。随着人们生活水平的提高和生活节奏的加快，人们对水产品的需求量也越来越大，但在水产品加工过程中，可利用部分仅占 50%~70%，而包括头、壳、皮、鳞、内脏在内的废弃物未被合理利用，其利用途径多限于加工鱼粉饲料、生产皮革、制备宠物饲料等。但随着水产行业的不断发展和人类需求的提高，这些低附加值的产品已不能满足人们对生活更高层次的追求。另外，资源的日益短缺要求我们必须合理利用一切资源，不允许鱼类废弃物中的大量优质天然产物及多种生物活性成分被浪费。如果对这些废弃物进一步深加工，结合高新技术分离提取纯度较高的不同生物活性物质，开发活性成分的特异功效，并将其广泛应用于医药和食品行业，则不仅为资源浪费、环境污染等提供很好的解决方案，还能为水产行业带来高额利润。

编写背景

我国是全球最主要的水产品加工中心，随着国内市场开放的不断深入，在国际水产品消费需求不断增加的推动下，我国水产品功能组分分离新技术的开发和应用越来越广泛。为培养学生综合素质和拓宽专业视角，有效提高将来从事食品加工尤其是水产品加工的理论知识水平，以适应国际海洋事业发展的潮流趋势，并能以优质、高效和全新意识服务于食品相关行业，我们依据食品科学与工程专业相关教学标准编写了本书。

主要内容

本书共 7 章，各章主要内容简述如下。

第 1 章 现代水产品工业中的分离技术。本章讲述食品分离技术的发展进程及研究现状，重点讲授水产品分离技术的分类。

第 2 章 超临界流体萃取技术及其在水产品中的应用。本章主要介绍超

临界流体萃取技术的基本概念、分类及在水产品中的应用。

第3章 膜分离技术及其在水产品中的应用。本章在讲述膜分离技术概念的基础上,详尽阐述反渗透、微滤、超滤、纳滤各自的特点以及膜分离技术用于水产品加工业的优越性。

第4章 分子蒸馏技术及其在水产品中的应用。本章主要介绍分子蒸馏技术的相关概念、原理、特点、类型与应用等相关内容。

第5章 色谱分离技术及其在水产品中的应用。本章主要介绍色谱分离技术的基本概念、气相色谱法原理、高效液相色谱分析法的特点、气相色谱与高效液相色谱法的主要差别、高效液相色谱分类;详细阐述色谱分离技术的主要设备及工艺流程、色谱分离技术在水产品中的应用及色谱分离技术新进展。

第6章 超声波辅助萃取技术及其在水产品中的应用。本章主要介绍超声波辅助萃取技术的基本概念、特点、基本原理及在水产品中的应用。

第7章 微胶囊技术及其在水产品中的应用。本章主要介绍微胶囊技术的基本概念和食品微胶囊化的作用及微胶囊的制备方法和特征;详细阐述微胶囊常用壁材及其在水产品中的应用。

附录部分包括6个实验:蛋白质的透析、离子交换色谱法分离氨基酸、超临界 CO_2 萃取鱼油、鱼类中4种有机磷农药残留量的测定、层析柱装填及柱效测定、鱼油的微胶囊化实验。

编写特色

本书精选水产品工业中有重要地位的现代分离技术,强化了分离技术理论基础、分离过程与分离技术设备及应用等内容讲解,知识点突出,知识面较广,反映了近十年来食品分离技术的最新进展和相关技术的前沿知识在水产品工业中的应用。本教材由理论和实验两部分构成,每章都包括相应分离技术的基本概念、基本原理、技术特点、实用设备、在水产品行业中的应用及存在的问题和发展前景,通过教学目标、每章小结及思考题等环节对该部分内容进行提炼和深化,形成相对完整的教学体系。本书收录的6个教学实验都是实际生产中的基础实验,具有典型性和实用价值。

教学建议

本课程建议学时为32学时,理论教学16学时,实验教学16学时。各

章学时分配如下。

第1章：理论教学2学时。

第2章：理论教学3学时，实验4学时。本章讲解结束，选择附录中的实验3作为本章的操作实验。

第3章：理论教学3学时，实验4学时。本章内容讲授完毕，选择附录中的实验5作为本章的操作实验。

第4章：理论教学2学时。

第5章：理论教学2学时，实验4学时。本章内容讲授完毕，选择附录中的实验2作为本章的操作实验。

第6章：理论教学2学时。

第7章：理论教学2学时，实验4学时。本章内容讲授完毕，选择附录中的实验6作为本章的操作实验。

自学建议

1. 本课程实践性较强，理论内容需要相应的实验操作才能加深理解或掌握，在有限的实验条件和实验时间内，同学应该积极思考，主动发现问题，尝试解决问题。

2. 对每章节后的思考题能全面进行试做，课前能养成对下一课堂内容预读的习惯。

3. 有条件的同学可积极参与老师的科研工作，增加实验操作经验，取得更好的学习效果。

适用对象

本书可供高校食品科学与工程专业及相近专业的学生选作教材，也可供食品科学及水产品贮藏加工等行业的科技工作者、工程技术人员学习参考。

编写团队

本书由林慧敏主编，邓尚贵教授主审。第1章和第3章由浙江海洋大学林慧敏编写，第2章和第7章由浙江海洋大学张宾编写，第4章由浙江海洋大学梁佳编写，第5章由浙江海洋大学宋茹编写，第6章由漳州师范学院王丽霞编写。

致谢

本书的编写和出版，得到了浙江海洋大学教材出版基金的资助，也得到了浙江省水产品加工及贮藏工程重点学科和海洋出版社的大力支持，在此致以衷心的感谢！在本书编写过程中，参考和借鉴了一些同行专家、学者的相关研究文献，限于篇幅不能一一列出，在此一并致以诚挚的谢意。

由于编者的水平所限，书中难免有疏漏、不当之处，敬请同行专家、读者批评指正。

编 者

2015 年 7 月

目 录

第 1 章 现代水产品工业中的分离技术.....	1
1.1 现代分离技术概论	2
1.2 分离技术与水产食品工业	3
1.3 水产品分离技术的评价	4
1.4 水产品分离技术的分类	5
1.4.1 机械分离	6
1.4.2 传质分离	6
1.4.3 其他物理场辅助分离技术	8
1.4.4 传质设备	10
1.5 水产品加工副产物分离利用的研究现状.....	11
1.5.1 水产品加工综合利用的意义	11
1.5.2 水产品加工分离纯化的研究现状	12
1.6 水产品功能性组分分离技术的发展方向.....	14
1.6.1 传统分离技术的进一步发展	14
1.6.2 高新分离技术的集成化	15
1.6.3 注重环境保护	15
本章小结	16
思考题	16
第 2 章 超临界流体萃取技术及其在水产品中的应用	17
2.1 超临界流体萃取技术的基本概念.....	18
2.1.1 超临界流体的基本概念	18
2.1.2 超临界流体的种类	18
2.1.3 超临界 CO ₂ 流体萃取技术的优点	19
2.2 超临界流体萃取技术的基本原理.....	20
2.2.1 超临界流体萃取技术基本过程	20

2.2.2	影响超临界 CO ₂ 流体萃取的因素	20
2.2.3	夹带剂对超临界 CO ₂ 流体萃取效能的影响	21
2.3	超临界流体萃取技术的主要设备及工艺流程	25
2.3.1	超临界流体萃取技术工艺流程	25
2.3.2	超临界流体萃取技术主要设备	25
2.4	超临界流体萃取技术在水产品中的应用	28
2.4.1	超临界萃取技术提取水产品中多不饱和脂肪酸	28
2.4.2	超临界萃取技术提取虾青素	29
2.4.3	超临界萃取海藻生物活性成分	30
2.4.4	超临界萃取技术提取海洋水产其他生物活性成分	31
2.4.5	超临界萃取技术在有机化合物检测的前处理应用	32
2.5	超临界流体萃取技术的发展前景与展望	32
2.5.1	超临界流体萃取技术的优点及存在的问题	32
2.5.2	超临界流体萃取技术新进展	33
2.5.3	超临界流体萃取技术在水产工业中的发展展望	33
	本章小结	34
	思考题	35
第 3 章	膜分离技术及其在水产品中的应用	36
3.1	膜分离技术发展概述	37
3.2	膜分离技术的分类	37
3.2.1	反渗透	37
3.2.2	微滤	38
3.2.3	超滤	40
3.2.4	纳滤	41
3.3	膜分离技术的主要设备	42
3.3.1	管式膜组件	42
3.3.2	中空纤维膜组件	43
3.3.3	板框式膜组件	43
3.3.4	螺旋卷绕式膜组件	44
3.4	膜分离技术在水产品中的应用	45
3.4.1	在水产调味液加工中的应用	45

3.4.2 在藻类多糖及醇等物质提取方面的应用	47
3.4.3 对章鱼胺的分离与提纯	49
3.4.4 水产品加工废水的处理和营养成分的回收与利用	49
3.4.5 在水产蛋白酶解物的分离纯化方面的应用	50
3.5 膜分离技术发展前景与展望	51
3.5.1 膜分离技术存在的问题	51
3.5.2 新型膜分离技术的发展前景	52
3.5.3 膜分离技术在水产品工业应用中的展望	54
本章小结	54
思考题	55
第4章 分子蒸馏技术及其在水产品中的应用	56
4.1 分子蒸馏技术的基本概念及发展历程	57
4.2 分子蒸馏技术的基本原理	58
4.2.1 分子蒸馏的原理	58
4.2.2 分子蒸馏技术的过程	60
4.2.3 分子蒸馏的特点	60
4.3 分子蒸馏技术的主要设备及特点	61
4.3.1 分子蒸馏设备	61
4.3.2 分子蒸馏设备的特点	65
4.3.3 分子蒸馏的影响因素	66
4.4 分子蒸馏技术在水产品中的应用	67
4.4.1 分子蒸馏法制备鱼油多不饱和脂肪酸	67
4.4.2 分子蒸馏法纯化 DHA 藻油	69
4.4.3 尿素包合法联合分子蒸馏技术提纯乙酯化鱼油	69
4.4.4 卤虾油营养成分的分子蒸馏法提取	69
4.5 分子蒸馏技术的发展前景与展望	70
4.5.1 分子蒸馏技术存在的问题	70
4.5.2 分子蒸馏技术发展前景	71
本章小结	72
思考题	72

第5章 色谱分离技术及其在水产品中的应用	73
5.1 色谱分离技术的基本概念	74
5.1.1 色谱分离技术的分类	74
5.1.2 气相色谱	76
5.1.3 高效液相色谱	78
5.1.4 色谱分离技术特点	80
5.2 色谱分离技术的原理	82
5.2.1 平衡色谱理论	82
5.2.2 塔板理论	82
5.2.3 轴向扩散理论	83
5.2.4 速率理论	83
5.2.5 双膜理论	83
5.3 色谱分离技术的主要设备及工艺流程	83
5.3.1 气相色谱仪	83
5.3.2 高效液相色谱仪的组成	85
5.4 色谱分离技术在水产品中的应用	86
5.4.1 超高效液相色谱-串联质谱法快速测定水产加工食品中的河豚毒素	86
5.4.2 气相色谱-质谱联用法测定水产加工品中胆固醇氧化物	86
5.4.3 离子色谱法分析水产加工食品中亚硫酸盐	87
5.4.4 高效液相色谱法测定鱼样中脂溶性维生素	88
5.4.5 气相色谱-质谱-嗅觉检测器联用分析鱼肉中的挥发性成分	88
5.4.6 色谱联用分析水产品的农药残留	89
5.5 色谱分离技术新进展	90
5.5.1 高速逆流色谱分离	91
5.5.2 超临界流体色谱分离技术	93
5.5.3 连续床色谱分离技术	94
本章小结	95
思考题	96
第6章 超声波辅助萃取技术及其在水产品中的应用	97
6.1 超声波辅助萃取技术的基本概念	98
6.2 超声波辅助萃取技术的基本原理	98

6.3 超声波萃取技术的特点	99
6.4 超声波辅助萃取技术的主要设备	100
6.5 超声波辅助萃取技术在水产品中的应用	103
6.5.1 超声波萃取在提取不饱和脂肪酸方面的研究	103
6.5.2 超声波萃取在天然活性成分提取中的应用	105
6.5.3 超声波萃取在提取水产品蛋白方面的研究	106
6.5.4 超声波萃取-气相色谱法测定水产品中多氯联苯残留	106
6.5.5 超声波萃取在水产组胺测定样品预处理中的应用	107
6.5.6 超声波萃取在鲨鱼硫酸软骨素中的应用	107
6.5.7 超声波提取-荧光法测定贝类体内石油烃含量	108
6.6 超声波辅助萃取技术在水产品工业中的发展前景与展望	108
6.6.1 超声波辅助萃取技术存在的问题	108
6.6.2 超声波辅助萃取技术的发展方向	109
本章小结	109
思考题	110
第7章 微胶囊技术及其在水产品中的应用	111
7.1 微胶囊技术的基本概念	112
7.1.1 微胶囊技术的基本概念	112
7.1.2 食品微胶囊化的作用	113
7.2 微胶囊的特性	114
7.2.1 微胶囊的特征	114
7.2.2 微胶囊的特性表征	115
7.2.3 微胶囊壁材	115
7.3 微胶囊制备方法	117
7.3.1 化学法制备微胶囊	117
7.3.2 物理化学法制备微胶囊	118
7.3.3 物理法制备微胶囊	119
7.4 微胶囊技术在水产品工业中的应用	120
7.4.1 微胶囊化虾青素	120
7.4.2 微胶囊深海鱼油	121

7.5 微胶囊技术在水产品工业中的发展前景与展望	121
7.5.1 微胶囊技术还存在的问题	121
7.5.2 微胶囊的新型制备方法	122
本章小结	123
思考题	124
参考文献	125
附录	132

第 1 章 现代水产品工业中的 分离技术

教学目标

1. 了解：现代分离技术概论、分离技术与水产食品工业的关系、水产食品分离技术的评价、其他物理场辅助分离技术。
2. 理解：水产品加工副产物分离利用的研究现状、水产品加工分离纯化的研究现状、水产品功能性组分分离技术的发展方向。
3. 掌握：水产品分离技术的分类。

水产品加工综合利用是渔业生产的延续，它随着水产捕捞和水产养殖的发展而发展，并逐步成为我国渔业内部的三大支柱产业之一。水产品加工副产物高值化综合开发利用，不仅可提高资源利用的附加值，降低企业的生产成本，提升我国水产品加工业的国际竞争力，而且还能带动相关行业的发展。充分利用水产品加工副产物资源，将加工副产物转化为高附加值产品，实现变废为宝零排放，是 21 世纪科技兴渔的重点和目前渔业生产发展中亟需解决的关键技术问题之一。本章主要介绍现代分离技术概论，分离技术与水产食品工业的关系，水产食品分离技术的评价；叙述水产品加工副产物分离利用的研究现状，水产品加工分离纯化的研究现状；最后介绍水产品功能性组分分离技术的发展方向，传统分离技术的进一步发展以及高新分离技术的集成化。为深入掌握全书知识内容起到了入门认知的作用。

1.1 现代分离技术概论

尽管新兴产业不断涌现,食品工业仍然是世界制造业中的第一大产业。食品工业对国民经济发展的贡献重大,目前,从世界发达国家经济发展情况看,法国食品工业对国民生产总值的贡献是汽车产业的 2 倍;日本食品工业是日本主要产业之一,并且处于世界领先地位;美国食品工业是各制造业中规模最大的行业,美国的加工食品市场占有率居世界之首。食品资源的深度开发和高效利用是维系 21 世纪经济与社会可持续发展的中心命题之一,世界各国都把农产品加工和食品工业作为关系国计民生的战略大事来抓。

随着经济的发展、人民生活水平的提高,社会对农业的需求由单纯对粮食的需求转变为对粮食、蔬菜、水果和肉、蛋、奶的多种需求,由单纯对原粮的需求转变为对精细加工食品的需求。居民的消费需求以及市场的产品结构、规模和档次等都发生了深刻变化,人们不仅要吃饱,更要吃好,吃得营养,吃得健康、安全。这种消费结构与需求的变化,必然要求食品工业的产出结构也发生相应的变化,要求食品加工制成品的多样化和精细化,要求食品生产技术不断改进和发展。

我国农产品结构性过剩问题已经存在很久,食品质量和安全问题日趋突出,产品加工体系落后,法律法规不健全,危及我国农业的可持续发展和 13 亿多人口的食物安全与保障。因此,深入研究食品资源的特性、食品原料的安全性评价、贮藏加工过程中有害因子形成与转化规律,食品检测与安全控制技术是现代食品工程学科领域的主要任务,而现代食品分离技术能促进食品工业的发展,并在这些研究领域起举足轻重的作用。

分离过程近年来得到了快速发展,新型分离技术不断被开发出来。分离过程的应用领域也在不断拓宽,从石油化工到生物、环境、医药工业、食品、能源等领域,分离技术都在发挥重要的作用。

自然界是一个混合物的世界,食品的原辅料也是由多种成分组成的混合物。生产中按人们的需要,对食品原辅料进行取舍、处理的过程,就是食品分离过程。食品分离技术与食品重组技术相对应,是现代食品工业的重要内容之一。食品工业需要分离技术,没有分离过程,我们不可能在市场上见到如此多样的食品。在食品工业中,从混合物中分离出一个组分或多个组分,需要经过许多单元操作过程,食品分离所涉及的内容包含从大的颗粒物质到小分子物质的所有范围,涉及有机化合物和无机化合物,涉及有生命的物质和没有生命的物质。分离的目的是排除某种特殊的组分,获得

较高纯度的某组分,以便提升产品的价值。产品可能是分离过程的残留物,也可能是提取物,也可能是两者。所有的分离操作要依靠于物质中各组分的物理或化学性质的差异来进行,一些常见的有助于分离的性质是物质颗粒或分子大小、形状、密度、溶解性和电荷特征等。食品分离,通常来说,是要达到下列两个目的。

1) 获得需要的产品

食品是种特殊的商品,它的使用价值就是给人们提供生长发育、维持正常的新陈代谢所必需的营养和能量,它直接关系到人类的生存与发展。食品的获得,必须要经过一定的技术处理和分离过程,原因如下:一是从大田收获的农作物,往往含有泥沙、碎石、铁屑、编织物等非食用物质,把农作物制作成食品的过程中,需要对它们进行分离。二是随着人们生活水平的提高及现代生活节奏的加快,人们生活习惯的改变、消费结构的升级要求食品生产要创造多层次、多样化的产品类型,比如饮用纯净水代替煮白开水、饮用无醇啤酒等,这些产品的开发需要现代食品分离技术。

2) 食品安全性需要

在食品生产过程中,有许多不安全的因素。一是在农产品生产过程中,农药对保护农作物、防治病虫害和提高农作物的产量发挥了巨大作用,我国是农药生产和使用大国,农药使用量居世界第一,产量居世界第二。但在农业上使用农药后残留在生物体、食品和环境中的微量农药原体、有毒代谢产物、降解物和杂质会对环境和人体产生负面作用。二是工业“三废”也会对农作物生长的土壤、水及大气造成污染,有害物质进而在农牧渔林副产品中富集,并通过食物链而进入人体,危害人体健康。三是天然食品在生长过程中次生代谢也会产生多种微量的有害成分,这些有害化学物会通过改变生物体内的生物化学过程甚至导致器官性病变而导致对机体的损伤。为了排除食品中含有的可能损害或威胁人体健康的有害物质,不产生危及消费者及其后代健康的隐患,在食品生产、加工过程中有必要采用现代分离技术,把食品中的有害组分分离出去,确保食品安全可靠。

1.2 分离技术与水产食品工业

我国是全球最主要的水产品加工中心,随着国内市场开放不断深入,在国际水产品消费需求不断增加的推动下,我国水产品功能组分分离新技术的开发和应用越来越广泛。水产品功能组分分离新技术应用趋势体现在以下几个方面。