



INTENSIVE PROCESSING OF SEA CUCUMBER
THEORY AND TECHNOLOGY

海参精深加工的 理论与技术

薛长湖 著



科学出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

海参精深加工的理论和技术

薛长湖 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从海参的营养特性、加工技术及产品质量控制技术三方面,全面详尽介绍了我国市场上常见可食用海参的种类及分布、营养成分、生化特性,海参胶原蛋白、海参多糖、海参皂苷、海参脂质等功效成分的分离纯化、结构解析及生物活性,海参加工过程中的质量与营养变化及现代加工技术,海参产品的鉴定及质量标准等内容。

本书适合于从事食品科学、海洋天然产物、海洋水产、海洋保健食品等科研、教学、开发、管理和生产经营等方面的工作人员。也可作为高等院校水产品加工、海洋资源开发技术等相关专业的教师、研究生、本科生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

海参精深加工的理论与技术 / 薛长湖著. —北京: 科学出版社, 2015.1
ISBN 978-7-03-043084-7

I. ①海… II. ①薛… III. ①海参纲—食品加工 IV. ①TS254
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 009540 号

责任编辑: 罗 静 刘 晶 / 责任校对: 郑金红

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 北京铭轩堂广告设计有限公司

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 1 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 1 月第一次印刷 印张: 19 1/4 插页: 4

字数: 445 000

定价: 108.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

海参是人类重要的海洋食品和药物来源,其滋补和保健功能早在明朝李时珍的《本草纲目》中就有记载。随着人民生活水平的提高和健康意识的增强,海参的营养保健作用得到了广泛的认同和青睐,由此推动了海参养殖、加工和流通业的迅猛发展,海参产业已成为我国海洋农业经济的新兴增长点与重要组成部分。

海参体壁富含海参胶原蛋白、海参硫酸多糖、海参皂苷、海参磷脂及海参糖脂等多种营养与功效成分,具有其他食品无可比拟的营养特点,从而成为海参资源高效利用和开发的物质基础。该书首次从全新的海参营养和加工技术视角,系统、全面地阐明了我国市场上 10 余种可食性海参功效成分的化学结构、功能特性及作用机制,海参功效成分的高效制备技术,以及养殖海参的真空低温蒸煮、热泵-热风组合干燥、微波杀菌等高新技术。还记载了海参产品的种类及产地鉴别、质量标准等产品质量控制体系,是海参加工领域的重要专著。

薛长湖教授一直从事海洋水产品资源精深加工的教学和科研工作,是我国水产品加工与贮藏工程学科带头人之一。他及他的研究团队在海洋水产品,特别是海参精深加工的理论与技术研究方向,通过 10 多年的积极探索,不断积累,取得了一系列重要成果,为海参资源的高质化加工和高值化利用提供了理论和技术支撑,为推动海参加工产业技术升级做出了重要贡献。

该书系统、完整,深入浅出,条理清晰,图文并茂,是一部代表海参精深加工研究前沿的学术之作。在该书完稿付梓之际,我欣然为之作序,希望该书的出版能够推动我国海洋水产品加工领域的科技创新,为我国海洋农业产业的持续健康发展贡献力量。



中国工程院院士
2015 年 1 月 10 日

前 言

海参，归属于棘皮动物门海参纲（Holothuroidea）。全世界有记录的海参约为 900 余种，我国有约 140 余种，其中可食用的有 40 多种，我国有可食用海参约 20 种。海参是一类高蛋白、低脂肪的海洋食品，富含海参胶原蛋白、海参硫酸多糖、海参皂苷、海参磷脂及海参糖脂等多种功效成分，具有重要的食用和药用价值。近年来，随着人民生活水平的提高，海参产品的需求量快速增长，从而兴起了我国继鱼、虾、贝、藻后的第五次海水养殖浪潮，以海参养殖和加工为主的海参产业已成为我国海洋农业经济的重要组成部分。

海参独特的功效成分是进行海参精深加工的物质基础。尽管国内外学者对于海参功效成分的研究已有 50 多年的历史，但至今有关其化学结构和营养功效的研究报道仍较为零散，缺乏系统性和完整性，对不同种类海参的营养差异认识不足，限制了海参资源的高效利用；海参加工一直沿用传统的加工技术，营养及功效成分流失严重；海参产品缺乏质量控制体系。这些都成为制约我国海参产业健康持续发展重要因素之一。

在国家自然科学基金、国家 863 计划、国家科技支撑计划等国家科技计划及省市科技计划的资助下，我及我的研究团队通过 10 余年的原始创新与集成创新，系统阐明了我国市场上 10 余种常见可食用海参的功效成分化学结构、营养与功能特性，开发了海参功效成分的高效提取技术、海参营养保持加工新技术，构建了海参加工产品的质量控制体系。本书就是对研究团队在海参精深加工的理论与技术方面研究成果的总结。考虑到全书的系统性、全面性和可读性，本书还引用了大量国内外同行的研究成果和最新进展。

在本书即将成书之际，我从样品柜里找到了一个制作于 25 年前的海参罐头样品，这是我敬爱的导师、我国海洋水产品加工技术奠基人之一陈修白先生生前制作的。虽然先生已离我们远去，罐盖已锈迹斑斑，其中的海参也已经看不出原来的模样，但导师激励我在海洋水产品加工领域努力进取的话语，仍时刻牢记心中。正是在老一辈水产科学家和同行的鼓励下，我才在海参精深加工的理论和技术研究方面取得了一点成绩。但我深感自己所做的工作十分有限，因此，恳请各位同行批评指正，并愿意与各位同行一起，为推动我国海参产业的健康发展而努力。限于本人的学识水平，本书难免存在疏漏之处，敬请读者批评指正。

本书获得了国家科学技术学术著作出版基金的资助，我国著名海洋药物及食品专家、中国工程院院士管华诗教授为本书作序，科学出版社对本书的出版给予了大力支持，在此一并致以最诚挚的感谢。

薛长湖

2014 年 7 月于中国海洋大学

目 录

序 前言

第1章 海参资源的种类及分布	1
1.1 海参的分类	1
1.2 海参的分布及其主要经济种类	2
1.2.1 世界海参资源的分布	2
1.2.2 我国可食用海参的资源分布	3
1.2.3 我国主要的可食用海参种类	4
1.3 海参形态和构造	7
1.3.1 海参形态	7
1.3.2 海参的内部构造	7
1.4 我国海参加工技术现状及展望	8
1.4.1 海参技术体系已取得阶段性进展	10
1.4.2 海参产业持续健康发展仍面临一些新课题	11
主要参考文献	13
第2章 海参营养成分及其生化特性	14
2.1 海参胶原蛋白	14
2.1.1 胶原的结构及种类	15
2.1.2 海参胶原蛋白的结构类型	16
2.1.3 仿刺参胶原蛋白的生化特性	16
2.2 海参脂质	19
2.2.1 海参总脂的组成及脂肪酸组成	20
2.2.2 海参磷脂的脂肪酸组成	24
2.2.3 海参鞘脂类	28
2.3 海参皂苷	33
2.3.1 海参皂苷概述	33
2.3.2 海参皂苷的理化性质	34
2.3.3 常见海参的皂苷含量	35
2.4 海参硫酸多糖	35
主要参考文献	38

第3章 海参胶原蛋白肽的制备与生物活性	41
3.1 海参胶原蛋白肽的制备	41
3.1.1 海参胶原蛋白的提取和分离纯化	41
3.1.2 海参胶原蛋白肽的制备	42
3.2 海参胶原蛋白肽的生物活性	45
3.2.1 抗氧化作用	45
3.2.2 延缓皮肤衰老作用	48
3.2.3 抑制细胞黑色素的合成	50
3.2.4 抗动脉粥样硬化作用	52
3.2.5 降血压作用	54
主要参考文献	54
第4章 海参多糖的结构与生物活性	57
4.1 海参多糖的结构	57
4.1.1 海参多糖的制备	57
4.1.2 海参多糖的分离纯化	59
4.1.3 海参多糖化学组成分析	60
4.1.4 海参多糖的结构分析	65
4.2 海参多糖的生物活性	77
4.2.1 海参硫酸软骨素的生物活性	78
4.2.2 海参岩藻聚糖硫酸酯的生物活性	89
主要参考文献	98
第5章 海参皂苷的结构与生物活性	101
5.1 海参皂苷的结构特征	101
5.1.1 海参皂苷的结构	101
5.1.2 海参皂苷的分离纯化	104
5.1.3 海参皂苷的结构解析	107
5.1.4 海参皂苷的指纹图谱	113
5.1.5 海参皂苷的结构修饰	114
5.2 海参皂苷的生物活性	116
5.2.1 抗肿瘤活性	116
5.2.2 抗肿瘤转移活性	127
5.2.3 改善高血脂	132
5.2.4 改善脂肪肝活性	133
5.2.5 抑制脂肪蓄积活性	138
5.2.6 调节血糖活性	142
5.2.7 改善高尿酸血症, 预防痛风	143
5.2.8 促进小鼠骨髓造血机能	145

5.2.9 其他活性	149
5.3 海参皂苷的安全性	150
5.3.1 海参皂苷的体外毒性试验评价	151
5.3.2 海参皂苷的体内毒性试验评价	152
主要参考文献	155
第6章 海参脂质的结构与生物活性	159
6.1 海参磷脂的制备与组成分析	159
6.1.1 磷脂的制备	159
6.1.2 磷脂组成分析方法	162
6.1.3 海参磷脂的特征脂肪酸分析	164
6.1.4 海参缩醛磷脂和醚磷脂的分析	166
6.2 海参鞘脂的分离制备与结构分析	169
6.2.1 海参长链碱的制备与组成分析	169
6.2.2 海参神经酰胺的分离纯化与结构分析	171
6.2.3 海参脑苷脂的分离纯化与结构分析	175
6.2.4 海参神经节苷脂的分离纯化与结构分析	188
6.3 海参脂质的生物活性	193
6.3.1 海参磷脂的生物活性	193
6.3.2 海参脑苷脂的生物活性	202
主要参考文献	215
第7章 海参加工过程中质量与营养变化	220
7.1 鲜海参加热煮制过程中质量与营养变化	221
7.1.1 海参热加工过程中形态变化	222
7.1.2 海参加热蒸煮过程中营养成分的变化	222
7.1.3 海参热加工过程中质构的变化	225
7.1.4 海参热加工过程中酶活的变化	226
7.1.5 海参热加工过程中组织结构的变化	228
7.2 干海参加工技术	229
7.2.1 海参干燥前处理	229
7.2.2 海参热风干燥特性研究	232
7.2.3 冷冻干燥、真空干燥、微波真空干燥方式下海参干燥特性的研究	234
7.2.4 不同干燥方式下海参的品质比较	239
7.2.5 海参的热泵-热风组合干燥	245
7.3 即食海参加工及储藏过程中的变化	251
7.3.1 即食海参的加工中组织构造和流变学特性的变化	251
7.3.2 即食海参储藏过程中海参品质变化	252
7.3.3 即食海参的微波杀菌技术	256

主要参考文献	260
第 8 章 海参产品鉴定及质量标准	262
8.1 海参的种类鉴别	262
8.1.1 应用线粒体序列对海参种类进行鉴定	263
8.1.2 基于 DNA 条形码鉴定海参种类	270
8.2 金属元素聚类分析法鉴别养殖刺参产地	280
8.2.1 主要成分分析	281
8.2.2 聚类分析	285
8.2.3 判别分析	286
8.3 海参功效成分的测定技术	287
8.3.1 海参硫酸多糖含量的测定	287
8.3.2 海参脑苷脂的测定	288
8.3.3 海参神经节苷脂的测定	289
8.3.4 海参皂苷的测定	290
8.4 海参产品质量标准体系	292
主要参考文献	294

彩图

第1章 海参资源的种类及分布

1.1 海参的分类

海参归属于海参纲 (Holothurioidea 或 Holothuroidea), 生活在海边至海底 8000 m 深度, 以海底藻类和浮游生物为食, 是距今已有 6 亿多年历史的海洋棘皮动物。海参同人参、燕窝、鱼翅齐名, 是世界八大珍品之一。海参不仅是食品, 也是药材, 其药物作用在明朝李时珍的《本草纲目》中就有记载。在清朝赵学敏编辑的《本草纲目拾遗》中认为“海参, 味甘咸, 补肾, 益精髓, 足敌人参, 故名海参”。1801 年, 法国人拉马克把海参定名为 *Holothuria* (廖玉麟, 1997)。

海参种类甚多, 全世界约有 900 多种, 我国有约 140 种。多数海参均不能食用, 能食用的只有少数种类。全世界大约有 40 种海参可供食用, 我国有食用海参约 20 种, 其中有 10 种具有较高的商品价值 (廖玉麟, 2001)。

廖玉麟先生是我国海参生物学和分类学研究的前驱。1963 年, 他和张凤瀛先生在张玺主编的《中国经济动物志 环节 (多毛纲) 棘皮、原索动物》一书中, 记录了我国的食用海参有 21 种; 1964 年, 他在《中国动物图谱: 棘皮动物门》一书中, 共记录了我国海参 59 种; 1975 年, 廖玉麟报道了西沙群岛的海参纲棘皮动物共有 41 种; 1980~1984 年, 廖玉麟对中国楯手目海参及海地瓜属海参进行了全面的研究; 1995 年, 廖玉麟在其与 A. M. Clark (1995) 合著的《中国南部棘皮动物》(英文版) 一书中, 共记录了海参 101 种 (廖玉麟, 1997)。到目前为止, 此书是关于我国海参生物学分类的最权威论述。

海参的分类主要依据触手、管足等外部形态, 以及骨片的显微形态特征。由于骨片十分稳定, 且有显著的种属特异性, 因此被用作海参种属鉴定的主要依据, 沿用至今 (李赟, 2008)。

随着海参生物特性及新海参品种的不断发现, 海参的分类系统也逐渐演变。大致有 Selenka (1867) 的分类系统、Semper (1868) 的分类系统、Theel (1886) 的分类系统、Ludwig (1892) 的分类系统、Mortensen (1927) 的分类系统及 Pawson et Fell (1965) 的分类系统。Fell (1965) 认为最早的海参大概由寒武纪化石旋板动物 (*Helicoplacus*) 或奥陶纪化石始海参 (*Eothuria*) 相似的动物进化而来 (始海参曾被认为是原始的海参)。根据 Pawson et Fell (1965) 的分类系统, 海参纲分为枝手目 (*Dendrochirotida*)、指手目 (*Dactylochirotida*)、楯手目 (*Aspidochirotida*)、平足目 (*Elasipodida*)、芋参目 (*Molpadida*) 及无足目 (*Apodida*) 等 6 个目 (廖玉麟, 1997)。具体的分类体系如下:

- 枝手亚纲 *Dendrochiroacea*

- 枝手目 *Dendrochirotida*

- 板海参科 *Placothuriidae*

- 拟瓜参科 *Paracucumariidae*

- 箱参科 Psolidae
- 异赛瓜参科 Heterothyonidae
- 沙鸡子科 Phyllophoridae
- 硬瓜参科 Sclerodactylidae
- 瓜参科 Cucumariidae
- 指手目 Dactylochirotida
 - 高球参科 Ypsilothuriidae
 - 华纳参科 Vaneyellidae
 - 葫芦参科 Rhopalodinidae
- 楯手亚纲 Aspidochirotacea
 - 楯手目 Aspidochirotida
 - 海参科 Holothuriidae
 - 刺参科 Stichopodidae
 - 辛那参科 Synallactidae
 - 平足目 Elaspodida
 - 幽灵参科 Deimatidae
 - 深海参科 Laetmogonidae
 - 乐参科 Elipidiidae
 - 蝶参科 Psychropotidae
 - 浮游海参科 Pelagothuriidae
- 无足亚纲 Apodacea
 - 无足目 Apodida
 - 锚参科 Synaptidae
 - 指参科 Chiridotidae
 - 深海轮参科 Myriotrochidae
 - 芋参目 Molpadida
 - 芋参科 Molpadiidae
 - 尻参科 Caudinidae
 - 真肛参科 Eupyrgidae

1.2 海参的分布及其主要经济种类

1.2.1 世界海参资源的分布

海参分布于所有海洋,深度从潮间带到海洋最深处。除了少数漂浮和浮游的平足目外,绝大多数均行底栖生活。海参主要分布在热带和温带地区。热带海区海参资源呈多源性,多分布在太平洋热带区和印度洋,主要国家有印度尼西亚、菲律宾、马来西亚,以及南太平洋的新喀里多尼亚、斐济、安提瓜和巴布达。其中,印度洋-西太平洋区是世界上海参种类最多、资源量最大的区域。温带区海参资源呈单源性,多分布于太平洋

东西两岸的温带区（许伟定，2009）。其中的优良品种主要分布在北半球太平洋沿岸，拉丁美洲沿岸和北冰洋沿岸。南半球的海参种类最多，但大部分品种食用价值较低。

在印度-西太平洋区域，以楯手目的海参属、白尼参属、刺参属和辐肛参属等为主。例如，Clark 曾报道了印度洋-西太平洋中心区托列斯海峡的海参，以楯手目海参为主，主要包括图纹白尼参 (*Bohadschia marmorata*)、蛇目白尼参 (*B. argus*)、子安辐肛参 (*Actinopyga lecanora*)、棘辐肛参 (*A. echinites*)、白底辐肛参 (*A. mauritiana*)、乌皱辐肛参 (*A. miliaris*)、黑赤星海参 (*Holothuria cinerascens*)、黑海参 (*H. atra*)、红腹海参 (*H. edulis*)、扣环海参 (*H. difficilis*)、丑海参 (*H. impatiens*)、沙海参 (*H. arenicola*)、黄疣海参 (*H. hilla*)、玉足海参 (*H. leucospilota*)、虎纹海参 (*H. pervicax*)、豹斑海参 (*H. pardalis*)、糙海参 (*H. scabra*)、黑乳海参 (*H. nobilis*)、绿刺参 (*Stichopus chloronotus*)、花刺参 (*S. variegatus*)、梅花参 (*Thelenota ananas*) 和巨梅花参 (*T. anax*) 等，而枝手目海参在珊瑚礁内种类相对较少。廖玉麟报道我国西沙群岛的海参类共有 41 种，绝大部分都是印度洋-西太平洋种，和上述区域相同（廖玉麟，1997）。

据 Clark 和 Rowe (1971) 的报道，印度洋-西太平洋浅水区（深度不超过 20m）的海参类共有 287 种。而深海海参种类主要以平足目为主，据 Hansen (1975) 报道，全世界的平足目海参共有 171 种。

太平洋东西两岸的温带区海参主要以刺参科为主，如分布在中国黄渤海海域、日本群岛、朝鲜半岛的仿刺参 (*Apostichopus japonicus*) 和日本刺参 (*Stichopus japonicus*)；分布在北美洲沿岸的美国红参 (*Parastichopus californicus*) 和八刺参 (*Parastichopus parvimensis*)；分布在拉丁美洲和加勒比海和墨西哥沿岸的墨西哥刺参 (*Isostichopus fuscus*) 和美国肉参 (*Isostichopus badionotus*) 等。

1.2.2 我国可食用海参的资源分布

我国食用海参资源种类分布不均匀的特点非常明显，在北方海域只有一种食用海参——仿刺参 (*Apostichopus japonicus*)，而在南方海域约有十几种食用海参（表 1-1）。

表 1-1 我国食用海参的类群分布（崔桂友，2000；王秉和，1998）

科目	海参学名	中文名	产地	食用质量
刺参科	<i>Apostichopus japonicus</i>	仿刺参	山东、河北和辽宁沿海	体壁厚而软糯，是北部沿海的食用海参中质量最好的一种
	<i>Thelenota ananas</i>	梅花参	南海的西沙群岛	体大肉厚，品质佳，是中国南海的食用海参中最好的一种
	<i>Stichopus chloronotus</i>	绿刺参	西沙群岛、南沙群岛和海南岛南部	为南海的食用海参之一，产量较高，品质较好，但过于软嫩
	<i>Stichopus variegates</i>	花刺参	北部湾、西沙群岛、南沙群岛、海南岛和雷州半岛等沿岸浅海	为南海很普通的一种食用海参，肉质软嫩，优于绿刺参
海参科	<i>Bohadschia marmorata</i>	图纹白尼参	西沙群岛、南沙群岛和海南大洲岛等	是一种大型食用海参，肉质厚嫩，品质较好
	<i>Bohadschia argus</i>	蛇目白尼参	西沙群岛和南沙群岛等海域	是一种大型食用海参，肉质厚嫩，品质较好
	<i>Actinopyga lecanora</i>	辐肛参	西沙群岛和南沙群岛	品质较好
	<i>Actinopyga mauritiana</i>	子安辐肛参	南海的西沙群岛、南沙群岛和海南岛南部	是一种大型食用海参，质量较好

续表

科目	海参学名	中文名	产地	食用质量
海参科	<i>Actinopyga miliaris</i>	乌皱辐肛参	南海的西沙群岛	干制品体壁厚而硬, 品质较好, 但产量较小
	<i>Holothuria atra</i>	黑海参	西沙群岛、南沙群岛和海南岛南部	是一种很普通的食用海参, 但品质不佳
	<i>Holothuria leucospilota</i>	玉足海参	西沙群岛、海南岛、广东至福建东山等沿海	我国南海最普通的食用海参之一, 肉薄, 品质较次
	<i>Holothuria nobilis</i>	黑乳参	西沙群岛和海南岛南部	是一种品质优良的大型食用海参, 体壁厚实, 但骨片较多
	<i>Holothurim scabras</i>	糙刺参	西沙群岛、南沙群岛和海南岛	产量较高, 体壁较厚, 但骨片较多, 表面粗糙, 为南海常见的一种重要食用海参
瓜参科	<i>Acolochirus quadrangularis</i>	方柱翼手参	福建和广东沿岸、台湾海峡、海南、南沙群岛	体壁硬, 食用质量较差
	<i>Acolochirus inornata</i>	裸五角瓜参	山东青岛、浙江嵊泗列岛、福建厦门和东山	体壁较硬, 食用质量较差
	<i>Pentacta anceps</i>	瘤五角瓜参	福建、广东、台湾海峡、南沙群岛	体壁较硬, 食用质量较差
尻参科	<i>Acaudina molpadioides</i>	海地瓜	我国沿海浅海均有分布	体壁很薄, 品质较差, 但价格较低
	<i>Paracaudina chinensis</i>	海棒槌	沿海浅海均常见	体壁很薄, 品质较差, 食用价值很低

随着近几年海参消费量的增大, 海参养殖业在辽宁、山东、浙江、福建等地区迅速发展, 养殖品种主要集中在仿刺参等食用价值较高的参种, 2013 年我国海参养殖产量达到 19.37 万 t (农业部渔业局, 2014), 养殖海参原料总产值超过 300 亿元。

1.2.3 我国主要的可食用海参种类

常见的大型食用海参均为较粗壮的圆筒状, 背面有疣足, 腹面有管足。根据海参背面是否有圆锥肉刺状的疣足分为“刺参类”和“光参类”两大类。刺参类主要包括刺参科的仿刺参、梅花参、绿刺参和花刺参等; 光参类主要包括海参科的图纹白尼参(白瓜参、白乳参、二斑参)、蛇目白尼参(虎鱼、豹纹鱼、斑鱼)、辐肛参(石参、黄瓜参)、白底辐肛参(靴参、赤瓜参)、乌皱辐肛参(乌参)、黑海参、玉足海参、黑乳参、糙海参等, 瓜参科的方柱五角瓜参、裸五角瓜参、瘤五角瓜参三种, 芋参科的海地瓜和海棒槌两种。

不同种类海参的大小差异很大。小的种类长仅数厘米, 见于平足目、枝手目和无足目的细锚参属 (*Leptosynapta*)。芋参目一般为中等大小。楯手目一般都较大, 如海参属、辐肛参属和刺参属等, 长度通常可达 30~50cm。梅花参属 (*Thelenota*) 最大者可达 100cm。最长的海参见于无足目, 长可达 1m, 甚至 2m。

1. 仿刺参 *Apostichopus japonicus* Selenka

仿刺参, 又称刺参, 体长一般约 200mm, 直径 40mm。体呈圆筒状, 背面隆起, 上有 4~6 行大小不等、排列不规则的圆锥形疣足 (肉刺)。腹面平坦, 管足密集, 排列成不规则的 3 纵带。口偏于腹面, 具触手 20 个。肛门偏于背面。呼吸树发达, 但无居维氏器。

体壁骨片为桌形体, 但它的大小和形状常随年龄不同而变化: 幼小个体的桌形体塔部高, 有 4 个立柱和 1~3 个横梁, 底盘较大, 边缘平滑; 成年个体桌形体退化, 塔部变

低或消失,变成不规则的穿孔板。

体色变化很大,一般背面为黄褐色或栗子褐色,腹面为浅黄褐色或赤褐色;此外还有绿色、赤褐色、紫褐色、灰白色和纯白色的。

刺参主要分布于北太平洋区,包括俄罗斯的萨哈林岛(库页岛)、符拉迪沃斯托克(海参崴),日本北海道、横滨和九州,朝鲜半岛沿岸,我国的辽东半岛和山东半岛。刺参是我国进行人工育苗、人工增殖、人工养殖的主要海参品种,也是我国海水养殖品种中产值和利润最大的单一品种。

2. 梅花参 *Thelenota ananas* Jaeger

梅花参是体形较大的海参品种之一,其长一般为 700mm,直径约 100mm。背面疣足很大,呈肉刺状,每 3~11 个肉刺的基部相连,像“梅花”,故名“梅花参”。它的外观也有些像凤梨,也有人称它为“凤梨参”。腹面管足多而密集,排列不规则。口位于腹面,具触手 20 个。肛门端位。

体壁内骨片大为减退,一种是微小、重叠和密集的颗粒体,直径仅 2~3 μ m;另一种是纤细、分枝 2~4 次、不规则的 X 形体。动物生活时背面为橙黄色或橙红色,散布着黄色和褐色斑点,腹面带赤色,触手为黄色。酒精标本为黄褐色。

主要分布于中国台湾南端和西沙群岛、东非、马达加斯加、新喀里多尼亚、马斯克林群岛、马尔代夫群岛、印度尼西亚、日本琉球群岛和澳大利亚北部,是我国南海海域的重要海洋经济水产品。

3. 绿刺参 *Stichopus chloronotus* Brandt

绿刺参又称方刺参,体呈四方柱状,体长 300mm 左右。沿着身体两侧缘和背面步带各有两行交互排列的圆锥形大疣足。腹面管,足密集,排列为 3 纵带,中央带较宽。口大,偏于腹面,具触手 20 个。肛门偏于背面,周围没有疣。

体壁骨片主要为桌形体,底盘小,略呈方形,有 4 个中央孔和 4 个周缘孔,塔部稍向外扩张,顶端有小齿 12~16 个,排成 4 簇。除桌形体外,还有 C 形体和几个 C 形体合成的不完全的花纹样体。管足内有支持杆状体,中央有不规则的穿孔膨胀部。生活时体色很特殊,全体为墨绿色或稍带青黑色,疣足末端为橘黄色或橘红色。

主要分布于我国的海南岛和西沙群岛,印度洋-西太平洋区域,西从马达加斯加和东非起,向东可到夏威夷群岛,北到日本琉球岛,南到澳大利亚大堡礁中部都有广泛分布。

4. 糙刺参 *Stichopus horrens* Selenka

糙刺参属刺参科刺参属。体长一般为 200mm,直径约 40mm。体呈圆筒状,背面巨大的圆锥形疣足,沿着背面的两个步带和腹侧步带,排列呈 4 个不规则的纵行。口大,偏于腹面,具触手 20 个,有发达的疣襟部。肛门偏于背面,周围没有疣。腹面管足呈 3 纵带排列,中央带较宽。

体壁骨片有桌形体、不完全花纹样体、C 形体和杆状体。体壁桌形体较小,底盘圆,有多数周缘孔;塔部适度高,有 1~2 个横梁,顶端具小齿 8~12 个。背面疣足内有大型桌形体,底盘穿孔很多,塔部高,有横梁 3~4 个,顶端愈合为单尖,并突出于体壁之外。体壁触感粗涩。花纹样体多数不完全,C 形体与前种基本相同。杆状体中央扩大,并具

穿孔。生活时背面为深的橄榄绿色，并间杂有深褐色、灰色、黑色和白色。

分布于马达加斯加、新喀里多尼亚、菲律宾、印度尼西亚、关岛、夏威夷、日本、澳大利亚，中国台湾岛、海南岛、西沙群岛等地。

5. 花刺参 *Stichopus variegates* Semper

花刺参一般体长 200mm，据文献记载最大者体长达 900mm。体稍呈四方柱状，背面散布许多小疣足，排列不规则。腹面管足排列为 3 纵带，中央带较宽。口偏于腹面，具触手 20 个。肛门端位，周围没有疣。

体壁骨片有桌形、C 形体和不完全花纹样体。桌形体有的底盘较小，圆形，中央有 4 个大孔，周围有 4 个小孔；有的桌形体底盘较大，周缘穿孔较多。桌形体塔部低或适度高，有 4 个立柱和 1 个横梁，顶端具小齿 12~16 个，呈 4 簇排列。C 形体大小不等。不完全的花纹样体好像由几个 C 形体连接构成。管足内有大形支持杆状体。体色变化大，普通为深黄色，带有深浅不同的橄榄色斑纹，有的为灰黄色，带有浅褐色网纹，或黄褐色带浓绿色斑纹。疣足末端常呈红色。酒精标本黄褐色。

花刺参在我国主要分布于台湾、广西涠洲岛、广东碇洲岛、海南岛和西沙群岛；西从马达加斯加、桑给巴尔和红海起，向东可到加罗林群岛，但不见于夏威夷，北到日本南部，南到澳大利亚洛德豪岛。

花刺参为南海重要食用海参之一，渔民称它为“方参”或“黄肉”。它的肉质厚嫩，产品质量高于绿刺参。

6. 白底辐肛参 *Actinopyga mauritiana* Quoy and Gaimard

白底辐肛参又称白底靴参、赤瓜参。体长约 30cm，后端常较粗壮，宽约 8cm。口较大，偏于腹面。触手大，25~27 个，排列为不规则的内外两圈；活动时，围绕触手的疣襟部清晰可见。背面隆起，散布一些小疣足，围绕各疣足基部常有一白色环，身体后端的白色环尤为明显。腹面平坦，密布许多管足，小个体腹面管足明显排列成 3 条纵带，大个体管足排列常无规则。肛门在身体后端，周围有 5 个明显的钙质齿。

背面体壁骨片为长短不等的杆状体和花纹样体，杆状体细长，花纹样体多不完整。腹面体壁骨片有杆状体、颗粒体和花纹样体，杆状体粗短、无分枝，有的两侧光滑，有的两侧带细锯齿；花纹样体简单，形似短的分枝杆状体；颗粒体卵形或饼干形。背面通常为橄榄青褐色，疣的基部呈白色；腹面色泽明显较浅；酒精标本改变不大。加工后背面黑暗，腹面灰白色。

在我国分布于台湾南部、海南岛南部、西沙群岛和南沙群岛等，是一种品质较好的食用海参。

7. 蛇目白尼参 *Bohadschia argus* Jaeger

蛇目白尼参体呈圆筒状，活动时体长 40~50cm，宽约 10cm，口偏于腹面，具有 20 个触手。肛门体后端，开口很大。波里氏囊 2 个，石管 1 个。居维氏器发达。疣足很小，散布于背面。管足很多，不规则地分布于腹面。体呈浅黄色或浅褐色，背面有许多蛇目状斑纹，排列为不规则的纵行，因此得名为“蛇目参”。

背面体壁骨片为繁简不同、纤细X形花纹样体；腹面体壁骨片为卵形颗粒体和葡萄状花纹样体。管足有支持杆状体。

8. 糙海参 *Holothuria scabra* Jaeger

糙海参俗名明玉参、沙参、白参。骨针包括桌形体及扣状体，扣状体多为椭圆形，有3对穿孔，且有发达的瘤。体色一般为暗绿褐色，散生稀疏的黑色斑纹，疣足基部为白色。体长30~40cm，最大者可达70cm，体宽约为体长的1/4。体色变化很大，背面为暗绿褐色，并杂有少数黑色斑纹；沿背中线颜色较深：两侧较浅，腹面白色。口小偏于腹面，触手20个，小形。肛门端位，其周围有5组呈放射状排列的小疣。体背面有少数小疣足；各疣足的基部常围有白斑，顶端黑色。腹面的管足呈细疣状，散生于整个腹面，腹中央线有1条明显的纵沟。皮肤内的骨片很发达，分深层和浅层，浅层的为桌状体，深层的为扣体。

分布范围：西自纳塔耳港到红海，向东到加罗林群岛、斐济群岛，向北到日本，向南到澳大利亚，以及中国广西、广东、海南等地，一般生活于岸礁边缘及潮流强和海草多的沙底。由于过度捕捞，糙海参的天然种群资源正处于急剧衰退之中，中国广西、广东沿海的糙海参资源已经枯竭。糙海参被认为是热带海参养殖的优良品种（杨学明，2008）。

1.3 海参形态和构造

1.3.1 海参形态

绝大多数海参的体形呈圆筒状，两端稍细，体分背、腹两面，具有辐射及左右对称结构（图1-1），但粗细、形状和大小随种类不同而有很大的差异。常见的大型食用海参均为较粗壮的圆筒状，背面有疣足，腹面有管足。背部的疣足具有感觉功能，而腹部的管足是海参的附着器官和运动器官。口在前端，肛门在后端。触手生于周围，10~30个，通常为5的倍数。海参触手的形状是分目的重要依据，枝形触手见于枝手目海参，楯形触手见于楯手目和平足目海参，羽形触手见于无足目海参，指形触手见于指手目海参（廖玉麟，2001）。

海参类的体色多晦暗，从灰色、褐色到绿色或黑色，但腹面色泽一般都较浅。生活于深海的平足目常为紫色、红褐色或紫罗兰色。小的无足目多为灰色或肉红色，大的无足目多为灰褐色。芋参目常为浅褐色，并带葡萄酒色褐点。黄色、红色或橘黄色可见于枝手目。

1.3.2 海参的内部构造

海参的体壁柔韧，富于结缔组织，厚薄随种类而异，大凡体壁厚的种类均可食用，体壁薄的种类则失去食用价值。海参体壁由皮层、肌肉层和体腔膜组成（常亚青等，2004）。对鲜活海参体壁切片进行Van Gieson染色后，可以看到除了内壁疣足边缘部分被染成黄色外，其余部分均被染成红色，表明海参体壁主要由胶原纤维构成，仅含少量肌原纤维（图1-2）。

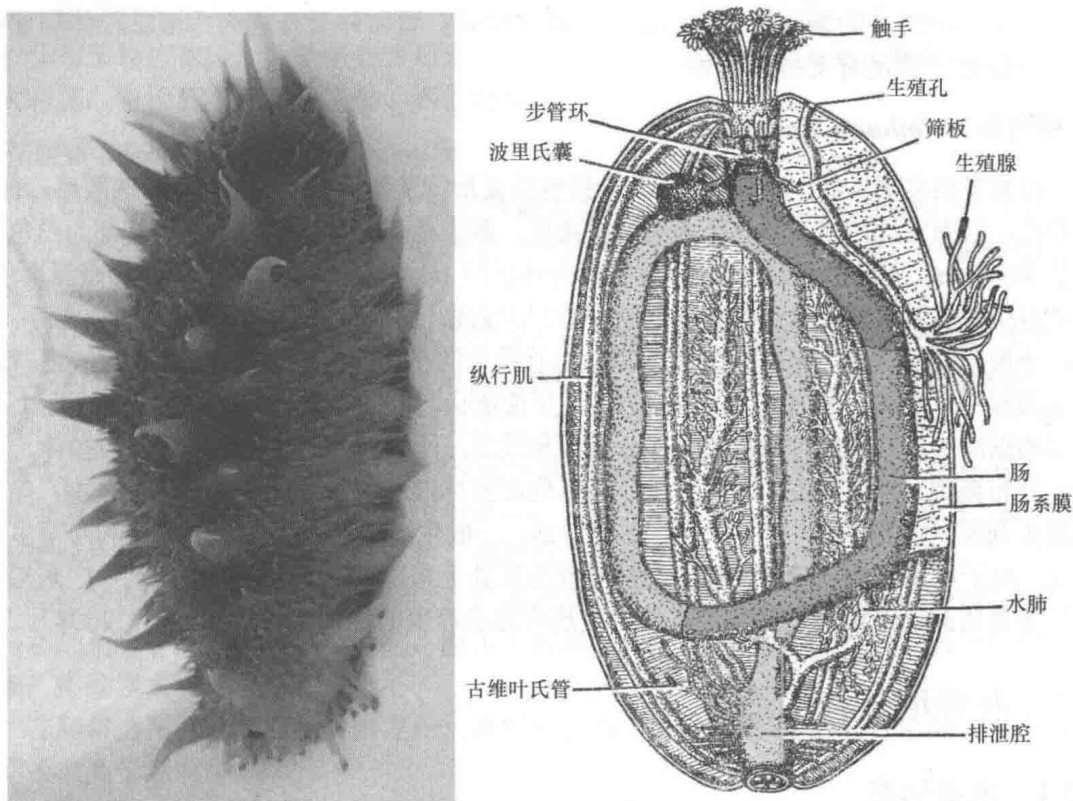


图 1-1 海参形态及内部构造 (廖玉麟, 2001)

海参的内骨骼多不发达, 必须用显微镜才能看见的许多微小石灰质骨片埋没于外皮之下, 数目一般都很多。海参骨片形状是海参分类最重要的依据, 常见的骨片有桌形体、扣状体、杆状体、穿孔板、花纹样体、轮形体和锚形体等 (图 1-3)。

海参咽部围绕一环钙质骨板, 称为石灰环。石灰环是海参特有的器官, 也是海参分类的重要依据。

1.4 我国海参加工技术现状及展望

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、以贻贝和扇贝为代表的贝类养殖、以网箱养鱼为代表的鱼类养殖、以海参和鲍鱼为代表的海珍品养殖等 5 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。

海参是目前我国正在兴起的第 5 次海水养殖浪潮中最活跃、发展最快的水产品种。我国的海参养殖始于 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