

中国海洋水产品 现代加工技术与质量安全

李乃胜 薛长湖 等 编著

内容提要

本书从中国海洋水产业的发展现状、海洋水产品原料及其加工特性、海洋水产品蛋白质加工技术、海洋水产品脂质制备技术、海洋水产品多糖加工技术、海洋功能食品研究与制备技术、海洋水产品保活与保藏加工技术、海洋水产品加工副产物综合利用技术、海洋水产品加工机械及海洋水产品质量与安全控制等 10 个方面,全面阐述了我国海洋水产品的现代加工技术体系,并提出了我国海洋水产品加工产业的发展战略。

本书可作为海洋水产品加工研究与开发的大专院校、科研机构、企业科研和管理人员的参考资料,也可以作为水产品加工与贮藏工程、食品科学与工程专业的研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

中国海洋水产品现代加工技术与质量安全/李乃胜等编著.
—北京:海洋出版社,2010.5
ISBN 978-7-5027-7707-4

I. 中… II. ①李… III. ①海产品—食品加工
IV. ①TS254.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 062660 号

责任编辑:方 菁

责任印制:刘志恒

海洋出版社 出版发行

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

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京海洋印刷厂印刷 新华书店北京发行所经销

2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

开本:787 mm × 1092 mm 1/16 印张:38

字数:800 千字 定价:90.00 元

发行部:62147016 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

《中国海洋水产品现代加工技术与 质量安全》编辑委员会

主 任：李乃胜

副主任：薛长湖、杨鸣

委 员：(以姓氏笔画为序)

王玉明 王锡昌 朱蓓薇 李八方 李兆杰

李来好 汪秋宽 林 洪 夏文水 徐 皓

崔 和 章超桦 蔡友琼 翟毓秀 戴志远

前言

时光悠悠,岁月峥嵘,雄居太平洋西岸的中华民族在灾难频仍的攀登之路上不断崛起,在与大自然的抗争中日益显示出特有的勤劳勇敢。五千年艰难跋涉,五千年苦雨腥风,使中国人在黑暗的摸索中悟出了一个最浅显而又最深奥的哲理:国以民为本,民以食为天!

人活着最不可替代、最首当其冲、最压倒一切的问题,也是最简单、最熟悉的事情——吃饭!何谓“饭”?就是能填饱肚子的东西,就是赖以维持生命的根源,就是列祖列宗在几千年前就谓之“无食则反”的东西!没有饭,民之安在,国之安存?更何谈那想象中的诗情画意、国泰民安……

人类从鱼龙混杂的动物界脱颖而出已历时 400 万年,但虽贵为“万物之灵”,仍难以摆脱“茹毛饮血”的荒蛮生态。仅仅是进入新石器时代,才诞生了“刀耕火种”的原始文明。火种的延续与文字的创生奠定了人类区别于一般动物的本质特征。随着人类的文明进程,靠山吃山、靠海吃海逐渐变成了生存繁衍的主旋律。于是,在“禹定九州汤受业,秦吞六国汉登基”的古老华夏神州开始了“捕鱼捉蟹”的低等海洋食品时代。直到 1949 年,雄鸡一唱,江山易帜,共和国欢快的发展脚步,激发了海洋水产业跨入了一个“耕海种湖”的新纪元。人工鱼礁、人工放流、海底森林、牧鱼放贝、资源修复等,一大堆崭新的名词标志着资源、环境、生态可持续发展的现代海洋食品文明率先出现在世界的东方。

改革开放的春风一夜间吹绿了中华大地的万树千花,13 亿饱经风霜的中华儿女迅速完成了从“站起来”到“富起来”的历史跨越。但随着经济的蓬勃发展,工业用地迅速攀升,农用耕地迅速减少。如此少的耕地怎么养活如此多的人口就成了世纪之交令全世界瞩目的重大命题!1994 年,美国世界观察所的所长莱斯特·布朗先生就大声地质问世界:谁来养活中国?一年后,这位先生又著书立说,再次拷问世界:谁来养活 16 亿中国人?在他看来,仅靠 7% 的耕地绝不可能为 25% 的人口提供粮食。如果 16 亿人吃不饱饭,必然会天下大乱。这就是令全世界头痛的“2116”问题!在布朗先生眼里这是一个无解的“哥德巴赫猜想”。

短短几年过去,面对着中国农业日新月异的科技进步,面对着杂交水稻增产 50 亿斤的事实,布朗先生沉默了!面对着中国水产业“养殖超过捕捞、海水超过淡水”的历史性突破,面对着水产品总量超过 5 000 万吨的业绩,布朗先生没法再沉

默了!“中国的海水养殖走出了一条成功的道路,很好地为中国人解决了蛋白质的来源问题。”

海洋,人类最伟大的母亲!不仅以特有的温柔和俏丽哺育了地球上古老的生命;又以博大无比的胸怀和气魄把不尽的空间和资源奉献给当今世界的芸芸众生;同时,又以最犀利的目光和最客观的准则审视着人们向海洋进军的征程,并给以最粗犷、最公正的褒贬奖惩……

海洋,大自然最慷慨的使者!不仅以她特有的万顷碧波赋予人类“渔盐之利、舟楫之便”;又以她亘古不变的玉液琼浆为人类打造了风雨的温床、资源的宝库;更以她无与伦比的容量和气度接纳了来自陆地的污泥浊水、化肥农药、工业污染……

蔚蓝色的海洋,凝几十亿年日月之精华,为人类储备了取之不尽的食品资源。地球上的有机碳 90% 以上产自海洋,单位面积海域的蛋白质产量比陆地高出 10 倍以上。

在人口爆炸的时代,陆地资源相对匮乏,人口众多的中华民族率先瞄准海洋食品,开始了大踏步向海洋进军的征程。几十年披风踏浪,几代人辛勤耕耘,使新中国变成了世界公认的“海水养殖王国”。“鱼、虾、贝、藻、参”五次海水养殖浪潮在全国 18 000 余千米的海岸线上蓬勃发展,一浪高过一浪。北美海湾扇贝、凡纳滨对虾(俗称“南美白对虾”)、英国大菱鲆,三大品种成功引进,大大改善了海水养殖的物种结构。“黄海二号”对虾、“东方三号”海带、“大连一号”鲍鱼,十大优良品系成功选育,为未来中国海洋食品的来源开拓了更广阔的空间。

随着养殖密度的增加和环境影响的加剧,中国的海洋水产工作者正立足自主创新,瞄准国际技术前沿,利用中国的海情特色,不断探索新的发展之路。高产、优质、抗逆、抗病的优良品种;生态系统水平的养殖模式;高效、低毒、环境友好的替代药物;高新技术支撑的精深加工;充满活力的质量与安全控制体系,这一系列共性关键技术的突破,标志着经过 60 年实践的中国水产业正在大踏步跨入一个崭新的阶段。

潮平两岸阔,风正一帆悬。21 世纪是海洋的世纪!水产品是 21 世纪人类最佳的蛋白质来源!一个健康、安全、精制的海洋水产品新时代已经展露出美好的曙光!

李乃胜
2009 年冬于青岛

目 次

第 1 章 中国海洋水产业的发展现状	(1)
1.1 中国海洋捕捞业的现状	(1)
1.2 中国海洋水产养殖业的现状	(2)
1.3 中国海洋水产品加工现状	(7)
1.4 中国海洋水产品的贸易现状	(12)
第 2 章 海洋水产品原料	(28)
2.1 主要海洋水产食品加工原料	(28)
2.2 主要海洋功能性食品原料	(55)
2.3 海洋水产品原料的化学成分及特性	(74)
2.4 海洋水产品原料的品质变化	(100)
第 3 章 海洋水产品蛋白质加工技术	(109)
3.1 鱼糜及鱼糜制品	(109)
3.2 水产动物蛋白活性肽的制备技术	(140)
3.3 海洋水产品调味料加工技术	(143)
第 4 章 海洋水产品脂质制备技术	(164)
4.1 高不饱和脂肪酸的制备技术	(164)
4.2 高不饱和脂肪酸磷脂的制备技术	(166)
第 5 章 海洋水产品多糖加工技术	(186)
5.1 褐藻胶加工技术	(186)
5.2 琼胶加工技术	(200)
5.3 卡拉胶加工技术	(213)
5.4 甲壳素及其衍生物加工技术	(221)

第 6 章 海洋功能食品研究与制备技术	(244)
6.1 功能食品的功能学评价方法	(244)
6.2 海洋生物活性成分的提取、分离与纯化	(255)
6.3 保健食品加工新技术	(288)
第 7 章 海洋水产品保活与保藏加工技术	(314)
7.1 海洋水产品保活技术	(314)
7.2 海洋水产品保鲜技术	(317)
7.3 海洋水产品冻藏加工新技术	(323)
7.4 海洋水产品干制加工新技术	(329)
7.5 海洋水产品腌制加工新技术	(340)
7.6 海洋水产品罐藏加工技术	(347)
7.7 海洋水产品烟熏加工技术	(359)
第 8 章 海洋水产品加工副产物综合利用技术	(368)
8.1 鱼粉加工技术	(368)
8.2 鱼油加工技术	(377)
8.3 海洋水产品加工废水处理技术	(383)
8.4 海洋水产品加工副产物高值化利用技术	(391)
第 9 章 海洋水产品加工机械	(404)
9.1 海洋水产品保鲜贮运设备	(404)
9.2 鱼糜及鱼糜制品加工生产设备	(415)
9.3 鳗鱼加工生产设备	(428)
9.4 紫菜加工生产设备	(433)
9.5 其他水产品加工机械	(443)
第 10 章 海洋水产品质量与安全控制	(470)
10.1 海洋水产品生物危害与化学危害及控制技术	(470)
10.2 海洋水产品检测技术	(497)
10.3 海洋水产品质量标准	(530)
10.4 海洋水产品质量管理保障体系	(549)
第 11 章 中国海洋水产加工业的战略思考	(575)
11.1 世界海洋水产品加工业的发展趋势	(576)

11.2	我国海洋水产品加工业存在的主要问题·····	(578)
11.3	我国海洋水产品加工业的发展战略·····	(584)
11.4	“十二五”期间我国海洋水产品加工业的发展重点 ·····	(591)
后记	·····	(595)

第1章 中国海洋水产业的发展现状

现代海洋水产业是一个涵盖捕捞、养殖、加工、物流、贸易等多个行业的产业体系。21世纪是海洋世纪,我国海域广阔,根据《联合国海洋法公约》确定的我国管辖海域面积近300万平方千米。在这300万平方千米的海洋国土中生长着1700余种海洋鱼类、2000种藻类、300种虾蟹类和200种经济软体动物。随着人口的持续增长和耕地面积的减少,粮食安全的警钟不时响起,海洋生物已成为我国重要的健康食品和优质蛋白质来源。从海洋中获得更多安全、优质的食品和具有特殊生理功能的生物制品,对于解决我国食品数量安全 and 质量安全的重大需求及开拓海洋生物资源应用具有重大意义。2008年我国水产品总量达到4896万t,其中海洋水产品2598万t,约占水产品总量的53%(表1-1)。

表1-1 近年我国海洋水产品产量 万t

年份	海水捕捞							海水养殖					
	总产量	鱼类	甲壳类	贝类	藻类	头足类	其他类	总产量	鱼类	甲壳类	贝类	藻类	其他类
1995	1 026.8	743.6	173.2	82.8	1.1		26.2	412.3	14.5	11.6	310.0	73.9	2.4
1996	1 249.0	805.3	191.7	212.0	1.5		38.4	763.9	18.2	12.9	640.7	91.4	0.7
1997	1 385.4	938.7	209.4	173.1	1.8		62.3	791.0	25.5	16.2	651.1	96.1	2.2
1998	1 496.7	1 025.3	237.2	170.2	1.7		62.3	860.0	30.7	21.4	700.2	102.4	5.3
1999	1 497.6	1 024.2	250.4	165.0	2.2		55.2	974.3	38.9	22.6	793.5	117.3	3.0
2003	1 432.3	973.2	232.0	80.6	2.9	90.2	53.4	1 253.3	51.9	66.1	985.3	138.4	11.6
2004	1 451.1	959.0	240.2	84.7	3.7	114.1	49.2	1 316.7	58.3	72.2	1 024.7	146.8	14.8
2005	1 453.3	973.0	243.1	88.6	3.1	103.0	44.6	1 384.8	65.8	82.8	1 067.5	151.1	17.4
2006	1 245.5	828.9	217.9	77.1	2.7	86.5	32.4	1 264.2	63.2	81.5	969.6	135.0	14.9
2007	1 243.5	822.4	207.0	74.4	3.3	104.8	31.7	1 307.3	68.9	91.9	993.8	135.6	17.2

1.1 中国海洋捕捞业的现状

近几年,世界海洋捕捞产量保持在8500万t左右,中国的海洋水产捕捞量基本稳定在1100万t,约占世界海洋水产品捕捞量的13%。我国海水捕捞产品以鱼类为主,约占65%以上。

从20世纪70年代末到90年代末的20年时间里,我国海洋捕捞量持续增长。从1997年开始,海洋捕捞量一直稳定在1400万t左右。而据专家估算,我国近海渔场渔业资源每年可捕捞量大约为800万t。长期巨大的捕捞量是以捕捞幼鱼资源和营养层级低

的劣质鱼种实现的,这种捕捞已经导致了渔业生态系统难以逆转的严重退化。这种退化表现在渔业资源数量结构上为主要鱼类的个体变小,低龄鱼比例增加,鱼类性成熟提前,渔业资源已经变成低层次和低营养级。目前处于严重衰退状态的鱼类包括:大黄鱼、小黄鱼、带鱼、红娘鱼、黄姑鱼、鳕鱼、鳙类等,只有中小型的中上层鱼类和头足类尚可捕捞。

从近年来我国海洋捕捞水产品的种类变化来看,各大类渔获物占海洋捕捞总产量的比例从高到低依次为:鱼类、虾蟹类、软体类、其他、藻类;鱼类产量保持明显优势,占总产量的 65%~70%。渔获物结构变化总体表现为:鱼类比例略有下降,虾蟹类、软体类、藻类比例略有上升。

海洋捕捞鱼类产品中,主要鱼类的种类发生了巨大变化。20 世纪 50—60 年代是以底层鱼类(带鱼、小黄鱼)为主,70 年代初以中上层鱼类(太平洋鲱鱼)为主,随后有蓝点马鲛和鲐鱼,80—90 年代以小型中上层鱼类(如黄鲫、鳀鱼)为主。传统的经济鱼类资源逐年萎缩,中上层低值鱼类资源的比重不断增加;作为单鱼种产量最高的种类,带鱼产量在 1998 年之前总体保持稳定增长,之后趋于稳定;鳀鱼产量在经过 1992—1993 年和 1996—1998 年两次快速增长后,1999 年以来产量趋于稳定并有下降趋势,但产量基本上保持在 100 万 t 以上。总体来看,鱼类优势种主要为中上层鱼类。中上层鱼类的个体小、脂肪含量高、红色肉含量高的特点给其精深加工带来了重大的影响。

为了遏制渔业资源的衰竭,国务院于 2003 年制订了《全国海洋经济发展规划纲要》,提出了发展我国海洋捕捞业的具体措施:①积极推进渔业和渔区经济结构的战略性调整,推动传统渔业向现代渔业转变,实现数量型渔业向质量型渔业转变。②加快发展养护和合理利用近海渔业资源,积极发展远洋渔业,发展水产品深加工及配套服务产业,努力增加渔民收入,实现海洋渔业可持续发展。③海洋捕捞业要逐步实施限额捕捞制度,控制和压缩近海捕捞渔船数量,引导渔民向海水养殖、水产品精深加工、休闲渔业和非渔产业转移。积极开展国际间双边和多边渔业合作,开辟新的作业海域和新的捕捞资源。发展远洋渔业,重点扶持一批远洋捕捞骨干企业。④重视海洋渔业资源增殖,采取放流、底播等养护措施,人工增殖资源。同时要把渔业资源增殖与休闲渔业结合起来,积极发展不同类型的休闲渔业。

1.2 中国海洋水产养殖业的现状

1.2.1 中国海洋水产养殖业的发展历程

中国的海洋水产养殖业历史悠久。贝类增养殖已有 2000 多年的历史,但长期以来,由于受科学技术发展水平的制约,我国海洋水产品养殖业一直处于“天种人收”的萌芽状态,养殖品种少,产量低。中国海洋水产品养殖业的真正发展始于 20 世纪 50 年代。半个多世纪以来,经历了以海带为代表的藻类养殖、以对虾为代表的甲壳类养殖、以贻贝、扇贝为代表的贝类养殖、以网箱养鱼为代表的鱼类养殖及以海参、鲍鱼为代表的海珍品养殖等五次海洋水产品养殖浪潮,我国的海洋水产品养殖业取得了长足发展。2008 年,中国的

海洋水产品养殖量已达 1 340 万 t, 约占世界养殖产量的 70%。

第一次海水养殖浪潮: 海带养殖。海带是冷水性的大型经济海藻, 其主要分布在北太平洋与大西洋沿海地区。海带不仅是一种营养成分丰富的海洋食蔬, 同时其富含的褐藻胶、甘露醇、碘、岩藻聚糖硫酸酯等成分也是医药保健、海藻化工和农业肥料等行业的重要原料; 海带是海洋初级生产力, 在为海洋动物提供饵料和生活场所的同时, 还在海洋生态系统中起着固定光能、吸收二氧化碳、合成有机物质、释放氧气和净化水质等重要作用。

中国的海带养殖最早起始于 1927 年, 并在大连进行了少量养殖。从 20 世纪 50 年代起, 国内出于发展制碘工业的需求, 我国组织水产养殖专家对海带养殖技术进行了大量研究。在曾呈奎等科学家的努力下, 先后解决了海带筏式养殖、夏苗培育、外海施肥、南移养殖、切梢增产等一系列关键技术, 到 1958 年海带养殖技术基本成熟, 此后海带养殖逐渐遍布全国沿海, 从而掀起我国第一次海水养殖浪潮。此后, 裙带菜、紫菜、江蓠、羊栖菜等大型海洋藻类的育苗和养殖先后取得成功, 使中国海藻养殖逐渐成为沿海地区的重要海水产业。

海带的大面积全人工养殖, 使我国从无到有迅速地形成了一个包括良种繁育、养殖、食品加工、藻类化工和生物制品开发的海藻产业, 年产值超过 100 亿元, 在解决近 50 万人员就业问题的同时, 对于保持养殖生态平衡等方面也发挥了重要的生态效益。

第二次海水养殖浪潮: 海水虾类养殖。从 20 世纪 50 年代开始, 以中国科学院海洋研究所刘瑞玉院士为代表的海洋科技工作者首先开展了对虾生物学调查研究工作, 培育出人工亲虾, 并率先育苗成功。80 年代初, 以农业部黄海水产研究所赵法箴院士为代表的科研人员突破了中国对虾工厂化全人工育苗技术, 为对虾养殖产业化奠定了基础。90 年代初, 山东的海洋科技工作者又成功引进了凡纳滨对虾等新品种, 使我国的对虾养殖产量迅速成为世界第一。20 世纪对虾最高年产量高达 22 万 t, 养殖面积达 220 万亩*, 年产量约占全球对虾养殖产量的 30%。1993 年以来, 由于暴发性流行病害, 我国的对虾养殖受到严重影响, 特别是山东省受影响最大, 因为山东是我国最早的对虾养殖区, 曾是我国对虾养殖面积最大和产量最高的省份。虾病暴发后, 对虾产量急剧下降、大量虾池荒废, 对此海洋科研人员积极开展对虾多品种养殖, 探索对虾养殖的新模式和病害防治技术, 使对虾养殖产业自 1998 年后迅速好转。2008 年全国对虾养殖产量达到 70 万 t, 其中凡纳滨对虾产量超过 50 万 t。

第三次海水养殖浪潮: 贝类养殖。20 世纪 50 年代, 我国先后开展了泥蚶、缢蛏、菲律宾蛤仔、文蛤等滩涂贝类的人工育苗研究, 建立了成套育苗体系, 从 70 年代起, 贻贝养殖迅速发展并形成规模化。继贻贝养殖规模化以后, 80 年代初扇贝人工育苗、半人工采苗和筏式养殖技术迅速发展, 扇贝养殖逐渐形成规模, 主要品种是栉孔扇贝。1982 年, 中科院海洋研究所的张福绥院士首次从美国大西洋沿岸引进海湾扇贝, 并系统研究解决了在

* 亩为废止单位, 1 亩 = 1/15 hm²。

中国海域养殖海湾扇贝的一些生物学与生态学问题,解决了产业化生产的一整套技术难题,包括育苗与养成等关键技术,在我国北方海域形成了一个海湾扇贝养殖的新产业,掀起了我国海水养殖业的第三次浪潮。虾夷扇贝于1984年引进,并迅速在大连、威海等北方海域形成规模化养殖。海湾扇贝工厂化育苗及养殖技术研究成果获1990年度国家科技进步奖一等奖。

近几年中国海洋大学、中科院海洋研究所等单位的专家在扇贝苗种培育、病害防治等方面的研究取得重大进展,培育出蓬莱红杂交扇贝、中科红海湾扇贝等新品种,开发了扇贝春苗培育、深水筏式养殖等产业化技术,使扇贝产业在病害困扰的窘境中迅速复苏。到目前为止,贝类仍然是我国海水养殖业的主要养殖品种。扇贝、蛤蜊、牡蛎、贻贝、蛸蛸等在全国海岸带广泛养殖,2007年,我国海水贝类产量达到1 072万t,稳居世界第一位。

第四次海水养殖浪潮:鱼类养殖。20世纪90年代,以海水网箱养殖为代表的鱼类养殖快速发展,掀起了海水养殖的第四次浪潮。目前海水养殖鱼类品种主要有鲈鱼、梭鱼、六线鱼、鲷类、鲑类、军曹鱼、黑鲷及鲷类等,主要养殖方式为网箱养殖和室内工厂化养殖。中国水产科学研究院黄海水产研究所雷霖院士1992年首先从英国引进冷温性鱼类良种——大菱鲆,突破了工厂化育苗关键技术,构建起“温室大棚+深井海水”工厂化养殖模式,开创了大菱鲆工厂化养殖大产业,年产量超过5万t,年总产值逾40亿元。2001年大菱鲆引种和育苗生产技术研究项目获国家科技进步奖二等奖。近几年来,特别是以大菱鲆、牙鲆、半滑舌鲷为代表的鲆鲷类名贵鱼种工厂化养殖发展迅速,昔日国际市场上的“贵族”鱼类在中国迅速推向市场,变成中国老百姓餐桌的普通菜。1kg大菱鲆由最初的三四百元变成了五六十元,这标志着海水名贵鱼种养殖的技术突破,也标志着一个新的海水鱼类养殖浪潮的到来。

同时,驻山东的海洋科技工作者还在国际上率先突破鲈鱼、半滑舌鲷的人工苗种繁育技术,引进了美国红鱼、漠斑牙鲆、美洲黑石斑鱼等养殖新鱼种。以深水网箱、普通网箱和工厂化养殖为代表的集约化养殖快速发展。2008年我国海水鱼类养殖总产量超过70万t。

第五次海水养殖浪潮:海参等海珍品养殖。我国的刺参养殖始于20世纪50年代,80年代,山东省率先突破了刺参产业化育苗、刺参增殖放流高产技术、刺参控温工厂化养殖技术等海参养殖关键技术。近年又开展了刺参病害防治、刺参苗种复壮、良种培育等研究,建立了刺参育种技术平台。2007年山东刺参养殖面积43.5万亩,产量5.4万t,产值108亿元,产量占全国总产量的70%。其中“好当家”牌刺参被农业部评为全国海参名牌。

从20世纪80年代开始,我国科学家就开始进行鲍鱼的人工育苗和养殖。以中国科学院海洋研究所研究员张国范为首的水产科技工作者,首次将皱纹盘鲍种内杂交和杂种优势应用于大规模生产,创建了杂交鲍苗种培育和海区养成的技术工艺。培育出了生长快、品质优、抗逆能力强的皱纹盘鲍新品系,并在皱纹盘鲍杂交及杂种优势的产业化应用上取得了重大突破,实现了杂种优势利用的产业化,使杂交鲍的行业覆盖率达到98%以

上。大大推动了鲍鱼人工养殖的发展。2007年,全国鲍鱼养殖产量超过2万t,其中山东省鲍鱼养殖面积3万亩,产量4811t,占全国总产量的1/5以上。

海洋水产品养殖业的5次浪潮带来了我国蓝色产业的技术革命,标志着我国的水产业逐步从“捕捞”转向“养殖”,养殖重心逐渐从“淡水”转入“海水”,使我国一跃成为世界海水养殖大国:以海带栽培为代表的海洋藻类养殖浪潮使我国海藻干品产量超过80万t,连续十几年世界第一;以中国对虾为代表的虾类养殖浪潮使对虾产量超过50万t,稳居世界第一;以海湾扇贝为代表的贝类养殖浪潮使全国贝类产值超过300亿元;以高档鲆鲽类为代表的海洋鱼类养殖浪潮、以海参和鲍鱼为代表的海珍品养殖浪潮方兴未艾。

海洋水产养殖业的持续快速发展不仅为国内提供了品种繁多、数量充盈的水产品,而且水产养殖品出口贸易额占了农业出口的20%,出口创汇额在农业内部各产业中排第一位。它在减轻农村贫困、改善生计和粮食安全、维护自然和生物资源的和谐统一及保持环境的可持续性方面起着重要的作用。

1.2.2 中国海洋水产品养殖业的现状

“五次浪潮”使我国的水产品总量从1000万t跃升到5000万t的量级,稳居世界第一位,也使我国水产业出现两个历史性转变:海产品超过淡水产品,养殖业超过捕捞业。同时,人均40kg的水产品占有量大大改善了13亿人民的食品结构,有力地回答了中国有能力养活16亿人口的世纪疑问。但中国的海洋水产品养殖业仍面临着多方面的挑战:养殖环境状况持续恶化;养殖品种种质退化,产品品质下降;养殖病害严重,养殖过程中滥用药物现象十分突出;水产养殖品质量安全研究不到位等,已成为制约和影响水产养殖业可持续发展的重要因素。它不仅影响我国消费者对水产养殖品的消费信心,还严重影响了水产养殖品的对外贸易。

(1)养殖水域污染加剧,养殖环境亟待改善。随着沿海经济的迅速发展和城市化进程的加快,大量的工业废水和城市生活污水等不经处理或不按标准处理即排入海域;还有农药、化肥等,使一些近岸海域受到严重污染;赤潮灾害频发,直接威胁着海水养殖业的生存和健康发展。另一方面,养殖业的自身污染也不可忽视,如存在有盲目追求产量、随意发展养殖面积、养殖布局和养殖密度不合理、饵料质量差、养殖管理水平低以及在养殖区中滥用抗菌素、消毒剂、水质改良剂等问题。

(2)养殖病害不断发生、经济效益受损。近几年来,由于种种原因,水产养殖的病害不断发生,每年给国家造成几十亿的经济损失。1993年,暴发了全国性的对虾杆状病毒病,使对虾产量从去年的20万t锐减到8万t。北方地区养虾业从此一蹶不振。近年来,随着凡纳滨对虾等新型养殖品种的引进,才使我国的海水虾养殖产量逐渐回复。而被称为第三次海水养殖浪潮的扇贝养殖也因病害的发生而几乎遭受到灭顶之灾。

“十五”以来,我国水产养殖病害控制技术取得了突破性的进展。近年来海洋科技工作者系统地研究了多种水产养殖动物病害发生的流行病学,揭示了对虾白斑综合征病害的发生、传播规律,明确了鱼类和蟹类细菌性疾病的主要病原菌,理清了重要养殖鱼类病

毒性病原的流行病学特征,确认了扇贝大规模死亡的病原及其流行病学特征,调查了重要水产养殖动物的寄生虫危害情况。发展并完善了水产病害基于抗体的免疫学检测方法和分子生物学方法,建立了可同时检测多种水产养殖病害的核酸芯片技术,追踪世界先进技术,开发了多种水产病害的 PCR、LAMP 快速诊断技术。诊断技术的快速发展为监控水产病害的发生、流行及科学用药提供了有力的支持。

对海洋无脊椎动物免疫机制的研究取得重要突破,获得了大批重要水产养殖生物,如对虾、扇贝、蟹类等的重要免疫基因,研究了其免疫学功能,目前已基本明确了海洋无脊椎动物免疫系统的组成,初步揭示了病原感染后的海洋无脊椎动物的免疫应答机制。对鱼类免疫机制的研究也在不断深入。对渔业用药进行了代谢动力学、药物残留及环境安全性评价的研究,取得了较好的进展。鱼类病毒疫苗研究取得了良好进展,相继研制了免疫效果良好的肿大细胞病毒全细胞灭活疫苗和淋巴囊肿病毒口服型核酸疫苗。在利用基因敲除技术制备减毒疫苗方面取得了重大突破,在海洋病原菌交叉保护疫苗方面做了有益的探索,研制了鳃弧菌灭活疫苗、减毒活疫苗、多弧菌混合疫苗和脂多糖疫苗,通过方便安全的接种,取得了良好的疫苗免疫效果。水产养殖动物疫苗中试规模正在扩大,建立了具有病毒活疫苗、病毒灭活疫苗、细菌灭活疫苗和亚单位疫苗生产能力的水产疫苗 GMP 生产与中试基地,在鱼类疫苗、免疫防治技术等方面获得几十项专利授权。基于微生物净化、修复养殖生态环境的目的,微生态制剂在我国水产养殖中得到了大规模应用,2006 年产销量达 5 万 t,已形成 5 亿元的产业规模。这些重要的理论和技术成果,为水产养殖病害控制技术的深入研究奠定了坚实的基础。

(3) 苗种培育技术不稳定,苗种技术落后。我国是海水养殖大国,但缺乏人工培育的优良品种。目前我国的海水养殖种类绝大多数都没有经过人工选育与品种改良,遗传基础还是野生型的,其生长速度,抗逆能力乃至品质都急需经过系统的人工育种而加以改进。而国外生物技术的研究与应用已成为开发海水养殖新品种的重要手段。美国、英国、日本、澳大利亚等国纷纷将海洋生物、尤其是经济海洋生物(鱼、虾、贝、藻)的遗传育种研究列为重点发展方向,建立了不同海洋生物的不同密度的遗传连锁图谱;筛选、定位和克隆一批性状相关基因,解析性状的分子基础及调控机制成为研究的热点。分子育种技术在海水养殖生物优良种质创制上的应用优势日益显露,必将成为优良种质创制的重要手段。

(4) 养殖产品安全形势日益严峻,出口受到的技术贸易壁垒更加严重。养殖过程中滥用药物,导致水产养殖品中药物残留超标。在水产品养殖过程中,目前我国的现状是高密度、多品种、集约化的生产方式。这加剧了养殖产品疾病的发生,养殖单位、养殖户为了减少损失,加大了用药;部分养殖单位、养殖户因为过分追求低成本,不惜使用一些低价高残留药物;个别制药厂在产品名称上追求立新,一药多名和一名多药,造成养殖品中重复用药,过量用药;没有科学的指导盲目用药现象也加重了养殖中药物残留问题。

1.2.3 世界海洋水产品养殖业的发展方向

(1) 基于生态系统的养殖新技术成为国际研究热点。基于生态系统的新养殖理念,就是将生物技术与生态工程结合起来,广泛采用新设施、新技术,用节能减排、环境友好、安全健康的生态养殖新模式来替代传统养殖方式。基于生态工程的海珍品增养殖技术是国际上最近在探讨的最新生态增养殖模式与技术,即通过生态工程技术,如根据不同增养殖种类的生物学特性和生态习性,定向构建人工渔礁和进行底质改良。首先人工构建海底植被,改善生态环境,为特定的高值、优质海洋生物的生长繁衍的海区提供理想的生态环境条件,为鲍、海胆等草食性和海参等海珍品生物提供天然饵料,然后放流人工培育的优质鲍、参、海胆、扇贝、魁蚶等苗种,达到高效、持续增养殖的目的。

(2) 外海养殖已成为海水养殖产业的新趋势。由于近岸养殖易受人类活动,特别是陆源污染的影响,海水养殖所引起的生态环境问题、食物安全问题日益严重。开放水域的深水养殖技术正受到人们越来越多的关注,很多国家已经开展了离岸养殖的相关工作。2005年美国国会通过了国家深水养殖法令(National Offshore Aquaculture Act of 2005),成为世界上第一个为深水海域进行海水养殖立法的国家。目前国际上深水养殖技术的研发主要聚焦于鱼类网箱和养鱼平台方面,在关于深水抗风浪筏式生态养殖技术研究则很少。挪威的海水网箱养殖目前已发展到40米等深线以外。澳大利亚利用先进的设施移动养殖技术,在深水水域建立超大型生态养殖网箱对渔场捕获的金枪鱼进行圈养、集合、移动养殖回港出售。利用废旧的海上石油平台改建作为外海网箱养殖的后勤保障工作站,由工作船往返于陆上基地与平台之间,挪威、美国、日本、西班牙等国在利用海洋石油平台开展外海深水养殖方面取得较好进展。随着现代科技以及水产业的飞速发展,目前的海上平台养殖又发展了海上流动生产的船舶型(即移动式养殖工船)和建立在外海的专用平台流水式养鱼场(固定式养殖工船)等。

(3) 节能减排及精准养殖技术已成为陆基海水养殖的发展方向。集成现代工程技术、水处理技术、生物技术、微生物技术、自动化技术、计算机技术、信息技术等前沿高新技术成果,提高海水陆基养殖自动化程度和养殖用水循环利用率,提高养殖单产,降低饲料系数,控制污染物“零排放”的精准陆基海水养殖目前正逐渐成为海水养殖的主要方式之一,代表着养殖工程技术未来发展的主要趋势。欧、美、日等国家在养殖设施设备研制和集成、技术水平方面成效显著。

(4) 养殖水产品的无公害饲料与健康饲料开发已成为生物安全保障的关键之一。欧、美、日等水产养殖发达的国家,凭借先进的科学技术和在该研究领域的扎实基础提出了重新评定水产动物营养需要参数,根据水产养殖动物分类地位、食性、栖息环境和生长阶段的不同进行更为精准的营养需求研究,指导开发更高效、成本更加合理的实用安全饲料。

1.3 中国海洋水产品加工现状

我国水产品加工历史悠久,加工方式多样,一般可分为传统加工和现代加工两大类。

传统加工主要指腌制、干制、熏制、糟制和发酵等,现代加工主要指以鱼糜制品加工、即食紫菜加工、烤鳗加工、罐装和软包装加工、新型干制品加工和冷冻制品为代表的水产品加工。新中国成立前期,江苏南通颐生罐头合资公司开始生产鱼、贝类等水产品罐头,这是中国水产品加工工业的发端,此后天津、烟台、青岛、舟山、上海等地也陆续建造罐头厂,但水产品罐头所占的比重都不大。在此期间,鱼粉和鱼油生产工业化加工也已开始,但产量很少。1951年,建成了我国第一个鱼肝油厂—青岛鱼肝油厂(现青岛双鲸药业有限公司),年产鱼肝油丸超过5万瓶;20世纪60年代,我国为了解决重要的战略资源—碘的资源匮乏的现状,开展了海带提碘研究,创立了海带“胶、碘、醇”生产工艺。至80年代初,已形成了较为完善的海藻加工产业,并以褐藻胶为原料成功研制了我国具有国际先进水平的第一个现代海洋药物——藻酸双酯钠(PSS),开创了我国的海洋药物产业;70年代,随着马面鲀资源的大量开发,以烤鱼片为代表的调味干制品加工产业迅速兴起;80年代,随着水产冷库的普及和加工技术的提高,我国相继从日本引进了先进的冷冻鱼糜及鱼糜制品生产线和全自动红外线烤鳗生产线,我国现代海洋水产品的加工体系初具规模。目前,我国鱼糜制品的年产量已接近80万t;90年代,在引进日本加工技术的基础上,江苏瑞雪海洋科技有限公司研制成功了具有国际先进水平的智能高效高速型紫菜加工生产线,并成功出口日本;进入21世纪,随着海参等海珍品养殖规模的不断扩大,以冷冻干燥海参、即食海参、海参活素等产品为代表的海珍品加工业迅速兴起。

1.3.1 海洋水产品加工原料种类结构发生了较大变化

近年来,随着海洋渔业资源的不断衰退、海水养殖业的不断发展及海洋渔业政策的调整,我国海洋水产品的种类出现了新的变动,即海洋捕捞产品的比重逐年下降,海水养殖产品的比重不断上升。海水养殖产品的比重已由2000年的41.8%上升到2007年的51.2%。海洋捕捞产品中,鱼类的比重已由1995—1999年的68.2%下降到2003—2007年的66.7%,贝类比重由12.1%下降到5.9%,传统的经济鱼类资源逐年萎缩,中上层低值鱼类资源的比重不断增加;养殖产品中贝类占有较大的比重,但所占比例呈下降的趋势;随着鱼类养殖品种的不断增多,鱼类比重逐年增加。近年来,新的海洋水产品资源,如秘鲁鱿鱼、南极磷虾等也不断出现。

海洋鱼类一直是全世界水产品加工的重要原料,但近年来随着海洋渔业资源,特别是传统经济鱼类资源的不断衰退,海洋鱼类资源发生了重要变化。2006年,全世界的海洋捕捞产品中,产量前10位的品种如图1-1所示。其中有5种为小型中上层鱼类,包括秘鲁鳀鱼、大西洋鲱、鲱鱼、智利竹荚鱼和日本鳀,占海洋捕捞总量的14.7%。我国的海洋捕捞水产品中,鳀鱼、鲱鱼和竹荚鱼等中上层低值鱼类所占比重要比世界平均值要大。

1.3.2 海洋水产品加工能力和产量显著增加,精深加工比例不断提高

近年来,在水产品总量保持缓慢增长的同时,我国的海洋水产品加工产业保持了较高速增长,在水产品加工企业、水产品加工能力及水产品加工产值等方面都保持了较高

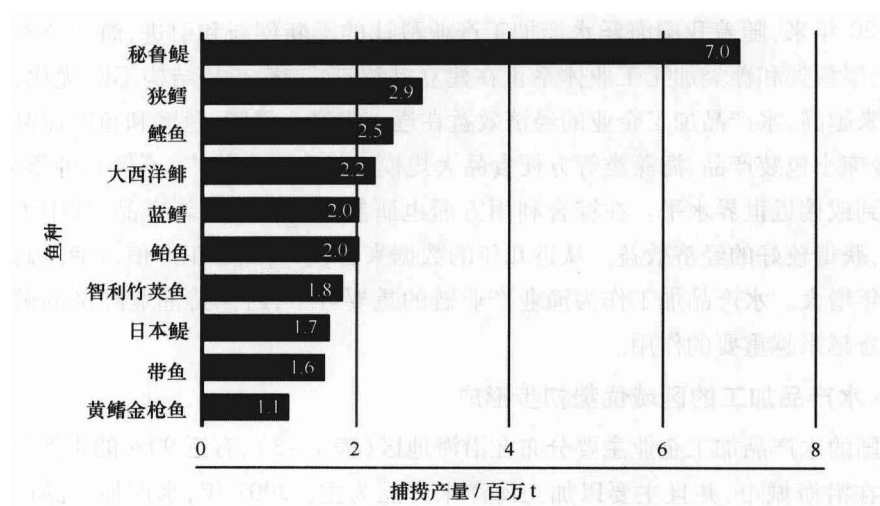


图 1-1 2006 年世界范围内海洋捕捞产品中产量前 10 位鱼种及其所占比例
资料来源:世界渔业和水产养殖状况 2008 (FAO)

速度的增长。其中水产品加工产值的年平均增长速度(19.4%)远高于海水养殖业(8.8%)。我国水产品加工产业的快速增长,为改善我国渔业产业结构、延长海洋农业产业链、促进渔业增效、渔民增收,作出了重大贡献。

2002 年,我国的水产品加工企业为 8 140 家,加工能力为 1 224.7 万 t,实际加工水产品 794.6 万 t,水产品加工实现产值 761.1 亿元;2008 年,我国的水产加工企业达到 9 971 家,水产品加工能力达到 2 197.4 万 t,实际加工水产品 1 367.8 万 t,水产加工实现产值 1 971.4 亿元。7 年间水产品加工能力增长 73.4%,而同期水产品加工产值翻了 1 倍多,水产加工业产值占渔业总产值的比重由 15.4% 提高到 19.0% (表 1-2)。

表 1-2 近年我国水产品加工能力状况

年份	加工企业数/个	加工能力/(万 t/a)	总产量/万 t	总产量增长率/(%)	用于加工水产品/万 t	占水产品总产量比率/(%)	水产品加工产值/亿元	占渔业总产值比率/(%)
2002	8 140	1 224.7	794.6	13.1	1 029.4	22.55	761.1	15.4
2003	8 287	1 306.3	912	12.9	1 181.4	25.10	915.4	15.8
2004	8 745	1 426.6	1 031.9	11.6	1 382.3	28.20	1 107.5	14.6
2005	9 128	1 696.1	1 195.5	15.9	1 548.7	30.36	1 321.1	17.3
2006	9 549	1 799.4	1 332.5	11.5	1 634.7	30.90	1 543.4	18.0
2007	9 796	2 124.0	1 337.8	0.4	1 676.8	35.3	1 801.1	18.9
2008	9 971	2 197.4	1 367.8	2.2	1 637.4	33.4	1 971.4	19.0