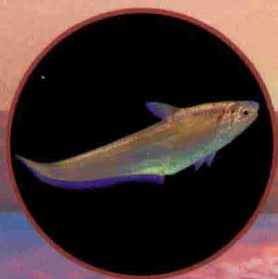


· 长江口水生生物资源与科学利用丛书 ·

长江刀鲚种质资源 及人工繁养技术



徐跑 徐钢春 刘凯 杨健 编著



科学出版社

长江口水生生物资源与科学利用丛书

长江刀鲚种质资源及人工繁养技术

徐 跑 徐钢春 刘 凯 杨 健 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

刀鲚(*Coilia nasus*)是长江中重要的经济洄游性鱼类,作为我国乃至世界上优质的水产种质资源,具有广阔的养殖和推广前景。本书系统阐述长江刀鲚种质特征、资源监测、繁育生物学、原种保存、人工繁育、苗种运输、人工养殖等方面内容,同时对盐度缓解刀鲚应激性猝死的机理、刀鲚耳石微化学进行了深入论述。本书对于养护该重要资源物种具有指导性意义,也可开展刀鲚养殖的产业化发展提供技术支撑。

本书可供从事长江刀鲚渔业研究的科技人员,以及高校教师与水产生产技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

长江刀鲚种质资源及人工繁养技术/徐跑等编著.

—北京:科学出版社,2016.9

(长江口水生生物资源与科学利用丛书)

ISBN 978-7-03-049355-2

I. ①长… II. ①徐… III. ①鲚科—种质资源 ②鲚科—人工繁殖 IV. ①S965.199

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 159957 号

责任编辑:许 健

责任印制:谭宏宇 / 封面设计:殷 靓

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>

南京展望文化发展有限公司排版

苏州市越洋印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 9 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2016 年 9 月第一次印刷 印张: 12 1/2 插页 2

字数: 188 000

定价: 63.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



徐 跑

1963年10月生。中国水产科学研究院淡水渔业研究中心主任，研究员，农业部“淡水渔业与种质资源利用”学科群综合实验室主任，中国水产科学研究院首席科学家，南京农业大学博士生导师，农业部农业科研杰出人才、中青年突出贡献专家、淡水鱼类繁育及育种学科带头人，主要研究领域涵盖渔业资源评估、人工繁殖、苗种培育、遗传育种及健康养殖技术等各方面。主持取得的成果“长江刀鲚全人工繁养技术的创建与应用”荣获2015年江苏省科学技术奖一等奖。

《长江口水生生物资源与科学利用丛书》

编写委员会

主 编 庄 平

副主编 陈立侨 徐 跑 张根玉

委 员 唐文乔 李家乐 王金秋 吉红九

楼 宝 刘鉴毅 张 涛 施永海

赵 峰 徐钢春 冯广朋 侯俊利

徐淑吟 禹 娜 詹 炜 罗武松

王 好(秘书)

本书编写人员

- 主 编** 徐 跑(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 副主编** 徐钢春(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 刘 凯(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 杨 健(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 编著者** 徐 跑(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 徐钢春(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 刘 凯(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 杨 健(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 顾若波(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 杜富宽(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 徐东坡(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 卢丹琪(中山大学生命科学学院)
- 朱永祥(江苏中洋集团股份有限公司)
- 郑金良(江阴市申港三鲜养殖有限公司)
- 葛家春(江苏省淡水水产研究所)
- 许志强(江苏省淡水水产研究所)
- 聂志娟(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 刘洪波(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 方弟安(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 段金荣(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 张敏莹(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 黎 燕(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)
- 姜 涛(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)

序 言

发展和保护有矛盾和统一的两个方面,在经历了数百年工业文明时代的今天,其矛盾似乎更加突出。当代人肩负着一个重大的历史责任,就是要在经济发展和资源环境保护之间寻找到平衡点。必须正确处理发展和保护之间的关系,牢固树立保护资源环境就是保护生产力、改善资源环境就是发展生产力的理念,使发展和保护相得益彰。从宏观来看,自然资源是有限的,如果不当地开发利用资源,就会透支未来,损害子孙后代的生存环境,破坏生产力和可持续发展。

长江口地处江海交汇处,气候温和、交通便利,是当今世界经济和社会发展最快、潜力巨大的区域之一。长江口水生生物资源十分丰富,孕育了著名的“五大渔汛”,出产了美味的“长江三鲜”,分布着“国宝”中华鲟和“四大淡水名鱼”之一的淞江鲈等名贵珍稀物种,还提供了鳗苗、蟹苗等优质苗种支撑我国特种水产养殖业的发展。长江口是我国重要的渔业资源宝库,水生生物多样性极具特色。

然而,近年来长江口水生生物资源和生态环境正面临着多重威胁:水生生物的重要栖息地遭到破坏;过度捕捞使天然渔业资源快速衰退;全流域的污染物汇集于长江口,造成水质严重污染;外来物种的入侵威胁本地种的生存;全球气候变化对河口区域影响明显。水可载舟,亦可覆舟,长江口生态环境警钟要不时敲响,否则生态环境恶化和资源衰退或将成为制约该区域可持续发展的关键因子。

在长江流域发展与保护这一终极命题上,“共抓大保护,不搞大开发”的思想给出了明确答案。长江口区域经济社会的发展,要从中华民族长远利益考虑,走生态优先、绿色发展之路。能否实现这一目标?长江口水生生物资源及

其生态环境的历史和现状是怎样的？未来将会怎样变化？如何做到长江口水生生物资源可持续利用？长江口能否为子孙后代继续发挥生态屏障的重要作用……这些都是大众十分关心的焦点问题。

针对这些问题，在国家公益性行业科研专项“长江口重要渔业资源养护与利用关键技术集成与示范(201203065)”以及其他国家和地方科研项目的支持下，中国水产科学研究院东海水产研究所、中国水产科学研究院淡水渔业研究中心、华东师范大学、上海海洋大学、复旦大学、上海市水产研究所、浙江省海洋水产研究所、江苏省海洋水产研究所等科研机构 and 高等院校的 100 余名科研人员团结协作，经过多年的潜心调查研究，力争能够给出一些答案。并将这些答案汇总成《长江口水生生物资源与科学利用丛书》，该丛书由 12 部专著组成，有些论述了长江口水生生物资源和生态环境的现状和发展趋势，有些描述了重要物种的生物学特性和保育措施，有些讨论了资源的可持续利用技术和策略。

衷心期待该丛书之中的科学资料和学术观点，能够在长江口生态环境保护和资源合理利用中发挥出应有的作用。期待与各界同仁共同努力，使长江口永葆生机活力。



2016 年 8 月 4 日于上海

前 言

长江刀鲚(*Coilia nasus*), 俗称刀鱼, 是长江中珍稀名贵的生殖洄游性鱼类, 以鲜、嫩、美而闻名, 享有“长江三鲜”之首的美誉。20 世纪 70 年代长江刀鲚的汛期捕捞量一度高达 4 142 t, “春食江刀”成为重要的江南民俗; 近年来, 受水域生态环境恶化、过度捕捞和涉水工程建设等因素影响, 长江刀鲚洄游群体数量急剧下降, 2007 年被列入首批“国家重点保护经济水生动植物资源名录”, 2012 年长江刀鲚捕捞量降至历史低点, 仅为 57.5 t。然而, 刀鲚应激反应强烈, “出水即死”, 且存在繁殖群体性腺发育不同步等问题, 致其人工育苗与养殖技术属世界级难题。2000 年以来, 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心组建了“刀鲚种质资源与繁养技术研究创新团队”, 历时 10 余年, 取得了长江刀鲚种质资源、原种保存、人工驯养、全人工繁殖及生态健康养殖等系列成果, 开展了人工增殖放流活动, 完善了渔业生态环境监测机制, 长江刀鲚资源步入了良性恢复态势。为了全面掌握长江刀鲚的种质资源情况, 解决刀鲚的全人工繁养问题, 编者依据农业部“长江口重要渔业资源养护与利用关键技术集成与示范”、科技部“名优特色淡水养殖种类规模化繁育技术与产业化示范”、国家自然科学基金委员会“基于耳石微化学的鄱阳湖与长江口及邻近黄海海域刀鲚间关联性研究”和江苏省“长江刀鲚种质资源保护与开发利用技术研究”课题编写了本书。

目前, 国内还没有有关长江刀鲚人工繁养技术的专著出版, 仅有部分发表的论文等, 长江刀鲚作为我国乃至世界上珍贵的水产种质资源, 具有广阔的养殖和推广前景。本书系统地总结了长江刀鲚种质特征、资源变动规律和人工繁养技术的监测成果和科研成果, 为从事长江刀鲚工作的科技人员提供参考, 满足科研人员和科技生产实践的需要。

本书分为十章: 第一章 长江刀鲚的种质特征, 刘凯、徐东坡、葛家春、许志

强;第二章 长江刀鲚的资源监测,刘凯、徐东坡、段金荣、张敏莹;第三章 长江刀鲚耳石微化学技术,杨健、姜涛、刘洪波;第四章 长江刀鲚的繁育生物学,徐钢春、朱永祥、顾若波、方弟安;第五章 长江刀鲚原种保存及生态繁育技术,徐钢春、郑金良、聂志娟;第六章 长江刀鲚人工繁育技术,徐跑、朱永祥、顾若波;第七章 长江刀鲚应激调控及苗种运输技术,徐钢春、杜富宽、卢丹琪;第八章 长江刀鲚池塘生态养殖技术,徐钢春、徐跑;第九章 长江刀鲚温室大棚养殖技术,徐钢春、徐跑;第十章 刀鲚的网箱养殖技术,徐跑、徐钢春。本书从长江刀鲚的资源监测评估、遗传多样性、营养品质、生态洄游机制、人工驯养、原种保存、应激调控、全人工繁殖、苗种培育及生态养殖等方面,展现了长江刀鲚资源保护与开发利用的历程,对今后开展长江刀鲚资源研究和人工规模化养殖具有一定的指导和参考意义。

由于长江刀鲚的养殖学研究发展速度很快,书中所涉及的相关内容仍将不断地更新和补充,本书所涉及的养殖模式、技术方案和相关参数等数据谨供参考。本书在编写过程中,由于水平有限,难免有不足之处,恳请有关同仁及读者批评指正。



2016年6月26日

序言
前言

第 1 章 长江刀鲚的种质特征	1
1.1 形态与分类地位 / 1	
1.2 生理生化 / 2	
1.3 年龄和生长 / 18	
1.4 食性 / 21	
1.5 遗传学特性及遗传多样性 / 21	
1.6 生态习性 & 行为特征 / 38	
第 2 章 长江刀鲚的资源监测	45
2.1 长江刀鲚的经济价值 / 45	
2.2 长江刀鲚捕捞量变动 / 45	
第 3 章 长江刀鲚耳石微化学技术	54
3.1 刀鲚耳石形态特征 / 56	
3.2 刀鲚耳石微化学 / 59	
3.3 刀鲚耳石微化学技术的应用 / 62	
3.4 刀鲚耳石微化学研究展望 / 69	
第 4 章 长江刀鲚的繁育生物学	72
4.1 雄性刀鲚的繁殖生物学 / 72	
4.2 雌性刀鲚的繁殖生物学 / 86	
4.3 刀鲚的早期发育 / 97	

第5章 长江刀鲚原种保存及生态繁育技术 107

- 5.1 长江刀鲚的灌江纳苗 / 107
- 5.2 长江刀鲚的池塘生态集卵培育技术 / 110

第6章 长江刀鲚人工繁育技术 114

- 6.1 长江刀鲚人工繁殖技术 / 114
- 6.2 注射 LHRH - A₂对刀鲚的催产效果及血液生化指标的影响 / 116
- 6.3 刀鲚人催产对生殖的影响 / 119
- 6.4 人工孵化及鱼苗培育 / 122

第7章 长江刀鲚应激调控及苗种运输技术 125

- 7.1 HPI 轴基因对刀鲚运输应激的应答 / 125
- 7.2 刀鲚运输应激引发的氧化应激、代谢和生长基因变化 / 133
- 7.3 刀鲚应激反应的肝脏转录组 / 143
- 7.4 盐度缓解刀鲚应激性死亡的研究 / 151
- 7.5 刀鲚抗应激运输技术 / 156

第8章 长江刀鲚池塘生态养殖技术 159

- 8.1 长江刀鲚池塘生态养殖技术 / 159
- 8.2 池养刀鲚的敌害防护措施 / 162
- 8.3 池养刀鲚鱼种的摄食与生长 / 163
- 8.4 长江刀鲚鱼种耗氧率和窒息点 / 165

第9章 长江刀鲚温室大棚养殖技术 170

- 9.1 长江刀鲚工厂化生态养殖技术 / 170
- 9.2 长江刀鲚驯食技术 / 171
- 9.3 长江刀鲚疾病防治方法建立 / 173

第10章 刀鲚的网箱养殖技术 177

- 10.1 水域选择及网箱设置 / 177
- 10.2 鱼种放养及投饲管理 / 178
- 10.3 刀鲚饲养结果 / 179
- 10.4 小结 / 180

参考文献 181

第1章 长江刀鲚的种质特征

1.1 形态与分类地位

1.1.1 分类地位

刀鲚(*Coilia nasus*)属于鲱形目(Clupeiformes)鲱科(Engraulidae)鲱属(*Coilia*),是长江中下游流域主要的经济鱼类(Whitehead, 1985),与鲥鱼、河豚一起并称为“长江三鲜”,在渔业生产上占据重要地位。

1.1.2 外部形态

刀鲚又称长颌鲚,俗称刀鱼、毛花鱼、野毛鱼,为江海洄游性鱼类。体形长、侧扁,背部较平直,胸、腹部具棱鳞;头侧扁,口大而斜,半下位。颌长,上颌骨游离,超过鳃盖后缘,向后延伸至胸鳍基部(11 cm 以下幼体一般还未超过鳃盖后缘);上下颌骨、口盖骨和犁骨上均有细齿。眼较小,侧位;鳃孔大,鳃膜不与峡部相连;胸鳍前有6根鳍条游离呈丝状(图1-1);臀鳍长,与尾鳍基相连;腹鳍、尾鳍均短小。体被圆鳞,无侧线。体色明亮,闪闪发光,通常背侧颜色较深。腹侧较浅,呈银白色,常见有三种色彩:①“青背”:石板青色,色较深。②“黄背”:多呈金黄色,带金色光泽。③“花背”:青黄二色交错排列,体色复杂。

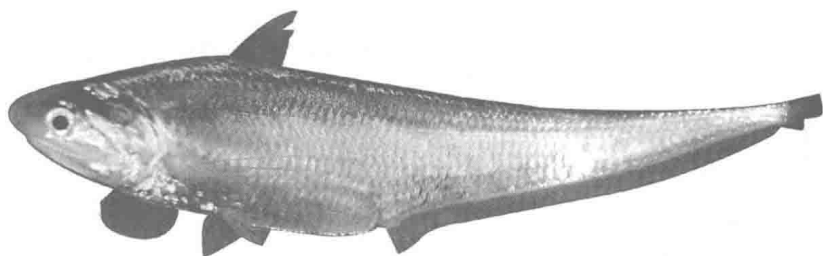


图1-1 长江刀鲚外部形态

刀鲚鱼苗和幼鱼之间没有明显的形态差异,通常将 5 cm 以下的刀鲚视为鱼苗,5~10 cm 为幼鱼。刀鲚鱼苗仅凭肉眼很难区分,通常需要借助放大镜或解剖镜来鉴别。刀鲚鱼苗头部较大,背腹扁平,身体侧扁,尾部较尖,尾鳍圆而小,从侧面看像把水果刀,从背面看像长尾巴的蝌蚪。通过体壁能看到内部器官,体呈玉白色,透明(图 1-2)。然而刀鲚、短颌鲚、凤鲚及湖鲚四种鱼苗极其相似,要区别它们只有根据出现水域、时间来进行大致判定。一般在徐六泾上游的长江干流刀鲚鱼苗较多,徐六泾下游的河口区凤鲚鱼苗较多,虽然刀鲚要入海育肥,但刀鲚鱼苗真正到达河口区时相对凤鲚鱼苗个体较大。而在河道、支流及湖泊中短颌鲚鱼苗则较为多见。

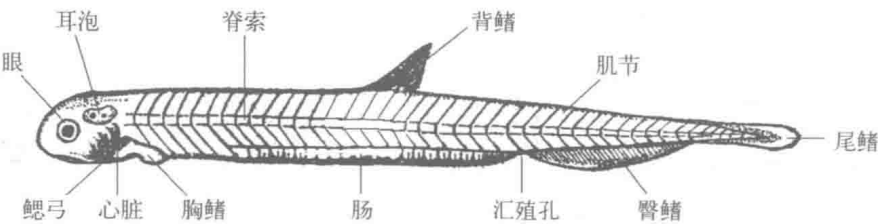


图 1-2 长江刀鲚鱼苗

1.1.3 内部结构

刀鲚的胃伸缩能力很强,有幽门囊,肠直而短,均曲折,显示了以动物性食物为饵料的鱼类特点。雌鱼性腺由卵巢和输卵管两部分组成,卵巢一对,呈指状,充满体腔,位于鳔的侧下方,肠的两侧,前端直达胃的前上方,后端接近泄殖孔,覆有一层薄的腹膜。输卵管位于卵巢末端,十分短,开口于泄殖孔。成熟的卵巢壁薄而透明,可清楚地看到卵粒,卵巢内有丰富的微血管,腹侧有卵巢动脉,背侧有卵巢静脉,支撑刀鲚的血液循环系统。雄鱼的生殖腺同样位于鳔的侧下方,肠的两侧,有精巢一对,乳白色,呈带状,有几个曲折。输精小管介于精巢和副睾之间,副睾位于精巢背侧,颜色较深,沾点淡黄色,也呈带状,里面充满弯曲的输精小管。用镊子轻轻挑破后,即有乳白色精液流出。输精管在副睾的末端,开口于泄殖孔。

1.2 生理生化

1.2.1 营养成分

刀鲚肉质细嫩,味鲜美,其肌肉中富含脂肪,另含有维生素 A、维生素 D、烟酸

等维生素。刀鲚口感鲜美的原因主要有两点：一是其体内脂肪含量较高；二是其进入长江后在产卵前不摄食，因此无杂味、异味。早在公元1世纪，古书《说文解字》就有过记述：“鲞，刀鱼也，饮而不食，九江有之。”鲞同鲚，即指刀鲚，从海里进入长江后，不再摄食，一直逆流而上至九江一带。事实上整个洄游过程中刀鲚的脂肪含量一直在变化，因此，长江刀鱼的口味和价值随地域的变化而略有差异。通常刚入江的刀鲚脂肪含量最高，肠道两侧及性腺周围几乎全被脂肪包埋，脂肪块大而明显。随后因洄游路程较长，能量消耗很大，导致脂肪含量大幅下降，同时，由于不摄食，体内积累的营养物质又逐步被性腺发育消耗，于是，等刀鲚到达产卵场时，鱼体消瘦，肉质已大不如前，此时的经济价值和食用价值已大大降低。据民间传说，食用刀鲚对贫血、眼睛疲劳、癌症、骨骼疏松症、高血压等常见疾病有预防功效。

1. 常规营养成分分析

刀鲚肌肉鲜样粗脂肪含量显著高于湖鲚，为后者的1.84倍；粗蛋白含量相比湖鲚低7.36%；反映鱼体能量水平的能量密度指标表现为刀鲚高于湖鲚35.84%（表1-1）。

表1-1 刀鲚和湖鲚肌肉常规营养成分及能量密度（鲜重）

样本	水分/%	粗蛋白/%	粗脂肪/%	粗灰分/%	能量密度/(kJ/g)	E/P
刀鲚	74.62±0.21	16.75±0.08	6.78±0.10	1.49±0.02	7.209±0.042	43.04
湖鲚	76.42±0.18	18.08±0.16	3.59±0.05	1.31±0.01	5.307±0.006	29.35

2. 氨基酸分析

刀鲚和湖鲚肌肉中共测出18种常见氨基酸，包括必需氨基酸(EAA)8种、半必需氨基酸(HEAA)2种、非必需氨基酸(NEAA)8种；水解氨基酸总量占肌肉干样的比例分别为59.97%和74.97%，氨基酸组成中含量最高的均为谷氨酸（表1-2）。动物蛋白质的鲜美在一定程度上取决于其鲜/甘味氨基酸（谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸和丙氨酸）的组成与含量，鲜味氨基酸中的Glu和Asp为呈鲜味的特征性氨基酸，其中Glu的鲜味最强；而Gly、Ala则是呈甘味的特征性氨基酸。刀鲚和湖鲚鲜/甘味氨基酸总量占肌肉干样的比例分别为23.74%和28.97%。支链氨基酸（缬氨酸、亮氨酸和异亮氨酸）具有保肝护肝、抑制癌细胞、降低胆固醇等功效，刀鲚和湖鲚支链氨基酸含量均较高，占氨基酸总量的比例分别为17.24%和18.36%。

表 1-2 刀鲚和湖鲚肌肉氨基酸组成(干重,g/100 g)

氨基酸名称	刀 鲚	湖 鲚
天冬氨酸 Asp	6.00±0.08	7.32±0.17
谷氨酸 Glu	10.69±0.25	13.11±0.22
甘氨酸 Gly	3.13±0.12	3.73±0.10
丙氨酸 Ala	3.92±0.07	4.81±0.11
脯氨酸 Pro	2.07±0.03	2.39±0.07
胱氨酸 Cys	0.76±0.01	0.97±0.02
酪氨酸 Tyr	2.10±0.08	2.67±0.06
丝氨酸 Ser	2.65±0.06	3.19±0.15
精氨酸** Arg	3.56±0.10	4.48±0.14
组氨酸** His	1.38±0.03	1.72±0.04
苏氨酸* Thr	2.35±0.09	2.88±0.08
缬氨酸* Val	2.71±0.05	3.75±0.10
蛋氨酸* Met	2.39±0.06	3.05±0.08
苯丙氨酸* Phe	2.66±0.02	3.42±0.12
异亮氨酸* Ile	2.48±0.05	3.58±0.15
亮氨酸* Leu	5.15±0.11	6.42±0.09
赖氨酸* Lys	5.71±0.08	7.20±0.12
色氨酸* Trp	0.28±0.01	0.27±0.01
总氨基酸 TAA	59.99	74.96
必需氨基酸 EAA	23.73	30.57
鲜/甘味氨基酸 DAA	23.74	28.97
EAA/TAA/%	39.56	40.78
EAA/NEAA/%	65.44	68.87
DAA/TAA/%	39.57	38.65

注：* 为必需氨基酸，** 为半必需氨基酸。

从食品营养学角度看,食品蛋白质的营养价值在很大程度上取决于它们为体内合成含氮化合物所提供的必需氨基酸的量及比例。将表 1-3 中的数据换算成每克氮中含氨基酸毫克数[氨基酸(mg/gN)=鱼肉中氨基酸含量(g/100 g 干重)×10×6.25/(鱼肉干物质中蛋白质的百分含量)]后,与 FAO/WHO 建议的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式进行比较,计算出刀鲚的氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)、必需氨基酸指数(EAAI)和支链氨基酸同芳香族氨基酸的比值(*F* 值)来评价其营养价值。刀鲚和湖鲚肌肉中必需氨基酸占总氨基酸的比值分别为 39.56%和 40.78%,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值分别为 65.44%和 68.87%。根据 FAO/WHO 的理想模式,质量较好的蛋白质,其组成的氨基酸的 WEAA/WTAA 为 40%左右,WEAA/WNEAA 在

60%以上。结果显示刀鲚和湖鲚肌肉中氨基酸的组成均符合上述指标的要求,营养质量较好。除色氨酸外,刀鲚和湖鲚必需氨基酸的 AAS 均接近或大于 1,CS 均大于 0.5,这表明刀鲚和湖鲚肌肉的必需氨基酸组成相对平衡。按 AAS 和 CS 标准第一限制性氨基酸均为色氨酸,第二限制性氨基酸为缬氨酸(湖鲚 AAS 为苏氨酸),刀鲚和湖鲚 EAAI 分别为 70.49 和 76.04。必需氨基酸组成中含量最高的均为赖氨酸,同时其 AAS 和 CS 评分也均为最高(表 1-3)。

表 1-3 刀鲚和湖鲚肌肉必需氨基酸评价

指 标	必需氨基酸	刀 鲚	湖 鲚
AAS	异亮氨酸 Ile	0.94	1.17
	亮氨酸 Leu	1.11	1.19
	苏氨酸 Thr	0.89	0.94
	缬氨酸 Val	0.83	0.99
	赖氨酸 Lys	1.59	1.73
	色氨酸 Trp	0.43	0.37
	蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	1.35	1.49
	苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	1.19	1.31
CS	异亮氨酸 Ile	0.71	0.88
	亮氨酸 Leu	0.91	0.98
	苏氨酸 Thr	0.76	0.80
	缬氨酸 Val	0.63	0.74
	赖氨酸 Lys	1.23	1.33
	色氨酸 Trp	0.26	0.22
	蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	0.77	0.85
	苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	0.80	0.88
EAAI	必需氨基酸指数	70.49	76.04

刀鲚和湖鲚卵巢鲜样检测出的 18 种水解氨基酸中,氨基酸总量、必需氨基酸总量、半必需氨基酸总量和呈味氨基酸总量顺序均为刀鲚>湖鲚。除丙氨酸、胱氨酸、缬氨酸、异亮氨酸和亮氨酸存在差异外,其余大部分氨基酸含量均较为接近。刀鲚和湖鲚 18 种水解氨基酸总量占卵巢鲜重的比例分别为 14.11%和 13.20%,必需氨基酸占总氨基酸的比例分别为 43.24%和 40.59%,呈味氨基酸占总氨基酸的比例分别为 33.12%和 34.62%(表 1-4)。必需氨基酸均以亮氨酸含量最高,其次为赖氨酸,色氨酸含量最低;非必需氨基酸均以谷氨酸含量最高,胱氨酸含量最低;两种半必需氨基酸中精氨酸含量较高。