

鱼翅及其真伪鉴定技术研究进展

胡情情¹, 孙仁修², 黄朱梁², 王萍亚³, 赵进¹, 管峰^{1*}

(1. 中国计量大学生命科学学院, 杭州 310018; 2. 山东省畜牧总站, 济南 250022;
3. 舟山市食品药品检验检测研究院, 舟山 316021)

摘要: 鱼翅是鲨鱼鳍软骨制品, 是我国传统的名贵海珍品。由于不同鱼翅的价格悬殊, 一些不法商贩通过以次充好、以假乱真和错误标识等手段谋取利益, 损害消费者权益。另一方面, 鲨鱼的捕捞加速了部分濒危鲨鱼物种数量的急剧减少, 甚至造成物种灭绝, 破坏了生态平衡。因此, 国内外开展了对鱼翅真伪及其鉴定技术研究, 对打击掺假制假行为和鲨鱼保护都具有重要的经济和社会意义。本文分析了鱼翅的营养价值、鱼翅贸易现状以及鱼翅掺假危害, 并着重综述国内外鱼翅真伪鉴定相关技术优缺点以及相应案例, 阐明当前以DNA鉴定技术为核心, 形态学鉴定和理化鉴定技术为辅的鱼翅真伪鉴定策略, 为鱼翅鉴定和鲨鱼种类鉴定的相关研究提供理论基础和技术参考。

关键词: 鱼翅; 掺假; 鉴定技术

Research progress of shark fin and its authenticity identification technology

HU Qing-Qing¹, SUN Ren-Xiu², HUANG Zhu-Liang², WANG Ping-Ya³, ZHAO Jin¹, GUAN Feng^{1*}

(1. College of Life Sciences, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China; 2. Animal Husbandry General Station of Shandong Province, Jinan 250022, China; 3. Zhoushan Institute for Food and Drug Inspection and Testing, Zhoushan 316021, China)

ABSTRACT: Shark fin is shark fin cartilage products, which is traditional precious seafood in China. Due to the great disparity in the prices of different shark's fins, some illegal peddlers seek profits by using shoddy work, fake and false labeling and other means, to the detriment of the rights and interests of consumers. On the other hand, shark fishing has accelerated the dramatic decline in the number of some endangered shark species and even caused species extinction, undermining the ecological balance. Therefore, researches on the authenticity and identification technology of shark fin have been carried out in China and abroad, which are of great economic and social significance to crack down on the adulteration and counterfeiting and to protect sharks. This review analyzed the nutritional value of shark fin, the current status of trade in shark fin and the harm of shark fin adulteration, and focused on summarizing the advantages and disadvantages of shark fin authenticity identification technology and the corresponding cases in China and abroad, clarified the current shark fin authenticity identification strategy with DNA identification technology as the core, morphological identification and physical and chemical identification technology as the supplement, which would provide a theoretical basis and technical reference for the related research

基金项目: 中国计量大学第二十四届学生科研计划项目(2020X24079)、舟山市科技计划项目(2019C31041)、国家自然科学基金项目(31672394)

Fund: Supported by the 24th Projects of Science and Technology Program of China Jiliang University (2020X24079), Projects of Science and Technology Program of Zhoushan (2019C31041), and the National Natural Science Foundation of China (31672394)

***通信作者:** 管峰, 博士, 副教授, 主要研究方向为动物生物技术。E-mail: guanfengzgjl@163.com

***Corresponding author:** GUAN Feng, Ph.D, Associate Professor, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China. E-mail: guanfengzgjl@163.com

on shark fin identification and shark species identification.

KEY WORDS: shark fin; adulteration; identification technique

0 引言

民以食为天,随着人们生活水平质量的提高和市场经济的不断扩大,人们对食品的需求已经从基本的温饱问题转向对营养价值的需求,冬虫夏草、鱼翅、燕窝、海参等多种多样的保健食品应运而生。与此同时,一些商贩为谋取利益不择手段,制假售假屡禁不止,损害消费者利益甚至对消费者生命健康造成潜在威胁。如以人工制模造假的冬虫夏草,人工制作假燕窝,人工合成假鱼翅等。

鱼翅即鲨鱼翅,又称为“蛟鲨翅”、“金丝菜”等。过去受我国传统饮食文化的影响,鱼翅被视为珍贵烹调原料,受到广大消费者青睐^[1]。鱼翅价格高昂,一些商贩在利益的诱惑下将明胶、淀粉及色素等材料制成的仿鱼翅或者鳐类鱼翅贴上鲨鱼鱼翅的标签混入市场,扰乱了市场秩序。随着科学技术的不断提高,掺假手段越来越高明,已经难以从外观和理化等特征判定其真伪,但鱼翅真伪鉴定技术也在不断改进。传统的鱼翅真伪鉴定主要是根据鱼翅感官特性、理化性质进行相应的形态学和理化鉴定,在鱼翅掺假鉴别中发挥了重要作用。由于鱼翅复杂的加工工艺和原料的物种多样性,传统的鉴定技术存在重复性和可靠性差等不足,目前基于 DNA 的鉴定技术已在鱼翅真伪鉴定中处于主导地位。目前针对鱼翅开展的真伪鉴定采用的技术包括传统的人工鉴定技术^[2-4]、扫描电镜快速鉴别技术(scanning electron microscope, SEM)^[5]、衰减全反射-傅里叶变换红外光谱法(attenuated total internal reflectance Fourier transform infrared spectroscopy, ATR-FTIR)、聚合酶链式反应(Polymerase Chain Reaction, PCR)技术^[6-7]、DNA 条形码(DNA-barcoding)技术以及多种鉴定技术的联合应用等方法^[8-9]。本文从形态学鉴定、理化鉴定和分子鉴定等方面对鱼翅真伪鉴定技术进行论述,旨在为鱼翅真伪鉴定研究提供相关参考。

1 鱼翅概况

1.1 鱼翅营养及有害物

鱼翅是取自鲨鱼的背鳍、胸鳍、腹鳍、臀鳍和尾鳍经一系列加工制成的产品,鲨鱼鳍为细丝状的软骨组织,除了含有脂肪、糖类及其他矿物质外,还有大量的蛋白质(含量 80%)、不饱和脂肪酸和氨基酸等^[10]。关于鱼翅营养的研究表明,鱼翅有助于提高人体免疫力、美容养颜、预防动脉粥样硬化等,并且对病毒有一定的抑制作用^[10-11]。小鼠实验表明,鱼翅能显著提高免疫功能低下的小鼠的脾指数和胸腺指数,还能显著提高小鼠的血清溶血素含量^[12]。

另一方面,随着近几年对鱼翅营养的深入分析,证明鱼翅蛋白中 90%以上为胶原蛋白,由于其氨基酸构成比例与人体需求蛋白存在一定差异(缺少色氨酸)^[13],这类蛋白又称为不完全蛋白^[14-15]。不完全蛋白不利于人体吸收,作为食品其营养价值并不高,甚至不及鲨鱼鱼肉^[11]。鉴于对鱼翅营养认知的不断深入,传统观念中鱼翅消费标榜的地位也在逐步回归理性。

鱼翅主要取自鲨鱼,鲨鱼体内含有一种被称为 BMAA(β -N-methylamino-L-alanine)的物质,即 β -甲基-L-丙氨酸,是一种神经毒素,可能导致人类神经退化性疾病,常见多个种类的鲨鱼均含有 BMAA^[16]。另外,鲨鱼属于海洋生物链的高端生物,在生物富集的作用下,海洋污染物随着时间的推移在鲨鱼体内累积的越来越多,其体内污染物的含量远高于其他海洋生物,如汞和硒等在鲨鱼体内大量富集^[17]。墨西哥真鲨和变髻鲨的肌肉和肝脏中汞含量高达 5.23 和 3.95 mg/kg,硒含量高达 5.34 mg/kg,远远超出政府规定的 1 mg/kg 的汞含量要求^[18-19],血液中汞可达 265 μ g/L,还有砷、铅和铬等其他有害元素^[20],鱼翅中汞含量超标达 10 倍以上^[21]。这些有害物质含量超标对鲨鱼健康的影响和累积机制尚不清楚,但食用后危害人类健康是确定无疑的^[20-22]。当前,对不同种类鲨鱼体内的毒物如汞、甲基汞和砷等有害物含量并不能预测和去除^[23],意味着鲨鱼产品的潜在危害会最终影响食用者的健康。

1.2 鱼翅贸易及鲨鱼资源现状

鱼翅主要来自鲨鱼,世界上鲨鱼种类有 465 种,常见的商业捕捞有 100 多种,年产量 70~90 万 t,占渔业总量的 1%左右,其中大青鲨产量最高^[24-26]。鱼翅产地主要是日本、墨西哥、美国、巴西、印尼、越南、泰国等^[27]。我国鲨鱼种类 133 种,但数量和群体都较小,鲨鱼在我国的渔业中以兼捕为主^[28]。目前香港和广东是我国鱼翅引进和售卖的主要市场^[29-31],市售鱼翅主要来自大青鲨^[32]、长尾鲨等 10 多种鲨鱼和鳐鱼品种^[25,27]。

人们对鲨鱼的捕捞以及生态环境的日益恶化,致使许多鲨鱼种群数量逐年下降^[22,33]。研究表明,鱼翅贸易和消费量在一定程度上影响着鲨鱼的捕捞量和种群数量,亟待加强对鲨鱼捕捞的监督管理。中国的鱼翅销量和价格高峰期在 2008—2012 年^[34],在中国倡导生态保护的呼声下鱼翅消费呈下降趋势,鲨鱼捕捞量也不断减少,但全球鱼翅的消费以及鲨鱼相关产品的开发利用仍难以避免,使得某些鲨鱼种群数量不断减少^[35],每年大约有 0.7~1 亿条鲨鱼被捕捞^[36]。在 2010—2020 年的交易中有 47 种鱼翅的交易量急剧增加,其中包括多个濒危和非法捕获的鲨鱼种

类。在美国市场上常见的鱼翅制品中有30多种来自濒危鲨鱼种类,如路氏双髻鲨、锤头双髻鲨、翅鲨、白斑角鲨、牛鲨、短尾真鲨等^[25],出口亚洲的鱼翅中也包含多个保护品种^[37]。巴西抽检的17种鱼翅中就有13种为保护物种,甚至有即将灭绝的双髻鲨^[38];来自加拿大、中国和斯里兰卡市场鱼翅的鉴定统计表明,世界鱼翅贸易影响了约四分之一鲨鱼的数量,其中6种包括鲸鲨等属于极度濒危的物种^[39],在香港市场上的鱼翅也有来自世界动物保护名录的鲨鱼种类^[40]。可见,世界鱼翅贸易影响了鲨鱼数量,必须加强鲨鱼保护和合理捕捞,建立全球化的鲨鱼保护策略。

1.3 鱼翅掺假制假及危害

市场上鱼翅加工产品形式多样,主要以干鱼翅为主,干鱼翅通常有2种,即真鱼翅和人工合成鱼翅。其中人工合成鱼翅是在经过水泡发后的真鱼翅中掺入假鱼翅,多在终端销售的即食鱼翅和速冻鱼翅中出现。由于假鱼翅与真鱼翅价格相差悬殊,一些商家和个人为谋求高利润而制售假鱼翅。依据材料来源和成分组成,假鱼翅又可分为2大类:一类是用非常见的鲨鱼或鳐鱼的鱼翅冒充市场上常见鲨鱼的鱼翅,比如用孔鳐的鱼翅冒充鲨鱼的鱼翅^[27,41],这些多以错标标签形式出现在市场(高达56%),其中23%属于为躲避检查的故意行为^[42];其次是鱼翅的仿制品,即人造鱼翅。人造鱼翅多是采用褐藻胶和明胶为主要原料,添加海藻酸钠、色素及增味的“鱼翅精”,还有工业氢氧化钠、甲醛和六偏磷酸钠等^[43],经成型、老化处理后制成的产品^[27]。广州市市场上抽查的47份样品中4份假鱼翅根本不含有鲨鱼成分^[7],另一调查抽取的鱼翅中人造鱼翅比例高达46.7%(21/45)^[44]。如今市场上也有采用食品级原料制成的可食用人造鱼翅,《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》规定了添加剂的标准,同时产品标签需严格标明仿真鱼翅^[45]。一些商贩不按照相关标准原料加工鱼翅可能会对人体健康造成严重危害。海藻酸钠是海藻酸的钠盐^[46],来源广泛、相容性好、可降解,但是往往存在重金属等超标成分。2018年浙江省消保委对若干水产品市场的干鱼翅抽检,结果显示有三分之一的鱼翅中镉含量超标,其中金钩翅中超标达10倍,还有部分甲基汞超标的“三无产品”。鱼翅精调料制作的假鱼翅加工过程中在高温下用浓盐酸水解,产生三氯丙酮,损害人体肾脏、肝脏,尤其生殖毒性较大^[18]。鉴于鱼翅在传统饮食中的地位和供不应求的市场,假鱼翅有利可图,人们对鱼翅营养和假鱼翅危害的认识在短期内难以改变,加上假鱼翅辨认难度大,仍对一定范围内的地域市场和消费者群体造成健康威胁。因此,打击此类非法行为有着重要的经济和社会意义,而鱼翅鉴定是行政执法的重要技术保障。

2 鱼翅鉴定方法研究概况

鱼翅真伪鉴定不但是鱼翅贸易监管的迫切需求,更

是打击犯罪、保护消费者权益的重要保障。针对贸易市场上出现鱼翅掺假制假等问题,国内外质检部门和企业基于鱼翅的加工和食品安全方面的要求,颁布了相应标准以加强鱼翅加工规范和材料方面的要求限制^[27]。如2006年4月1日由国际食品法典委员会(Codex Alimentarius Commission, CAC)颁布实施至今的制作标准SC/T 3214—2006《干鲨鱼翅》,为鱼翅食品行业提供参考标准。与此同时,国内外对鱼翅真伪鉴定技术的研究也在不断发展。从检测方面来说,早期的鱼翅鉴定主要靠行业专家和质检部门的科研实践以及质检从业人员的经验,通过眼看、手摸、品尝和实验室检测等方法对鱼翅的真假和优劣进行鉴别,如今分子生物学技术的进步推动了鱼翅鉴定技术的快速发展,并在鉴定中起到了主导作用。

2.1 形态学鉴定技术

形态学鉴定又称人工鉴别,即主要靠鱼翅外观和泡发后发生的外观变化,依靠专业检测人员的经验进行鱼翅质量和真伪鉴定的一种技术手段,能初步获取鱼翅真伪相关信息。形态学鉴定主要包括外观色泽、透明度、粗细、手感和口感等指标^[27],该方法虽然操作简单,但需要具备充足的检测技能与经验。因此,在鱼翅贸易和食用以及质检部门中对鱼翅形态学鉴定需要专业检测人员根据经验进行分析,做出最终有效判定。一般从色泽和透明度来说,真鱼翅要比假鱼翅的颜色纯正,透明度更高,原因在于假鱼翅是多种物质混合而成,颜色和透明度自然浑浊;粗细变化来看,经泡发后真鱼翅的翅丝从根部开始是由粗到细,而假鱼翅的翅丝由于加工过程的原因两头尖中间细;根据手感鉴别,真鱼翅的弹性和韧性较假鱼翅更强,不易折断;而在口感上,泡发后真鱼翅的翅丝之间没有胶着感,口感嫩滑,而假鱼翅会胶着在一起,口感发软,没有“软骨质”的感觉^[27]。另外,基于鱼翅反复冷热处理后形态和纹路特征的变化,真鱼翅具备热缩冷胀的特点,而假鱼翅恰恰相反,该误差小,数据符合正态分布^[2]。通过组织形态观察也可见二者的重要差异,真鱼翅的翅针呈不规则的同心环状,环带排列相对均匀,具有鱼类特有的年轮特征,而仿生鱼翅无年轮特征^[2]。

形态学鉴定伴随着分子生物学和光学以及显微技术的发展应用,逐步与分子鉴定形成重要互补^[47],在鱼翅鉴定技术中仍是一个重要方向和鉴定手段。如基于扫描电镜建立的干鱼翅快速无损鉴定方法,可与基于DNA的分子鉴定形成重要互补,大大提高鱼翅鉴定的准确性。通过扫描电镜由外向内依次对多种鱼翅的表面、横断面以及翅针的超微形貌进行观察,总结出鱼翅的超微形貌特征,建立了一个鱼翅超微结构的鉴别模式,可为鱼翅干制品的真假鉴别提供技术支持^[5]。形态学鉴定虽受到人员经验、仪器设备等制约,存在耗时长且重复性差等不足,

但在实际检测应用中仍发挥着重要作用,是鱼翅鉴定不可缺少的技术方法。

2.2 理化鉴定技术

理化鉴定是依据鱼翅理化指标进行的真伪鉴定,假鱼翅制作中的明胶和海藻酸钠是必用材料,但从形态学上辨别真假鱼翅具有一定难度。依据鱼翅材料和组成即只要通过对明胶和海藻酸钠的鉴定便可辨别真伪,甚至有的假鱼翅中含有淀粉,可以通过碘酒变蓝实验进行检测^[48]。稳定同位素在鱼翅中有固定的含量(如 C^{13} 值可以用于真假鉴别)^[3],基于同位素比值快速鉴别鱼翅干制品的方法方便快捷、准确性高,可以弥补 PCR 检测技术无法判断由鲨鱼废料压模成的鱼翅干制品的局限性,可为鱼翅干制品的真假鉴别提供技术支持。还有用衰减全反射-傅里叶变换红外光谱法,以鱼翅中蛋白质酰胺 I 和 II 峰及多糖骨架的红外光谱差异,能够鉴定人造鱼翅、真鱼翅及其涂抹明胶增重鱼翅^[4]。随着现代仪器的发展,理化检测技术在检测中凸显方便快捷、准确性高的特点,但所使用的仪器贵重,价格高,而且还需要专业人员进行操作,在一定程度上限制了在基层检测单位的使用。

2.3 基于 DNA 的检测技术

随着分子生物学的发展,基于 DNA 检测分析的物种鉴定技术趋于成熟,更显示出比形态学和理化鉴定技术的优越性。DNA 在动物的分布不受部位和年龄的影响,作为检测靶标具有稳定性好、重复性高等特点,因此成为物种鉴定的重要靶标,也是分子检测的重要方向。基于 DNA 的鱼翅鉴定技术主要包括物种特异性 PCR 技术、PCR 衍生鉴定技术及 DNA 条形码技术等。

物种特异性 PCR 技术即利用鲨鱼的特异性 DNA 引物序列鉴定特定种类的鲨鱼,对相应物种的 PCR 引物可以扩增特定大小的 PCR 产物,而其他物种则无 PCR 扩增。特异性 PCR 技术在鲨鱼鉴定中广泛应用,鉴定物种包括大青鲨^[25]、双髻鲨、长尾鲨、大白鲨、鼠鲨和丝鲨等^[40]。也有专门针对鲨鱼鉴定的通用特异性引物,如根据鲨鱼线粒体的细胞色素亚基 I 基因(cytochrome oxidase subunit I, COI)序列设计的通用特异性引物,在鲨鱼中有效特异扩增 228 bp 的片段,在其他物种则无 PCR 产物^[44]。也有一些商业化检测试剂盒,如海康生命科技有限公司的 Watcher SHARK 试剂盒是专门对鲨鱼源性成分进行相应核酸检测的产品,在灵敏度和特异性方面均能很好地满足鉴定需要。

PCR 衍生技术主要是指基于普通 PCR 技术发展起来的如多重特异性 PCR、荧光 PCR、多重 PCR 结合特异性探针和单核苷酸多态性分析等,这些技术的优点在于其比普通 PCR 有更好的特异性、灵敏度以及重复性和更快的检测速度。常规 PCR 和荧光 PCR 方法结合,可以实现对 9

种鲨鱼的高通量鉴定^[6,49],特异性引物和探针也能够很好地检测鲨鱼成分而排除非鲨鱼成分^[50],不过这些技术无法鉴别具体的鲨鱼种类。单核苷酸诊断大大提高了对鲨鱼种类的鉴定^[51],但是受到物种特异性和差异碱基的限制且只能鉴定出数据库中已有的鲨鱼种类,不适合未知物种鱼翅的鉴定。特异性引物和荧光染料结合,实现了双髻鲨、长尾鲨、大白鲨、鼠鲨和丝鲨(白眼鲛)等多种鲨鱼的高效快速(4 h 内)鉴定^[40]。这些技术是在 PCR 基础上的衍伸、优化和改进,成为鲨鱼物种特异性鉴定技术的补充。但另一方面,这些方法的设计和条件优化需要花费较高的成本和时间,通用性差。

DNA 条形码技术是基于动物线粒体 DNA(mtDNA)中的 COI 基因的物种特异性或序列差异对动物进行物种鉴定的技术,如今在鱼类的物种鉴定中得到广泛应用。采用 DNA 条形码技术不仅可以鉴定出物种类别,还可以推演原产地信息^[9],因此在海产加工食品的物种鉴定中得到广泛应用,并被美国食品药品监督管理局提议为鱼肉制品监管方法,对鱼肉检测标准化具有重要意义^[52]。DNA 条形码(包括 COI 和 12S rRNA 或 16S rRNA 基因联合)可以有效鉴定鲨鱼组织(乙醇浸泡肌肉)并对其进行分类和新物种鉴别^[53],利用这一技术还证明台湾所见的鲨鱼制品源自 14~24 个鲨鱼品种^[26]以及澳大利亚攻击人类事件中鲨鱼的种类^[54]和希腊市场上鲨鱼产品的掺假^[42]。PALUMBI 等^[36]通过 DNA 条形码鉴定出 963 个鲨鱼鳍来自 36~41 种鲨鱼。黄娅琳^[48]利用 12S rRNA 基因标记鉴定鱼翅真伪,能准确、快速鉴定待检样本中是否含有鲨鱼成分。使用 DNA 条形码和 NADH 基因联合,证明巴西 17 种鲨鱼中 13 种属于动物保护名录中的种类^[38];同样,在巴布亚新几内亚^[48]、加拿大、中国和斯里兰卡也证明有 20 多种鱼翅为世界濒危鲨鱼种类,包括鲸鲨等^[39]。DNA 条形码技术和生态位模型的结合,也可以追溯鱼翅的地理起源^[55]。但另一方面,鱼翅制品(如干鱼翅、鱼翅汤等)在加工及样品鉴别试验过程中 DNA 会被降解,对鉴定效果产生影响。使用 3 组引物和一对微 DNA 条形码引物对 35 份产产品的联合鉴定率仅为 74.3%,微 DNA 条形码引物的鉴定效率最高也仅有 54.3%,哺乳动物的常用 DNA 条形码引物对鲨鱼材料的鉴定率为 45.7%,而鱼类 DNA 条形码的鉴定率更低(8.6%)^[56],这些研究说明 DNA 条形码技术对鱼翅等产产品的鉴定还受到产品加工、保存和 DNA 提取、引物的物种特异性等诸多因素的影响。为解决以上问题,研究人员对 DNA 条形码技术不断改进优化,通过 2 组及以上的引物进行联合鉴定或使用其他技术作为补充则能够提高鉴定准确性和成功率。熊娟等^[9]筛选了更适于鱼翅 DNA 鉴定的 DNeasy mericon Food Kit 试剂盒,可以提高成功率,更进一步推动了 DNA 条形码在鱼翅鉴定中的应用。另外, DNA 条形码对损毁样品的检测比形态学等鉴定技术更具优越性和可靠

性,随着 DNA 条形码数据库的不断补充,美国政府的推广应用也推动了这一技术在海鲜制造行业 and 食品行业的应用^[57]。

3 结束语

人们对于鱼翅的消费认知和鱼翅的昂贵价格使得鱼翅掺假制假在市场上屡见不鲜,鱼翅的真伪鉴定成为稳定市场和依法监督的技术保障。尽管目前的鉴定方法均存在不同的优缺点,但在鱼翅监管和鲨鱼盗猎的保护性执法中起到了重要作用。现代检测技术的发展往往结合不同技术优势提高鉴定的准确性和效率,形态学鉴定技术操作简单,为鱼翅真伪做出初步鉴定;理化鉴定技术对鱼翅所含营养成分进行检测,排除有害物质的掺入;基于 DNA 的检测技术有效鉴定鱼翅原料的来源,对鲨鱼种类提供溯源信息。随着分子检测技术的发展和物种数据库信息的完善,基于 DNA 鉴定技术的准确性和效率提升较为显著,已成为鱼翅检测技术发展的主要方向,形态学鉴定和理化鉴定技术也随着相关学科的发展在检测技术中成为现代检测技术的重要补充,尤其是现代仪器分析和基因组研究的不断发展,鉴定技术朝着更完善、快速和更精确的方向不断革新。另外,提升人们的生态环保意识,减少鲨鱼产品消费也是减少市场假鱼翅产品并有效保护鲨鱼的重要举措。

参考文献

- [1] 孙汉文. 一种鱼翅的制作方法: 中国, CN104814454 [P]. 2015-08-05.
SUN HW. A method of making shark fin: China, CN104814454 [P]. 2015-08-05.
- [2] 林婉玲, 杨少玲, 杨贤庆, 等. 天然鱼翅与仿生鱼翅快速鉴别方法的建立[J]. 现代食品科技, 2015, 31(10): 287-294.
LIN WL, YANG SL, YANG XQ, *et al.* Establishment of a rapid identification method for natural shark fin and bionic shark fin [J]. Mod Food Technol, 2015, 31(10): 287-294.
- [3] 洗燕萍, 罗海英, 郭新东, 等. 基于稳定同位素比值鉴别鱼翅干制品的品质[J]. 现代食品科技, 2014, 30(6): 289-293.
XIAN YP, LUO HY, GUO XD, *et al.* Identification of the quality of dried shark fins products based on stable isotope ratio [J]. Mod Food Technol, 2014, 30(6): 289-293.
- [4] 韩婉清, 罗海英, 洗燕萍, 等. 鱼翅干制品品质的 ATR-FTIR 鉴别研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2015, 35(2): 379-383.
HAN WQ, LUO HY, XIAN YP, *et al.* Identification of dry shark fin by ATR-FTIR [J]. Spectrosc Spect Anal, 2015, 35(2): 379-383.
- [5] 洗燕萍, 董浩, 罗海英, 等. 扫描电镜法快速鉴别鱼翅干制品品质[J]. 食品科技, 2015, 40(2): 343-347.
XIAN YP, DONG H, LUO HY, *et al.* Application of scanning electron microscope (SEM) in rapid identification of dried shark fin products [J]. Food Sci Technol, 2015, 40(2): 323-347.
- [6] 郭云霞, 张舒亚, 谌鸿超, 等. SYBR Green 实时荧光 PCR 检测食品中鲨鱼源性成分真实性方法的建立[J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(12): 1300-1306.
GUO YX, ZHANG SY, CHEN HC, *et al.* Authentication of shark derived material in food using SYBR Green fluorescence real-time PCR [J]. J Food Sci Biotechnol, 2012, 31(12): 1300-1306.
- [7] 方军, 林晨, 张志军, 等. 实时荧光 PCR 法在鱼翅鉴别中的应用[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(24): 132-136.
FANG J, LIN C, ZHANG ZJ, *et al.* Identification of shark fins with real-time PCR method [J]. Food Res Dev, 2017, 38(24): 132-136.
- [8] 隋哲. 基于 DNA 条形码技术的鱼翅物种鉴定研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
SUI Z. Identification of shark fin species based on DNA barcoding [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2014.
- [9] 熊娟, 黄启红, 陈敏儿, 等. 用 DNA 条形码鉴定常见鱼翅的种类与真伪[J]. 水产学杂志, 2020, 33(6): 28-32.
XIONG J, HUANG QH, CHEN ME, *et al.* Identification of shark fin species by DNA barcoding [J]. J Aquacul, 2020, 33(6): 28-32.
- [10] 徐凤香, 高昕, 李昭勇, 等. 鱼翅营养成分提取及定性分析[J]. 食品工业科技, 2007, 28(1): 225-227.
XU FX, GAO X, LI ZY, *et al.* Extraction and qualitative analysis of nutrient components in shark fin [J]. Sci Technol Food Ind, 2007, 28(1): 225-227.
- [11] 杨少玲, 戚勃, 李来好, 等. 鲨鱼肌肉与鱼翅营养价值的比较[J]. 食品科学, 2019, 40(15): 184-191.
YANG SL, QI B, LI LH, *et al.* Comparison of the nutritional value of shark meat and fin [J]. Food Sci, 2019, 40(15): 184-191.
- [12] 李晓林, 王静凤, 田守生, 等. 海参和鱼翅的营养成分以及对免疫功能调节作用的比较[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2011, 41(1/2): 65-70.
LI XL, WANG JF, TIAN SS, *et al.* Comparative study on the components and immune function of sea cucumber and shark fin [J]. Period Ocean Univ China, 2011, 41(1/2): 65-70.
- [13] 于康. 海参燕窝鱼翅的秘密[J]. 江苏卫生保健, 2015, (13): 41.
YU K. Sea cucumbers, bird's nest, shark's fin secrets [J]. Jiangsu Health Care, 2015, (13): 41.
- [14] 个人图书馆. 这八种美食特别贵, 实际特没必要[EB/OL]. http://www.360doc.com/content/20/0609/07/33738602_917319035.shtml. [2020-06-09].
Personal Library. These eight delicacies are extremely expensive and unnecessary [EB/OL]. http://www.360doc.com/content/20/0609/07/33738602_917319035.shtml. [2020-06-09].
- [15] CCTV. [每周质量报告] 鱼翅真相再调查[EB/OL]. <http://tv.cctv.com/2013/01/27/VIDE1359265324852108.shtml>. [2013-01-27].
CCTV. Weekly quality report: Shark fin fact sheet revisited [EB/OL]. <http://tv.cctv.com/2013/01/27/VIDE1359265324852108.shtml>. [2013-01-27].
- [16] 佚名. 吃鱼翅可增加老年痴呆症的发病风险[J]. 航空航天医学杂志, 2012, 23(3): 38.
Anonymous. Eating shark fin can increase risk of Alzheimer's disease [J]. J Aerosp Med, 2012, 23(3): 38.
- [17] 佚名. 研究称鲨鱼肉汞含量超标鱼翅吃太多反伤身[J]. 食品工业, 2015, 36(3): 181.
Anonymous. Shark meat contains excessive amount of mercury, study says, eating too much shark fin with fish oil is bad for your health [J]. Food Ind, 2015, 36(3): 181.

- [18] 马志英. 从真假鱼翅的危害谈起[J]. 生命与灾害, 2013, (2): 24–27.
MA ZY. Talk about the harm of true and false shark fin [J]. Life Disast, 2013, (2): 24–27.
- [19] TERRAZAS-LÓPEZ R, LAURA AM, GALVÁN-MAGA AF, *et al.* Understanding the antagonism of Hg and Se in two shark species from baja California south, México [J]. Sci Total Environ, 2018, 650: 202–209.
- [20] LIZA M, LUCIA L, MICHAEL M, *et al.* Blood plasma levels of heavy metals and trace elements in white sharks (*Carcharodon carcharias*) and potential health consequences [J]. Mar Poll Bull, 2019, 142: 85–92.
- [21] 张磊. 食用鱼翅有安全风险[J]. 科技日报, 2012, (4): 4.
ZHANG L. Edible shark's fin have a safety risk [J]. Sci Technol Daily, 2012, (4): 4.
- [22] LYONS K, CARLISLE A, PRETI A, *et al.* Effects of trophic ecology and habitat use on maternal transfer of contaminants in four species of young of the year lamniform sharks [J]. Marine Environ Res, 2013, 90: 27–38.
- [23] BARCIAA LG, ARGIROA J, BABCOCK EA, *et al.* Mercury and arsenic in processed fins from nine of the most traded shark species in the Hong Kong and China dried seafood markets: The potential health risks of shark fin soup [J]. Marine Poll Bull, 2020, 157: 1–8.
- [24] 肖乐, 郝向举. 鱼翅消费的是与非[J]. 中国水产, 2013, (7): 21–25.
XIAO L, HAO XJ. Right and wrong of shark fin consumption [J]. China Aquat Prod, 2013, (7): 21–25.
- [25] CLARKE SC, MAGNUSSEN JE, ABERCROMBIE DL, *et al.* Identification of shark species composition and proportion in the Hong Kong shark fin market based on molecular genetics and trade records [J]. Conserv Biol, 2006, 20(1): 201–211.
- [26] CHUANG PS, HUNG TC, CHANG HA, *et al.* The species and origin of shark fins in Taiwan's fishing ports, markets, and customs detention: A DNA barcoding analysis [J]. PLoS One, 2016, 11(1): e0147290.
- [27] 郭云霞, 冒海琳, 张舒亚, 等. 鱼翅的分类及鉴别方法[J]. 食品工业, 2011, 32(6): 96–99.
GUO YX, MAO HL, ZHANG SY, *et al.* Classification and identification of shark fin [J]. Food Ind, 2011, 32(6): 96–99.
- [28] 张艾妮. 从鱼翅贸易谈鲨鱼资源养护问题上的中国态度[J]. 中国渔业经济, 2015, 33(4): 65–71.
ZHANG AN. China's attitude on shark resource conservation from the angle of shark fin trade [J]. Chin Fish Econ, 2015, 33(4): 65–71.
- [29] CARDEOSA D, FIELDS AT, BABCOCK EA, *et al.* Species composition of the largest shark fin retail-market in mainland China [J]. Sci Rep, 2020, 10(1).
- [30] 罗章鑫. 广州十三行与鱼翅贸易[J]. 广州社会主义学院学报, 2017, (2): 82–87.
LUO ZX. Guangzhou shisanxing and shark fin trade [J]. J Guangzhou Inst Soc, 2017, (2): 82–87.
- [31] DULVY NK, FOWLER SL, MUSICK JA, *et al.* Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays [J]. Elife, 2014, 3: e00590.
- [32] 高春霞, 戴小杰, 田思泉, 等. 北大西洋大青鲨渔业生物学初步研究[J]. 海洋科学, 2016, 40(10): 57–64.
GAO CX, DAI XJ, TIAN SQ, *et al.* Preliminary study on fishery biology of blue shark in North Atlantic [J]. Marine Sci, 2016, 40(10): 57–64.
- [33] MIZRAHI MI, DUCE S, PRESSEY RL, *et al.* Global opportunities and challenges for shark large marine protected areas [J]. Biol Conserv, 2019, 234: 107115.
- [34] 李明哲, 周学红, 崔和, 等. 中国鱼翅消费与鲨鱼捕捞关系初步研究[J]. 野生动物学报, 2019, 40(2): 429–434.
LI MZ, ZHOU XH, CUI H, *et al.* Consumption of shark fin in China and global shark fishing [J]. Chin J Wildlife, 2019, 40(2): 429–434.
- [35] CASHION MS, BAILLY N, PAULY D. Official catch data underrepresent shark and ray taxa caught in Mediterranean and Black Sea fisheries [J]. Marine Pol, 2019, 105: 1–9.
- [36] PALUMBI SR, ROBINSON KM, HOUTAN KSV, *et al.* DNA analysis of a large collection of shark fins from a US retail shop: Species composition, global extent of trade and conservation-a technical report from the monterey bay aquarium [J]. 2018, (10).
- [37] FIELDS AT, ABERCROMBIE DL, ENG R, *et al.* A novel mini-DNA barcoding assay to identify processed fins from internationally protected shark species [J]. PLoS ONE, 2015, 10(2): e0114844.
- [38] FEITOSA LM, MARTINS APB, GIARRIZZO T, *et al.* DNA-based identification reveals illegal trade of threatened shark species in a global elasmobranch conservation hotspot [J]. Sci Rep, 2018, 8(1): 3347.
- [39] STEINKE D, BERNARD AM, HORN RL, *et al.* DNA analysis of traded shark fins and mobulid gill plates reveals a high proportion of species of conservation concern [J]. Sci Rep, 2017, 7(1): 9505.
- [40] CARDENOSA D, QUINLAN J, SHEA KH, *et al.* Multiplex real-time PCR assay to detect illegal trade of CITES-listed shark species [J]. Sci Rep, 2018, 8(1): 16313.
- [41] 邓瑞群, 苏祥嘉, 潘杰飞, 等. 仿鱼翅的研制[J]. 食品科学, 2001, 22(7): 44–47.
DENG RQ, SU XJ, PAN JF, *et al.* Development of imitation shark fin [J]. Food Sci, 2001, 22(7): 44–47.
- [42] PAZARTZI T, SIAPERPOULOU S, GUBILI C, *et al.* High levels of mislabeling in shark meat-Investigating patterns of species utilization with DNA barcoding in Greek retailers [J]. Food Control, 2019, 98: 179–186.
- [43] 陶摘. 江苏徐州查获“人造鱼翅”7吨多[J]. 渔业致富指南, 2013, (21): 9.
TAO Z. More than 7 tons of "artificial shark fin" seized in Xuzhou, Jiangsu province [J]. Fish Guide Rich, 2013, (21): 9.
- [44] 覃芳芳, 王德莲, 洗燕萍, 等. 鱼翅类食品中鲨鱼成分 PCR 鉴定方法研究[J]. 现代食品科技, 2014, 30(4): 274–278.
TAN FF, WANG DL, XIAN YP, *et al.* Identification of shark fins in food with PCR method [J]. Mod Food Technol, 2014, 30(4): 274–278.
- [45] 佚名. “涉毒”真假鱼翅[J]. 质量与标准化, 2014, (2): 36–37.
Anonymous. "Involved in drugs" true or false shark fin [J]. Qual Stand, 2014, (2): 36–37.
- [46] 叶思, 平其能, 孙敏捷. 海藻酸钠在生物医药领域的应用与研究进展[J]. 药学与临床研究, 2018, 26(2): 120–124.
YE S, PING QN, SUN MJ. Application and research progress of sodium alginate in biomedicine [J]. Pharm Clin Res, 2018, 26(2): 120–124.
- [47] APPLEBY SA, WHITE WT, VIEIRA S, *et al.* Artisanal shark fishing in Milne Bay province, Papua New Guinea: Biomass estimation from genetically identified shark and ray fins [J]. Sci Rep, 2018, 8(1): 6693.
- [48] 黄娅琳. 利用 12S rRNA 基因标记鉴定鱼翅真伪[J]. 食品科学技术学报, 2017, 35(3): 66–70.
HUANG YL. Identification of shark fin using 12S rRNA gene markers [J]. J Food Sci Technol, 2017, 35(3): 66–70.
- [49] 郭云霞, 包建强, 张舒亚, 等. 食品中鲨鱼源性成分真实性 PCR 鉴别研究[J]. 食品工业科技, 2011, (10): 421–424.

- GUO YX, BAO JQ, ZHANG SY, *et al.* Study on authentication of shark derived material in food using PCR [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2011, (10): 421–424.
- [50] 王德莲, 刘冬虹, 许丽珠, 等. 鱼翅制品中鲨鱼源性成分的实时荧光 PCR 检测方法[J]. *现代食品科技*, 2015, 31(4): 289–293.
- WANG DL, LIU DH, XU LZ, *et al.* A real-time PCR method for the detection of shark-origin components in shark fin products [J]. *Mod Food Technol*, 2015, 31(4): 289–293.
- [51] WONG HK, SHIVJI MS, HANNER RH. Identifying sharks with DNA barcodes: assessing the utility of a nucleotide diagnostic approach [J]. *Mol Ecol Res*, 2010, 9(s1): 243–256.
- [52] 李敏, 凌超, 邬琦沁, 等. DNA 条形码技术在食品溯源中的应用[J]. *乳业科学与技术*, 2014, 37(5): 25–30.
- LI M, LING C, WU QQ, *et al.* Application of DNA barcoding technology in food traceability [J]. *J Dairy Sci Technol*, 2014, 37(5): 25–30.
- [53] BINEESH KK, GOPALAKRISHNAN A, AKHILESH KV, *et al.* DNA barcoding reveals species composition of sharks and rays in the Indian commercial fishery [J]. *Mitochondrial Dna Part A Dna Mapp Sequen Anal*, 2016, 28(4): 1.
- [54] FOTEDAR S, LUKEHURST S, JACKSON G, *et al.* Molecular tools for identification of shark species involved in depredation incidents in Western Australian fisheries [J]. *PLoS One*, 2019, 14(1): e0210500.
- [55] HOUTAN KSV, TYLER OG, REYGONDEAU G, *et al.* Coastal sharks supply the global shark fin trade [J]. *Biol Lett*, 2020, 16(10): 20200609.
- [56] HELLBERG RS, ISAACS RB, HERNANDEZ EL. Identification of shark species in commercial products using DNA barcoding [J]. *Fish Res*, 2019, 210: 81–88.
- [57] 杨耀华. DNA 条形码技术的应用进展[J]. *上海中医药大学*, 2013, 11(17): 484–485.
- YANG YH. Application progress of DNA barcoding technology [J]. *Shanghai Univ Tradit Chin Med*, 2013, 11(17): 484–485.

(责任编辑: 张晓寒)

作者简介



胡情情, 硕士, 主要研究方向为生化与分子生物学。

E-mail: h1324355104@163.com



管 峰, 博士, 副教授, 主要研究方向为动物生物技术。

E-mail: guanfengzgjl@163.com